

ХР. МЕТЕВ

К. КРУМОВ

МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ



**Христо МЕТЕВ
Калин КРУМОВ**

МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ



**УНИВЕРСИТЕТСКО ИЗДАТЕЛСТВО
“ВАСИЛ АПРИЛОВ”
ГАБРОВО, 2023**

Учебникът по *”МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ”* е предназначен за студентите от специалността *”Компютърни технологии в машиностроенето”* на ТУ – Габрово. В него са разгледани: приложимостта, устройството, кинематиката, действието и настройването на металоурежещите машини; главните и подавателните преводи – кинематични схеми и пресмятания.

Информацията от него дава възможности за изграждане на широк кръг от знания (*необходими на машинните инженери*) за използване на металоурежещи машини при разработване на технологически процеси за изработване на детайли в условията на различни видове производства.

Изложеният материал е полезен и за студентите от други специалности на бакалавърско и магистърско равнище във ВУЗ, на колежите по машиностроене и на конструкторите и технолозите в машиностроителните фирми.

Автор: доц. д-р инж. Христо Цанев Метев

Автор: гл. ас. д-р инж. Калин Красимиров Крумов

© Университетско издателство “Васил Априлов” – Габрово, 2023

Формат: 60/84/16

ISBN 978-954-683-683-0

СЪДЪРЖАНИЕ

Глава първа

ОБЩИ СВЕДЕНИЯ ЗА МЕТАЛОРЕЖЕЩИТЕ МАШИНИ	5
1.1. Видове металоурежещи машини. Означение	5
1.2. Изисквания към металоурежещите машини	8
1.3. Тенденции в развитието на металоурежещите машини	11
1.4. Особености в структурата на металоурежещите машини	13
1.5. Програмно управление на металоурежещите машини.....	17
1.6. Модулно изграждане на металоурежещите машини	21
1.7. Кинематика във формообразуването	27
1.8. Видове движения в металоурежещите машини	30
1.9. Обща характеристика на преводите на металоурежещите машини	32

Глава втора

СТРУКТУРНО ИЗГРАЖДАНЕ НА ПРЕВОДИТЕ	40
2.1. Главни преводи със степенно регулиране на честотите на въртене	40
2.2. Главни преводи с безстепенно регулиране на честотите на въртене	63
2.3. Подавателни преводи със степенно регулиране на честотите на въртене	69
2.4. Подавателни преводи с безстепенно регулиране на честотите на въртене	75

Глава трета

СТРУГОВИ МАШИНИ	76
3.1. Универсални стругове	76
3.2. Многоножови стругове	88
3.3. Революерни стругове	89
3.4. Копирни стругове	89
3.5. Стругови автомати с гърбично-лостово управление	93
3.6. Стругови с цифрово програмно управление	101
3.7. Голямогабаритни стругове и стругови центри	112

Глава четвърта

ПРОБИВНИ И ПРОБИВНО-РАЗСТЪРГВАЩИ МАШИНИ	123
4.1. Предназначение и технологически схеми	123
4.2. Настолни пробивни машини	125
4.3. Едновретенни колонни пробивни машини	126
4.4. Многовретенни пробивни машини	131
4.5. Радиални пробивни машини	133
4.6. Пробивни машини с революерна глава	134
4.7. Хоризонтални пробивно-разстъргващи машини	135
4.8. Координатни пробивни машини	139

Глава пета

ФРЕЗОВИ МАШИНИ	142
5.1. Фрезови машини с общо предназначение	142
5.2. Приспособления към фрезовите машини	154
5.3. Специализирани фрезови машини	166
5.4. Фрезови машини с цифрово програмно управление	171

Глава шеста

СТЪРГАТЕЛНИ И ДЪЛБАЧНИ МАШИНИ	187
6.1. Обща характеристика на стъргателните и дълбачните машини	187
6.2. Напречно-стъргателни машини	188
6.3. Надлъжно-стъргателни машини	188
6.4. Дълбачни машини	191

Глава седма

ПРОТЕГЛЯЩИ МАШИНИ	194
7.1. Обща характеристика на протеглящите машини	194
7.2. Машини за вътрешно протегляне	195
7.3. Машини за външно протегляне	199
7.4. Машини за верижно протегляне	199
7.5. Машини за кръгово протегляне	199

Глава осма

МАШИНИ ЗА АБРАЗИВНО ОБРАБОТВАНЕ	201
8.1. Обща характеристика на машините за абразивно обработване	201
8.2. Машини за кръгло шлифване	201
8.3. Машини за шлифване на равнинни повърхнини	211
8.4. Шлифовъчни машини с ЦПУ	214
8.5. Други машини за абразивно обработване	218

Глава девета

ЗЪБООБРАБОТВАЩИ МАШИНИ	228
9.1. Обща характеристика на зъбообработващите машини	228
9.2. Машини за нарязване на зъбите на цилиндрични зъбни колела	230
9.3. Машини за шлифване на зъбите на цилиндрични зъбни колела	254
9.4. Машини за нарязване на зъбите на конусни зъбни колела	262

Глава десета

АГРЕГАТНИ МАШИНИ	271
10.1. Обща характеристика на агрегатните машини	271
10.2. Възли, изграждащи агрегатните машини	273

ИЗПОЛЗВАНИ ОЗНАЧЕНИЯ И СЪКРАЩЕНИЯ	278
--	-----

ЛИТЕРАТУРА	281
-------------------------	-----

глава 1

ОБЩИ СВЕДЕНИЯ ЗА МЕТАЛОРЕЖЕЩИТЕ МАШИНИ

1.1. ВИДОВЕ МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ. ОЗНАЧЕНИЕ

Металорежещите машини са основно оборудване за механичното обработване. Разнообразието на металорежещи машини като видове, типове и габарити е голямо и се дължи на разнообразието от форми и габарити на детайлите и методи за обработването им [6].

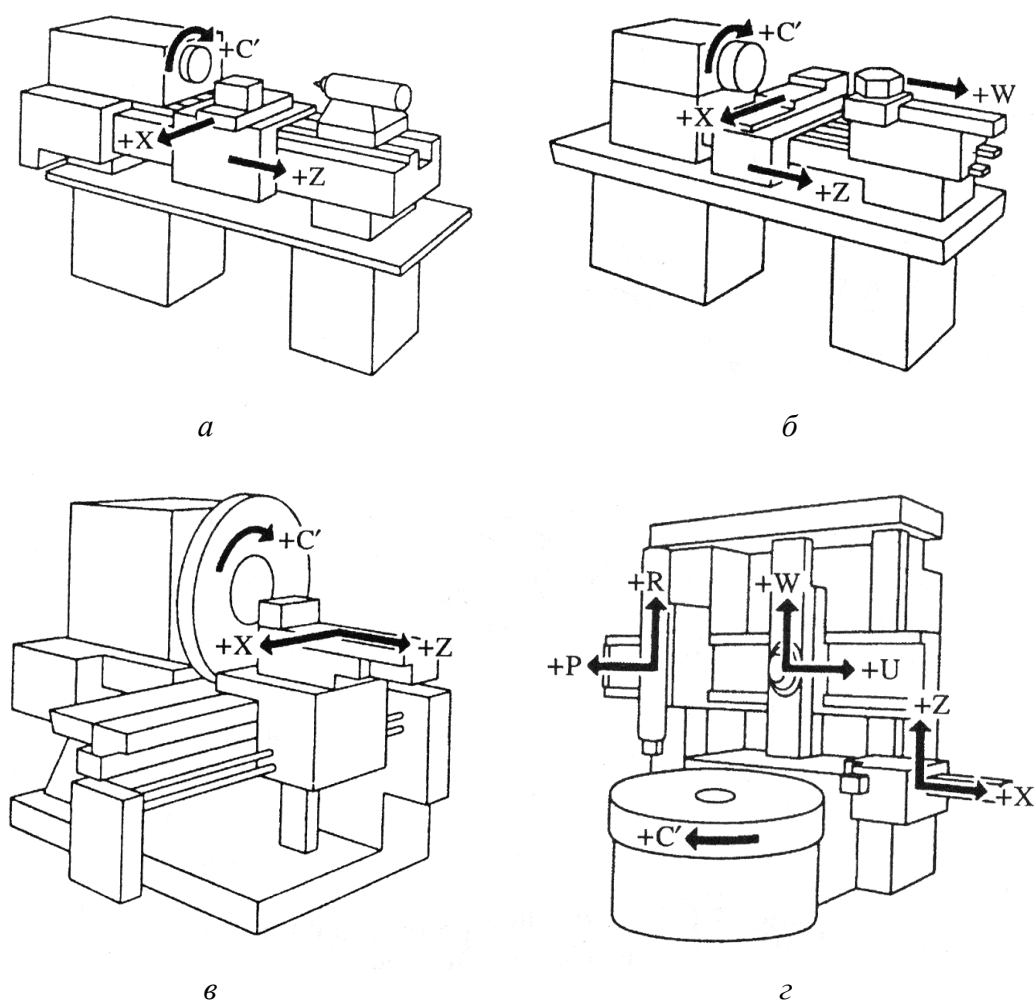
Металорежещите машини се класифицират по признаците [6,14]:

- *метод на обработване*: стругови (фиг. 1.1), фрезови (фиг. 1.2), пробивни, разстъргващи (фиг. 1.3), стъргателни (фиг. 1.4), зъбообработващи, шлифовъчни (фиг. 1.5); обработващи центри (концентрират в себе си възможностите на няколко други машини) и др.;
- *степен на специализация*: универсални (с големи технологически възможности, за обработване на широка номенклатура детайли); специализирани (обработване на еднотипни, сходни по конфигурация детайли или повърхнини – зъбообработващи, резбообработващи и др.); специални (за обработване на еднакви по форма и размери детайли - използват се в едросерийното и масово производство);
- *степен на автоматизация*: с ръчно управление (всички действия свързани с обработването се изпълняват ръчно); полуавтомати (обработването се осъществява автоматично от машината, а ръчно се установява и сваля заготовката); автомати (всички действия са автоматизирани);
- *вид на главното движение*: с въртливо главно движение, с праволинейно главно движение;
- *брой на работните органи или инструменти*: едновретенни, многовретенни, многоножови, едностойкови, двустойкови и др.;
- *конструктивни признаци*: хоризонтални, вертикални, конзолни, безцентрови и др.;
- *точност на обработването*: нормална, повишена, висока, особено висока, свръхвисока;
- *масата на машината*: леки (до 1 тон); средни (от 1 до 10 тона), тежки (над 10 тона).

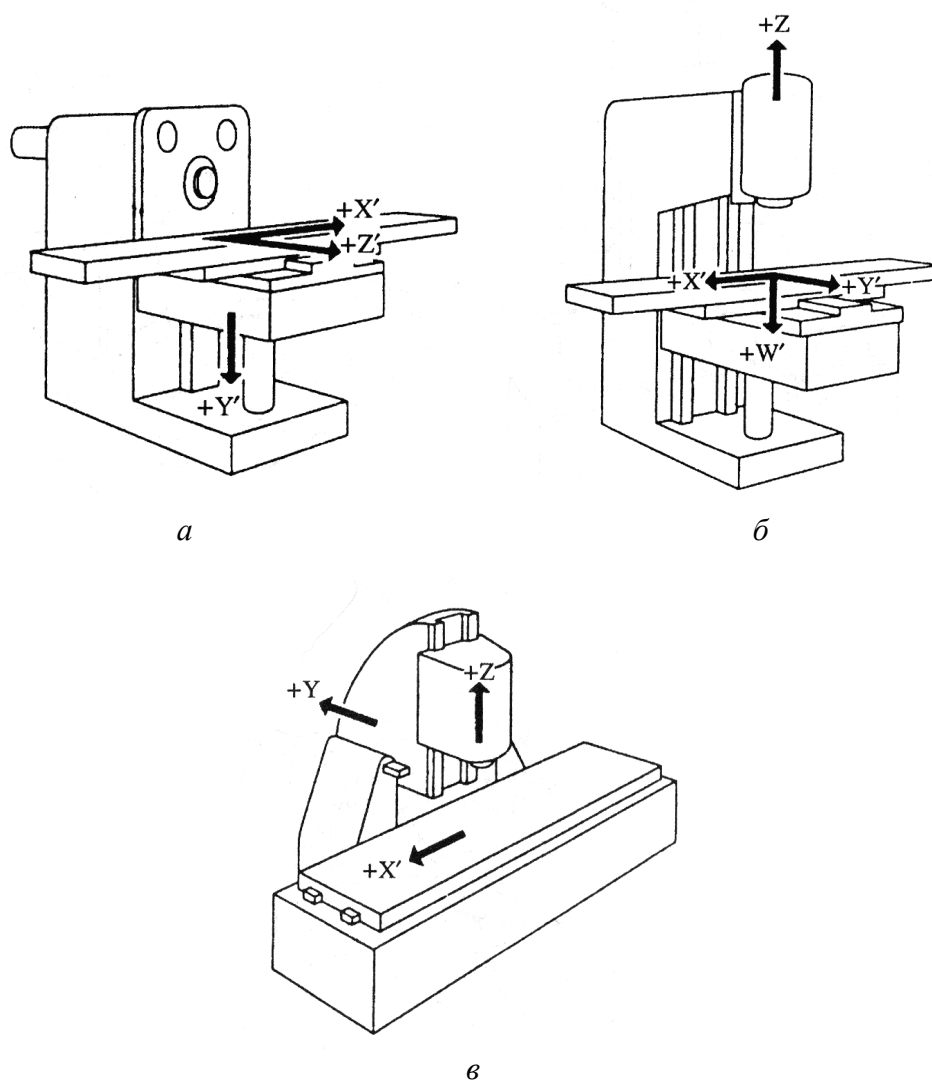
Означаването или наименованието на металорежещите машини по изброените класификационни признаци може да стане само описателно. Няма обща (единна) система за означаване на металорежещите машини. Фирмите производители, особено в развитите страни, използват свои означения, често с рекламна цел. Само някои страни имат разработени

системи за означение на серийно произвежданите в тях металоурежещи машини. В този контекст, практически конкретна информация за означението на дадена металоурежеща машина се съдържа в проспектните материали за нея.

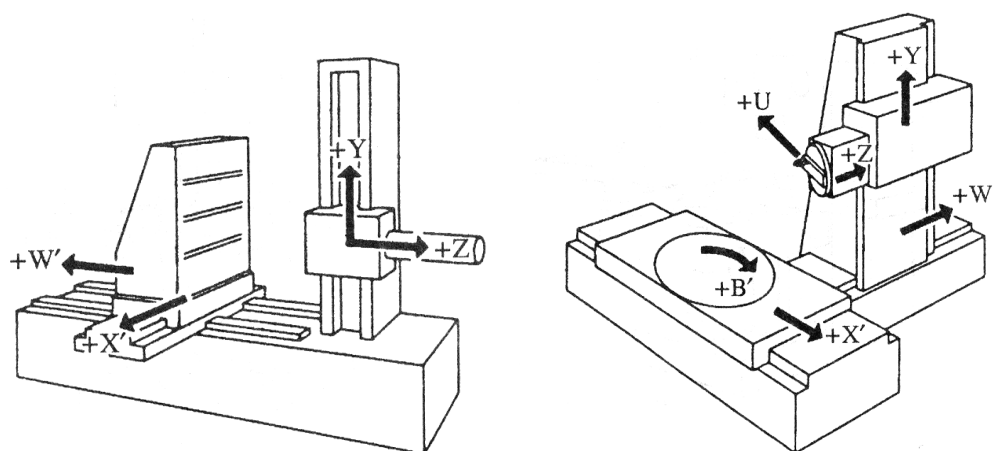
Означението на произвежданите у нас металоурежещите машини най-често съдържа буквено-цифров код. В началото се изписват буквите, които показват вида на машината и специалното й предназначение. Цифрите показват основните параметри и поредния номер на модела (напр. СУ502 означава струг универсален с максимален диаметър на обработвания детайл 500 mm, втори модел; ФУ251 – фрезова машина, универсална с широчина на работната маса 250 mm, първи модел; ПК32 – пробивна колонна машина с най-голям диаметър на свредлото 32 mm). Понякога на машините се дават лесно запомнящи се търговски наименования.



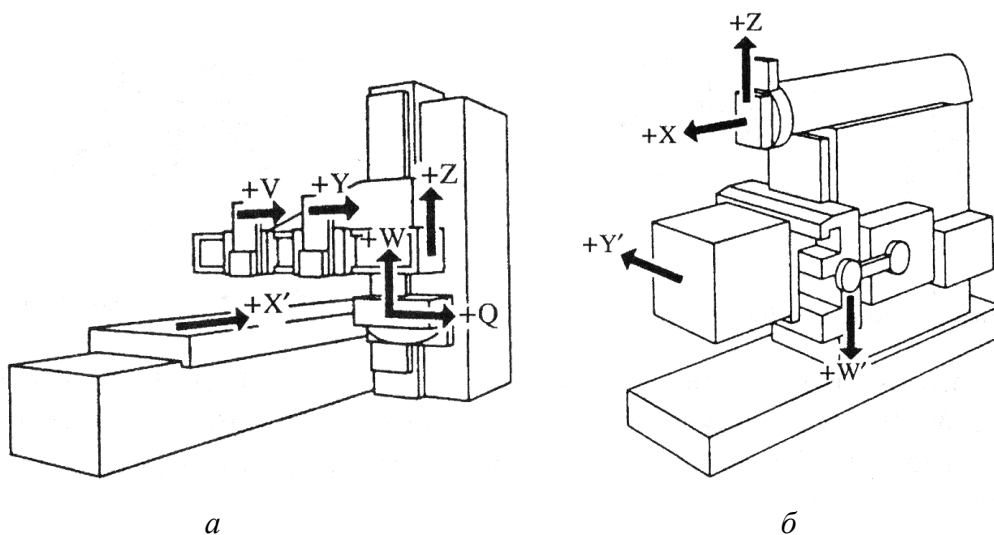
Фиг. 1.1 Стругови машини (а – универсална; б – револверна; в – челна; г – вертикална (каруселна))



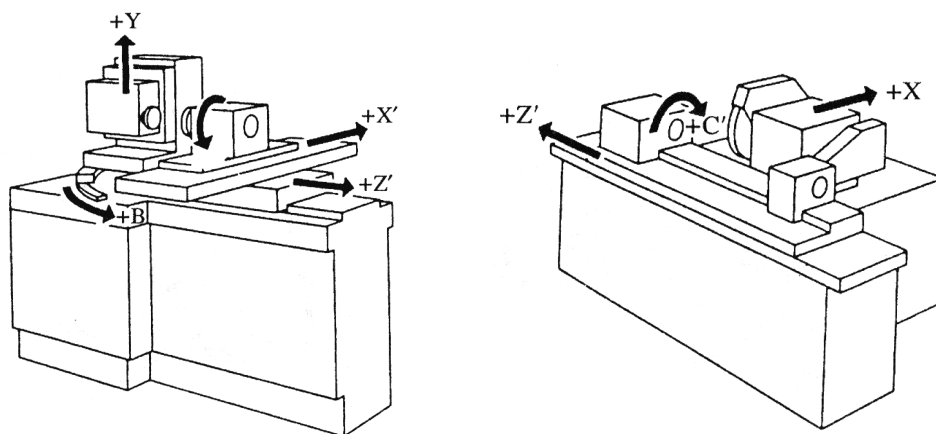
Фиг. 1.2 Фрезови машини (а – хоризонтална конзолна; б – вертикална конзолна; в – вертикална безконзолна)



Фиг. 1.3 Разстъргващи машини



Фиг. 1.4 Стъргателни машини
(а – надлъжно-стъргателна; б – напречно-стъргателна)



Фиг. 1.5 Шлифовъчни машини

1.2. ИЗИСКВАНИЯ КЪМ МЕТАЛОРЕЖЕЩЕТЕ МАШИНИ

Пред металоурежешите машини се поставят високи изисквания по отношение на тяхната работна точност, производителност, надеждност, енергопоглъщаемост и др.

- *Работна точност*

Работната точност на металоурежешите машини е показателят, който обуславя постигането на желаните размери, макро- и микрогеометрия на обработваните детайли. Тя се формира от няколко компонента: геометрична точност, кинематична точност, стабилност, виброустойчивост, износване и др. и зависи както от качеството на изработването на машините, така и от условията на тяхното поддържане и ремонт.

Геометричната точност се характеризира с точността във взаимното разположение на работните органи на машините, които определят взаимното разположение на инструмента и заготовката. Отклоненията от правилното разположение между отделните органи на машините са регламентирани в държавни и международни стандарти, според които металорежещите машини се разделят на пет класа:

- *клас I* или *H* – машини с нормална точност (най-разпространени за първоначално обработване на детайли);
- *клас II* или *II* – машини с повишена точност;
- *клас III* или *B* – машини с висока точност;
- *клас IV* или *A* – машини с особено висока точност;
- *клас V* или *C* – прецизни машини, предназначени за обработване на отговорни детайли (микрометрични винтове, делителни дискове и др.).

Геометричната точност се изпитва първо при производството на всяка машина, като тези изпитвания се състоят в определен брой проверки, извършвани в неработно състояние, и проверки при изработването на образци (с регламентирана геометрия, материал, инструмент и режим на рязане). Резултатите от тези изпитвания се записват в техническия паспорт на машината, който я придружава при предаването на бъдещия потребител. Те служат, от една страна да обосноват, че машината съответства на нормите на точност, а от друга – да определят точностните параметри на машината в нейното първоначално състояние. Геометричната точност се изпитва периодично в процеса на експлоатация на машината с цел наблюдаване на изменението на точностните показатели и доказване на необходимостта от ремонт, както и след извършване на ремонта, за да се обоснове неговата ефективност [7].

Кинематичната точност се отнася до вътрешните кинематични вериги на машините. Тези вериги, наричани още „вериги за точна кинематична връзка“, служат за съгласуване на определени работни движения по такъв начин, че да се постигне зададена траектория на инструмента спрямо заготовката. Неточностите при тези вериги се дължат на:

- неточности при изработване и сглобяване на техните елементи (зъбни и червячни колела, червяци, двигателни винтове и др.);
- неточности от силови деформации на елементите на веригите (огъване, усукване и опън-натиск);
- неточности в предавателните отношения при настройване на веригите, напр. чрез сменни зъбни колела (лири).

Кинематичната точност определя плавноста на работните движения и точността на позициониране на установъчните. Отклоненията от кинематична точност се регламентират от съответни стандарти, като проверките се извършват както при геометричната точност (при

производство на машините, в процеса на тяхната експлоатация и след ремонт).

Силовата стабилност се характеризира със способността на машините да се съпротивляват на срещу силовите натоварвания (статични и динамични). Получените деформации при добре оразмерените машини трябва да са в еластичната област, т.е. да не водят до разрушаване на конструкцията, но влияят върху качеството на произвежданите детайли.

Топлинната стабилност се отнася до топлинните деформации на елементите на металоорежещите машини, които възникват под действието на голям брой топлинни потоци, образувани вътре в машините или проникнали отвън. Тези деформации, които се изменят силно с течение на времето, също влошават точността на произвежданите детайли.

- *Производителност*

Производителността на металоорежещите машини най-често се изразява в броя детайли, изработвани от тях за единица време, или чрез времето за изработване на един детайл (относителен показател), а понякога и чрез количеството снет материал за единица време (абсолютен показател).

Увеличаването на производителността се постига чрез намаляване на времето за изпълнение на операциите, наречено оперативно време, което се формира от основното и спомагателното време.

Основното време е времето, което се изразходва за изменение на формата и размерите на обработваните заготовки и се намалява чрез избиране на по-интензивни режими на рязане или чрез работа на няколко инструмента едновременно.

Спомагателното време е времето, изразходвано за извършване на различни действия, необходими за изпълнението на основните технологически елементи, които се повтарят на всяка заготовка или над определена група от заготовки (установяване и снемане на заготовките, управляване на машината, подвеждане и отвеждане на инструмента, измерване на обработваните заготовки). Намалява се чрез механизизиране и автоматизиране на съответните установъчни движения и на движенията за обслужване, както и чрез припокриване на спомагателните времена с основното време.

- *Надеждност*

Надеждността е комплексно свойство на машините (включващо поотделно или в съчетание свойствата трайност, безотказност, съхраняемост и ремонтпригодност) да изпълняват своите функции, като запазват с течение на времето експлоатационните си показатели в допустимите норми.

За практиката е от значение машините да поддържат своите експлоатационни показатели в рамките на междуремонтния цикъл, който обхваща времето от пускане в експлоатация на нова машина до първия основен ремонт, а и след това – времето между последователните основни ремонти [6].

- *Материалопоглъщаемост*

Материалопоглъщаемостта е показател, изразяващ отношението между собственото тегло на машината и мощността на главния превод, като стремежът е тази стойност да е минимална (най-често варира в границите $200 \div 1000 \text{ kg/kW}$).

Една от световните тенденции в последните години е изграждането на металоурежещи машини с олекотени конструкции при запазване на стабилността, т.е. подобряване на отношението „стабилност - маса“. При тях стените на корпусните детайли не са плътни, а са изградени с решетъчна структура. Съображението тук е, че с намаляване на масата се подобрява динамичното поведение на елементите на машините.

- *Енергопоглъщаемост*

Енергопоглъщаемостта се изразява с отношението на разхода на енергия за единица продукция и също трябва да е минимална. За целта се прибягва до включването на механизми и предавки с повишен КПД (сачмено-винтови предавки, червячни предавки с търкаляне, търкалящи направляващи и др.), които наред с подобряване на точностните и експлоатационните показатели създават и по-малка загуба на мощност от триене.

Освен разгледаните показатели се включват и показатели за икономичност, технологичност на конструкциите, ергономичност, екологичност, естетичност, безопасност при работа и др.

1.3. ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИЕТО НА МЕТАЛОРЕЖЕЩИТЕ МАШИНИ

Развитието на металоурежещите машини е насочено в следните основни направления [5,6,7].

- *Интензифициране на процеса рязане* чрез увеличаване на скоростите на работните движения при използване на нови инструментални материали.

Създават се металоурежещи машини за високоскоростно рязане (означава се HSC (High Speed Cutting) или HVM (High Velocity Machining)), които позволяват:

- екстремни честоти на въртене на вретеното ($n = 40\,000 \div 60\,000 \text{ min}^{-1}$);
- значително увеличаване на подавателните скорости ($V_f = 60 \div 80 \text{ m/min}$);
- скорости на рязане, при които заготовката остава студена;
- качеството при обработване на сложни 3D повърхнини да е такова, че да не се налагат допълнителни операции за довършващо обработване, които най-често са ръчни и трудопоглъщащи (напр. полиране).

Високите скорости на главното и подавателните движения водят до това, че скоростта на снемане на материала изпреварва скоростта на разпространение на топлината в заготовката, т.е. основната част от образуваната при рязането топлина се отвежда чрез стружките и заготовките остават сравнително студени. Така отпада условието за охлаждане със смазочно-охлаждаща течност (COT), т.е. да се обработва „на сухо“.

- *Повишаване на степента на автоматизация* на отделните металорежещи машини чрез използването на устройства за захранване със заготовки и инструменти, както и на нови системи за управление.

- *Изграждане на мултифункционални машини (обработващи центри)* предназначени за комплексно обработване на заготовките. Комплексното, т.е. цялостното обработване на заготовката при едно установяване върху машината води до повишаване на точността (отпада смяната на технологическите бази при преустановяване на заготовката последователно върху няколко машини) и производителността (отпадат спомагателните времена за установяване и освобождаване на заготовката при обработването ѝ върху няколко машини).

- *Усъвършенстване на конструкциите* чрез използване на нови задвижвания (директни преводи с мотор-вретена, високомоментни или линейни електродвигатели), модерни елементи и възли (сачмено-винтови предавки, търкалящи направляващи, магнитни лагери и направляващи и др.), чрез които се повишават работната точност, производителността, надеждността и срокът на използване на машините.

- *По-широко използване на нови неметални материали*, като полимербетон, пеноалуминий, пеномагнезий, различни пластмаси, керамика и др., с цел постигане на по-добри експлоатационни параметри (намалено триене и износване, по-малки силови и топлинни деформации и др.).

- *Съчетаване на конвенционални методи на рязане (чрез стружкоотделяне) с електрофизични методи* на една машина. Така напр. фирмата Mazak предлага машини за лазерно рязане, съоръжени освен с лазерни глави и с вретенни възли за нарязване на резби с метчик.

- *Вграждане на системи за контрол и диагностика.* При съвременните металорежещи машини с ЦПУ, при които е изключено за продължително време прякото наблюдение от страна на оператора, се вграждат такива системи. Специални сензори надзирават важни параметри на процеса и технологическата система МПИЗ (машина-приспособление-инструмент-заготовка), като: трептения на конструкцията, износване на инструмента, температура в характерни точки, натоварвания в определени области и т.н., и според избраната стратегия могат да предизвикат автоматична компенсация на грешките чрез ЦПУ, да подадат сигнал към обслужващия персонал или да спрат процеса. Системите за контрол и диагностика водят до намаляване на аварийните престои и увеличаване на производителността.

- *Прилагане на модулния принцип* при изграждане на металорежещите машини, съгласно който различни по предназначение, вид и типоразмер машини се компануват от едни същи възли (модули), които се подбират по такъв начин, че за всеки конкретен случай да предадат на машината желаните технико-икономически, технологични и експлоатационни параметри [1,7,9].

- *Екологичност на конструкцията* – запазване на околната среда от замърсяване със стружки, СОТ, маслено-въздушни изпарения и др. (отвеждане на стружките и СОТ директно от зоната на тяхното образуване).

- *Осигуряване на максимална безопасност при работа на машините, лесно обслужване, подходящо външно оформление, добро локално осветление.*

1.4. ОСОБЕНОСТИ В СТРУКТУРАТА НА МЕТАЛОРЕЖЕЩИТЕ МАШИНИ

Металорежещите машини са изградени от голям брой възли и елементи с определено функционално предназначение, обособени в определен брой системи: геометрична, кинематична и т.н. Всяка от тези системи се проектира самостоятелно, след което всички системи се сглобяват при спазване на изискванията за съвместимост и комплектност. Някои от тези системи са основни, защото съпътстват всяка една машина, а други са налице само при машини, към които са поставени повишени изисквания по отношение на тяхната работна точност, производителност, надеждност и степен на автоматизация. Степента на влияние на всяка една от системите върху тези изисквания е дадена в табл. 1.1 [7].

Металорежещите машини се изграждат от следните системи:

1.Геометрична система

Геометричната система обхваща елементите, които изграждат

пространствено машината и определят взаимното разположение на инструмента и заготовката (корпусни елементи, вретенни възли, направляващи). През нея се затварят силовите вериги и преминават топлинните потоци, в резултат на което се получават силови и топлинни деформации. Минимално отражение на тези деформации върху работната точност на машините се постига чрез правилно конструиране и оразмеряване на елементите на геометричната система. От табл. 1.1 се вижда, че геометричната система оказва силно влияние върху качествените показатели на машините и определя тяхната геометрична точност.

Тъй като през елементите на геометричната система преминават силовите потоци, тя се означава и като «носеца система».

Табл. 1.1. Влияние на отделните системи на металорежещите машини върху качествените им показатели

СИСТЕМА		Показатели			
		работна точност	производителност	степен на автоматизация	надеждност
1	Геометрична (носеца) система	●	●	◐	●
2	Кинематична система	●	●	●	●
3	Система за управление	●	●	●	●
4	Система за контрол и диагностика	●	○	○	●
5	Инструментална система	●	●	●	●
6	Система за мазане	●	○	○	●
7	Система за охлаждане	●	○	○	●
8	Система за автоматична захранване със заготовки	○	●	●	◐
9	Екологична система	○	◐	●	○
10	Климатична система	●	○	○	○
11	Система за осветление	○	○	○	●
12	Система за безопасна работа	○	○	○	●
		● - влияе силно	◐ - влияе средно	○ - влияе слабо	

2. Кинематична система

Кинематичната система обхваща всички възли, механизми и елементи, чрез които се пренася движението от задвижващите до изпълнителните звена (вретена, супорти, маси и др.), и оказва влияние върху качествените параметри на машината (табл. 1.1). Грешките, които възникват в кинематичната система вследствие напр. на неточно изработване и сглобяване на елементите или на износването им през време на работа, влияят върху кинематичната точност на машината.

Вариант на кинематичната система е системата за хидро- (пневмо-) задвижване. При нея движението на изпълнителното звено се осъществява по хидравличен (пневматичен) път, като крайното звено е хидроцилиндр за създаване на праволинейно движение или хидродвигател за създаване на въртливо движение.

3. Система за управление

Системата за управление обхваща елементи и механизми, чрез които се пускат, спират и реверсират движенията, регулират се скоростите и се създава автоматичен цикъл за работа. Тази система също оказва силно влияние върху качествените показатели на машините (табл. 1.1).

4. Система за мазане

Системата за мазане обхваща хидравлични агрегати и елементи за подаване на мажещо вещество в различни точки на машините, в които се появява триене (зъбни двойки, лагери, направляващи и др.). Значението на тази система е особено голямо при хидростатичните лагери и направляващи, където трябва да се гарантира разделянето на контактните повърхнини със стабилен маслен слой. Това определя в голяма степен точността, производителността и надеждността на машините.

Системата за мазане служи и за отвеждане на топлината чрез циркулиращото масло и в този аспект тя може да се разглежда и като система за охлаждане на възлите на машините.

5. Система за охлаждане на зоната на рязане

Системата за охлаждане включва агрегати и елементи, чрез които се подава СОТ в зоната на рязане. Така се отвежда част от образуваната топлина, а също така се извършва и мазане в контакта между инструмента и заготовката.

6. Система за автоматична смяна на инструментите

В състава на металорежещите машини с ЦПУ системата за автоматична смяна на инструментите включва режещите инструменти, спомагателните инструменти (необходими за установяване на режещите инструменти), инструменталните магазини и устройствата за смяна на инструменталните комплекти (манипулатори, автооператори и др.).

7. Система за автоматична смяна на заготовките

Системата за автоматична смяна на заготовките включва устройства за автоматично захранване на машината със заготовки и изваждането на обработените детайли от зоната на рязане (палети, автооператори и др.).

8. Система за контрол и диагностика

Системата за контрол и диагностика (разгледана в предната точка) е свързана функционално със системата за управление и при наличие на предпоставки за настъпване на аварии подава сигнал за изключване на движенията.

При повечето универсални металоурежещи машини системата за контрол и диагностика липсва, като някои от контролните функции са предадени на системата за управление, а останалите се поемат от оператора.

9. Екологична система

Екологичната система служи да запази чиста средата около машината. Тя включва транспортни устройства за отвеждане на стружките, устройства за брикетирание (палетиране) на стружките и образувания от абразивните инструменти прах, аспирационни уредби за поглъщане на праха и дребните частици. Модерните металоурежещи машини с ЦПУ се изграждат в «кабинкова» структура, която изолира напълно работната зона на машината от околната среда.

10. Климатична система

Климатичната система е налице при прецизните металоурежещи машини. Може да се изпълни в различни конструктивни варианти, напр. кожух, опасващ корпуса на машината, когато се очакват големи топлинни деформации. Пространството между кожуха и корпуса се вентилира с въздух с постоянна температура (около 20°C).

11. Система за осветление

Системата за осветление служи за осветляване на зоната на рязане и наблюдаване на работния процес.

12. Система за безопасна работа

Системата за безопасна работа осигурява безопасна работна среда за обслужващия персонал. При металоурежещите машини с ръчно управление тя включва защитни щитове, кожуси, екрани и др., които предпазват оператора от въртящи се части, летящи стружки и др. Към тази система се отнасят и блокиращи устройства за предпазване от повреда при неправилна работа.

В съвременните машини за високоскоростно рязане се монтират завеси, които задържат летящи с висока скорост отломки (счупени парчета от заготовката или инструмента).

При металорежещите машини, обработващи леснозапалими материали (напр. магнезиеви сплави), се включват противопожарни инсталации (сензори за установяване на възникването на пламък и дюзи за подаване на охлаждаща течност).

Трябва да се отбележи, че строго разграничаване на отделните системи не е възможно, защото някои от тях се проникват взаимно.

Така например, вretienните и направляващите възли принадлежат едновременно към геометричната и кинематичната система и това обстоятелство, че те се явяват събирателно място на тези две системи, определя високите изисквания към тях.

В много от металорежещите машини с ЦПУ се включват едни и същи устройства (роботи, автооператори) както за смяна на инструментите, така и за смяна на заготовките.

Системите за мазане и охлаждане, както и климатичната система са обвързани от общата идея за подобряване на топлинното поведение на металорежещите машини.

1.5. ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ НА МЕТАЛОРЕЖЕЩИТЕ МАШИНИ

В съвременното машиностроително производство се наблюдава устойчива тенденция към повишаване изискванията към качество на обработените детайли, разширяване на тяхната номенклатура и намаляване на сроковете за моралното им остаряване. Налагат се изисквания за гъвкавост и адаптивност към бързо променящите се условия на пазара и потребителското търсене. Едно от решенията за удовлетворяването на тези изисквания е създаването и използването на *машини с цифрово програмно управление (CNC машини)*, които са носители на една принципно нова технология със следните характеристики:

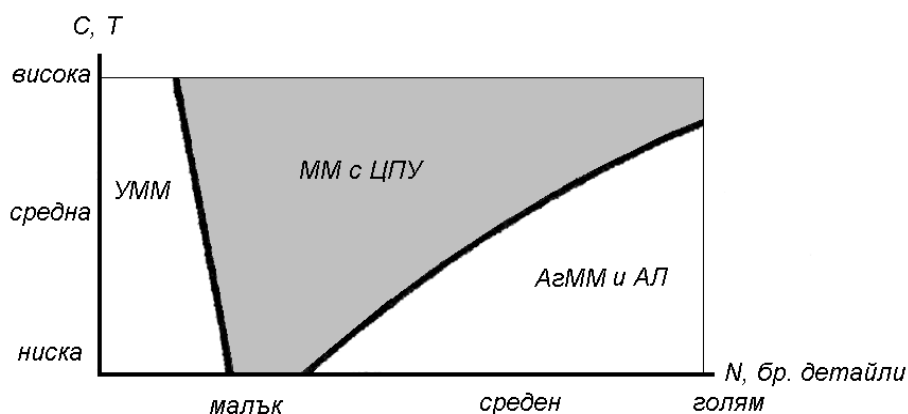
- формообразуване и размерообразуване без прякото участие на човек;
- висока степен на автоматизация, приложима за широка номенклатура на детайли;
- лесна приспособяемост за вграждане в комплекси с централно компютърно управление и реализиране на безлюдни технологии.

Съчетаването на голяма гъвкавост с висока степен на автоматизация при металорежещите машини с ЦПУ дава възможност те да се конкурират както с универсалните металорежещи машини, така и с металорежещите автомати. Това определя широката област на икономически ефективно приложение на металорежещите машини с ЦПУ.

Приложението на различните металорежещи машини зависи от сложността на изработваните детайли и серийността на производството. Колкото е по-малка серийността на производството, толкова по-голяма технологична гъвкавост трябва да има металорежещата машина.

Универсалните металорежещи машини са икономически по-изгодни в случаите, когато технологическата операция не изисква сложна технологическа подготовка и е по силите за разработване и изпълнение от оператора на машината. С усложняване на конфигурацията на детайлите и повишаване на изискванията към точността им се налага подробно разработване на технологическия процес. Стеснява се и ролята на оператора върху формо- и размерообразуването, за да се избегне негативното влияние на субективния фактор върху качеството на обработените детайли. Увеличава се необходимостта от високо интелектуален инженерен труд, на който съответствието с производителна техника е машината с ЦПУ. С увеличаване на серийността на производството металорежещите машини с ЦПУ отстъпват място на агрегатните машини, автоматите и автоматичните линии (фиг. 1.6). Те не могат да достигнат производителността на посочените машини поради различната идеология, заложена в изграждането им. Докато машините с ЦПУ са изградени върху принципите на високата концентрация на операциите с последователно във времето изпълнение на технологическите преходи, агрегатните машини осъществяват успоредна по време концентрация на преходите, а автоматичните линии са изградени на принципа на диференциация на операциите, с успоредно във времето изпълнение.

Изложените до тук общи съображения са представени на фиг.1.6 [3].



Фиг. 1.6. Икономически ефективна област за използване на металорежещи машини (ММ) с ЦПУ
 (УММ – универсални металорежещи машини, АгММ – агрегатни металорежещи машини, АЛ – автоматични линии,
 C – сложност, T – точност на обработвания детайл,
 N – годишна производствена програма)

Металорежещите машини с ЦПУ са полуавтоматични или автоматични машини, които се управляват от системи, задаващи работна (управляваща) програма. Те представляват единен комплекс от металорежеща машина, автоматизирани устройства и система за ЦПУ.

С техническото усъвършенстване на металорежещите машини с ЦПУ и поевтиняването на елементната база за изграждането им, областта на ефективното им приложение се разширява.

Обединяването на отделните металорежещи машини с ЦПУ за изграждане на *гъвкави автоматизирани производствени модули (ГАПМ) и гъвкави автоматизирани производствени системи (ГАПС)* е съвременна тенденция за разширяване приложението и повишаване ефективността от използването на металорежещите машини с ЦПУ.

През последните години успешно се прилагат Rapid prototyping технологиите, свързани с използването на особен клас металорежещи машини с ЦПУ, на които се изработват прототипи на основата на геометрични модели, създадени при проектиране на изделия с помощта на CAD/CAM системи.

Програмното управление на металорежещите машини се характеризира с това, че управляването на процеса се извършва лесно и бързо чрез програмоносител, без да се променя конструкцията на машината. Това прави металорежещите машини ефективни в условията на дребносерийното и единичното производство, а при работа в автоматизирани и роботизирани системи и комплекси – в серийното производство.

В основата на цифровото програмно управление е поставен процесор, който съхранява и обработва необходимата информация за управлението на машината и я предава на изпълнителните звена (електродвигатели). Този процесор може да извършва математически пресмятания, което обуславя широки възможности на управлението.

Основните предимства на металорежещите машини с ЦПУ, които определят ефективността на използването им, са:

- увеличаване на точността на обработката вследствие на високата точност на преместване на работните органи на машината, автоматичното получаване на размерите, високата концентрация на технологичните преходи, намаляване на броя на преустановяванията на заготовките за сметка на позициониране на изпълните органи на машината с висока прецизност, възможност за непрекъснат контрол и адаптивно управление на технологичните процеси, изключване на влиянието на субективния фактор върху формо- и размерообразуването;

- висока производителност (2÷6 пъти по-голяма в сравнение с тази на аналогични конвенционални металорежещи машини) в резултат на намаляване на спомагателното и подготвително-заклучителното време, както и на

машинното време поради залагане в управляващите програми на оптимални режими на рязане, които не зависят от субективните качества на оператора;

- възможност за обработване на детайли с висока точност и сложна конфигурация (които не могат да бъдат обработени на конвенционални машини);

- лесно пренастройване за преминаване от един към друг обработван детайл (гъвкавост на производството);

- съкращаване и опростяване на технологическата екипировка;

- лесно размерно настройване и поднастройване;

- възможност за промяна на режимите на рязане по време на изпълнение на технологическия преход;

- автоматична смяна на режещите инструменти;

- възможност за директно компютърно управление;

- възможност за автоматизирано проектиране на технологическата операция и изработване на управляваща програма;

- висока концентрация на операциите;

- съкращаване на разходите за контрол поради високата стабилност на размерите и бързото и точно поднастройване с корекции, внасяни в цифров вид;

- използване на висококвалифицирани програмисти и настройчици и на оператори с ниска квалификация;

- създаване на условия за многомашинно обслужване.

Съвременните металорежещи машини с ЦПУ стават все по-сложни, с обогатяващи се технологически възможности за комплексно обработване на детайлите. Това ново качество е добило израз в наименованието им *"обработващи центри"* или *"многооперационни машини"*. Последното наименование не е издържано от гледна точка на дефинирането на технологическата операция като част от технологическия процес, който се осъществява на едно работно място. Всяка обработваща машина осъществява *една операция* и не е *многооперационна* независимо от това, че може да изпълни разнообразни по характер работи (струговане, пробиване, фрезование, разстъргване, контрол и т.н.).

Обработващите центри (ОЦ) са металорежещи машини с ЦПУ, предназначени за комплексно обработване на детайлите с автоматична смяна на инструментите. Комплексното, т.е. цялостното, обработване на детайла при едно установяване върху машината води до:

- повишаване на точността (отпада смяната на технологическите бази при преустановяване на детайла последователно върху няколко машини);

- повишаване на производителността (отпадат спомагателните времена за установяване и освобождаване на заготовката при обработването и върху няколко машини).

1.6. МОДУЛНО ИЗГРАЖДАНЕ НА МЕТАЛОРЕЖЕЩИТЕ МАШИНИ

Нарастващата глобална конкуренция в световен мащаб принуждава машиностроителните фирми да работят все по-продуктивно, за да оцелеят в новите условия. В същото време пазарът изисква увеличаване на изделията по поръчка, което води до голям брой варианти. Така от производителите се изисква да притежават машини и системи с висока производителност и гъвкавост. Специалните металоурежещи машини и поточните линии с твърда програма се характеризират с висока производителност, но притежават малка или никаква гъвкавост. От друга страна, универсалните ръчно управляеми машини са с висока гъвкавост, но са нископроизводителни, за да отговорят на нуждите на съвременното производство. Необходимостта от едновременно постигане на висока производителност и гъвкавост е довело в края на 20-ти век до изграждане на концепцията за *реконфигуриращи се производствени системи (РПС)* (фиг. 1.6) [6,9]. В тях е заложена възможността за бърза промяна на конфигурацията на машините и на тяхното управление с цел бързо и адекватно да отговорят на внезапните пазарни промени. Чрез реконфигуриращите се производствени системи може да се постигне висока производителност в съчетание с голяма гъвкавост, благодарение на основното им свойство – реконфигурирането. За тази цел машините, включени в състава ѝ, трябва да са изградени на *модулен принцип* и чрез бърза замяна на определени модули да се постигне пренастройването им за обработване на други видове детайли.

Принципът на модулното изграждане на металоурежещите машини се изразява в това различни по предназначение, вид и типоразмер машини да се компановат от едни и същи възли (модули), които се подбират по такъв начин, че за всеки конкретен случай да предават на машината желаните технико-икономически, технологични и експлоатационни параметри.

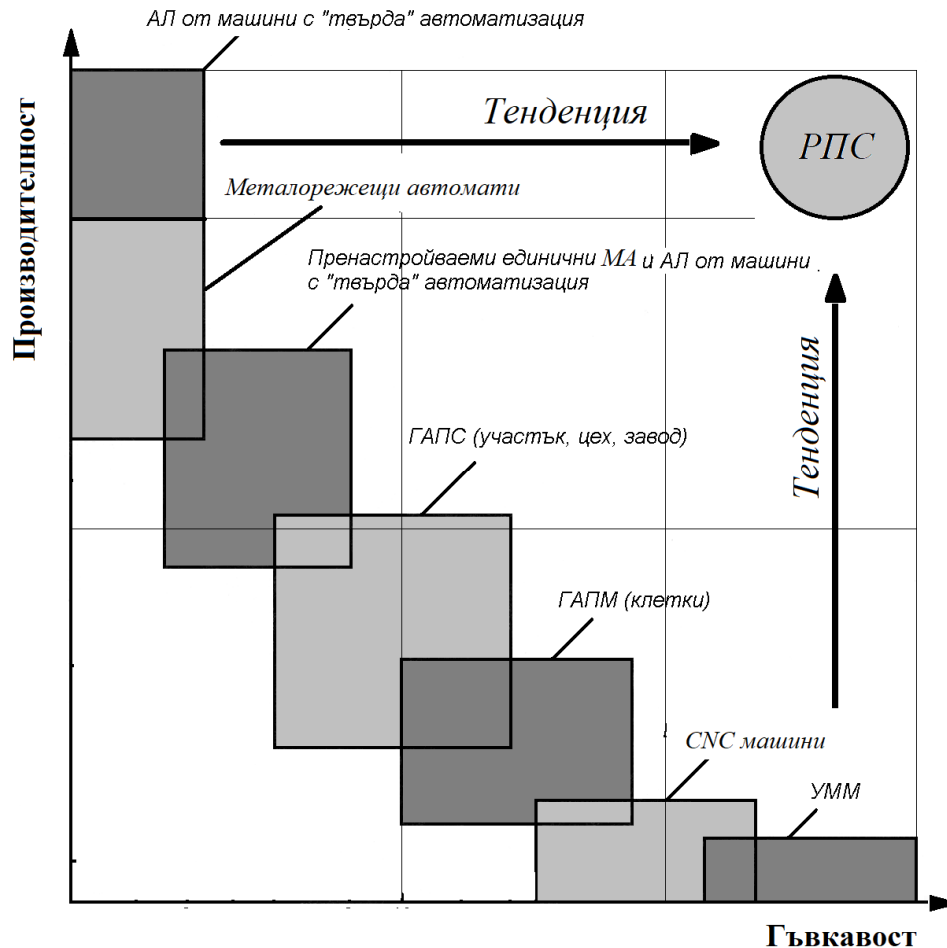
Модулите, които имат самостоятелно задвижване, се наричат *агрегати*.

Принципът на модулното изграждане води до следните предимства:

- поевтиняват се конструкциите, тъй като в нови машини се вграждат вече проектирани модули;
- значително се съкращава времето за проектиране и изработване на нова машина, т.е. срокът за доставка на клиента (това е особено важно днес при съкратения жизнен цикъл на изделията);
- повишава се надеждността на машините вследствие на вграждане в тях на „отработени“ и оптимизирани модули;
- ремонтът се извършва по възли (модули), като аварираният модул се заменя с нов и машината продължава своята работа;
- модернизацията може да обхваща само онези модули, които се

нуждаят от нея;

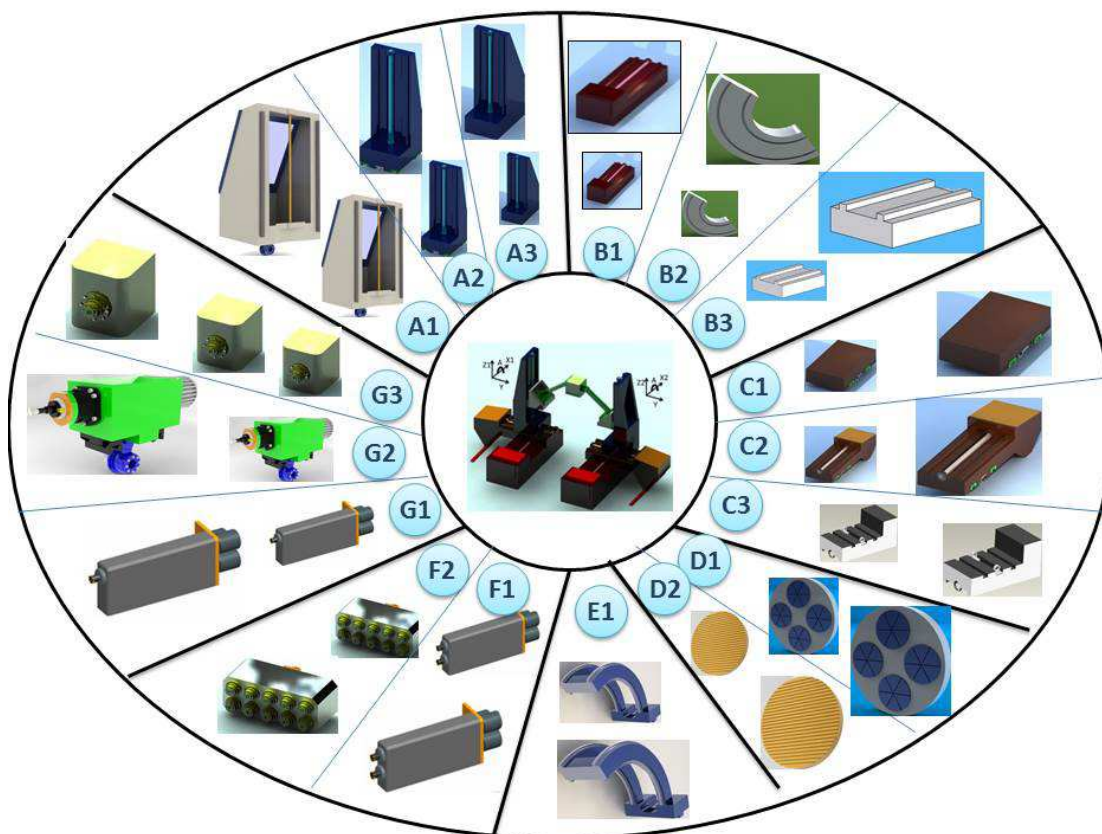
- модулите се произвеждат от фирми, разположени в цял свят;
- увеличаване на производителността и гъвкавостта на машината.



Фиг. 1.6 Тенденции в развитието на металоорежещите машини и производствените системи

Броят на вариантите на компановане на металоорежещите машини може да нарасне значително, ако модулите се разработят в *модулни групи*. Всяка група включва различни модули с едно и също предназначение, които се отличават по своите кинематични, геометрични, мощностни, якостни и други параметри и са съвместими с модулите от останалите модулни групи.

Всички модулни групи са отворени т.е. може да се добавят и премахват модули. При окомплектоването на реконфигурираща се металоорежеща машина (РММ) се избират подходящи модули, като се отчитат техните кинематични, геометрични, точностни и др. параметри. На фиг.1.7 са обобщени някои основни модулни групи за РММ [9].



Фиг. 1.7 Модулни групи и модулни компоновки (А – модул „Стойка“; В – модул „Основа“; С – модул „Шейна“; D – Модул „Маса“; Е – модул „Полуарка“; F – модул Многовретенна приставка“; G – модул „Вретенна глава“)

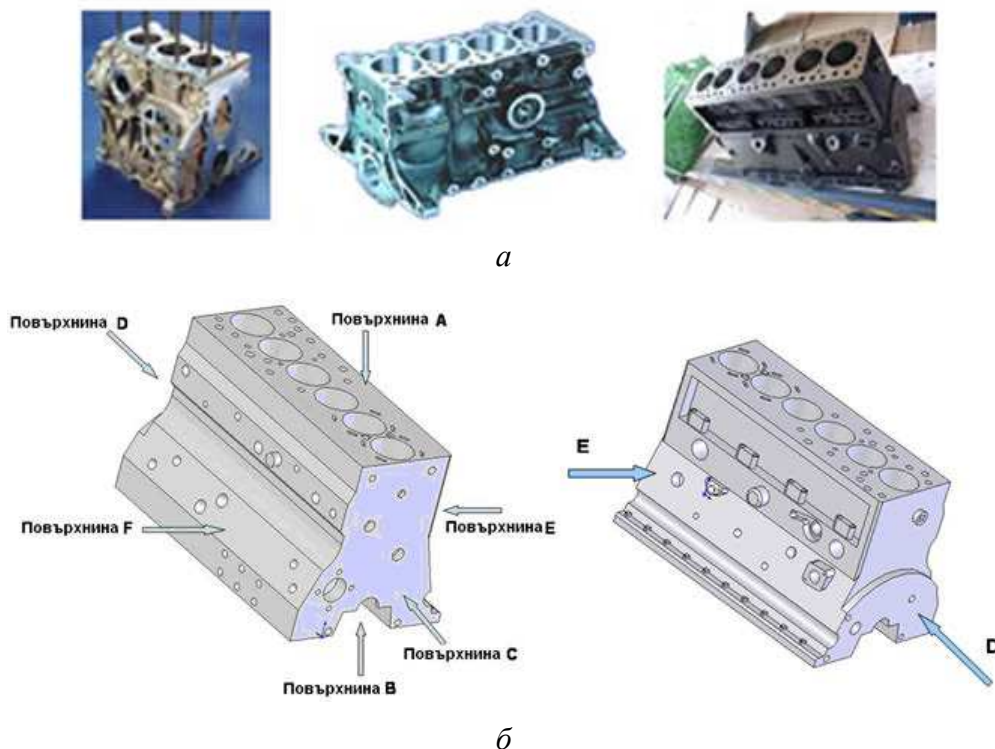
Подходът за реконфигуриране на металоурежещи машини включва седем етапа [9]. Първите шест от тях се отнасят за конфигурирането на реконфигуриращите се металоурежещи машини от състава на РПС, а седмия – до реконфигурирането им.

Първото ниво включва анализ на детайлите, за които е известно, че ще се обработват на проектираната РММ. Анализът на детайлите решава задачата за определяне на вида, геометрията и размерите на обработваните повърхнини и изискванията към тяхното качество.

На фиг.1.8 а са представени 3-цилиндров блок, 4-цилиндров блок и 6-цилиндров блок. Върху горната повърхнина, която трябва да се фрезова, има отвори с различна форма (цилиндрични, елипсовидни, бъбрековидни и др.), които в зависимост от технологията, която ще се избере за обработване, е необходимо да се разсвредловат (при цилиндричните отвори) и фрезоват или шлифоват (при други форми на отворите или каналите). Върху стените на двигателите е необходимо да се извършат технологични преходи фрезование, разсвредловане, зенкерование, райберование, резбонарязване и шлифование.

Във *второ ниво* се обобщава информацията, събрана на първо ниво. Тук се разработва комплексен детайл (фиг. 1.8 б) представляващ

фамилията детайли, съдържащ всички видове обработвани повърхнини, като са определени техните геометрични и точностни параметри.



Фиг. 1.8 Детайли тип редови цилиндрични блокове за двигатели с вътрешно горене (а) и комплексният им детайл (б)

На *трети етап* се разработва технологичната операция за обработване на комплексния детайл.

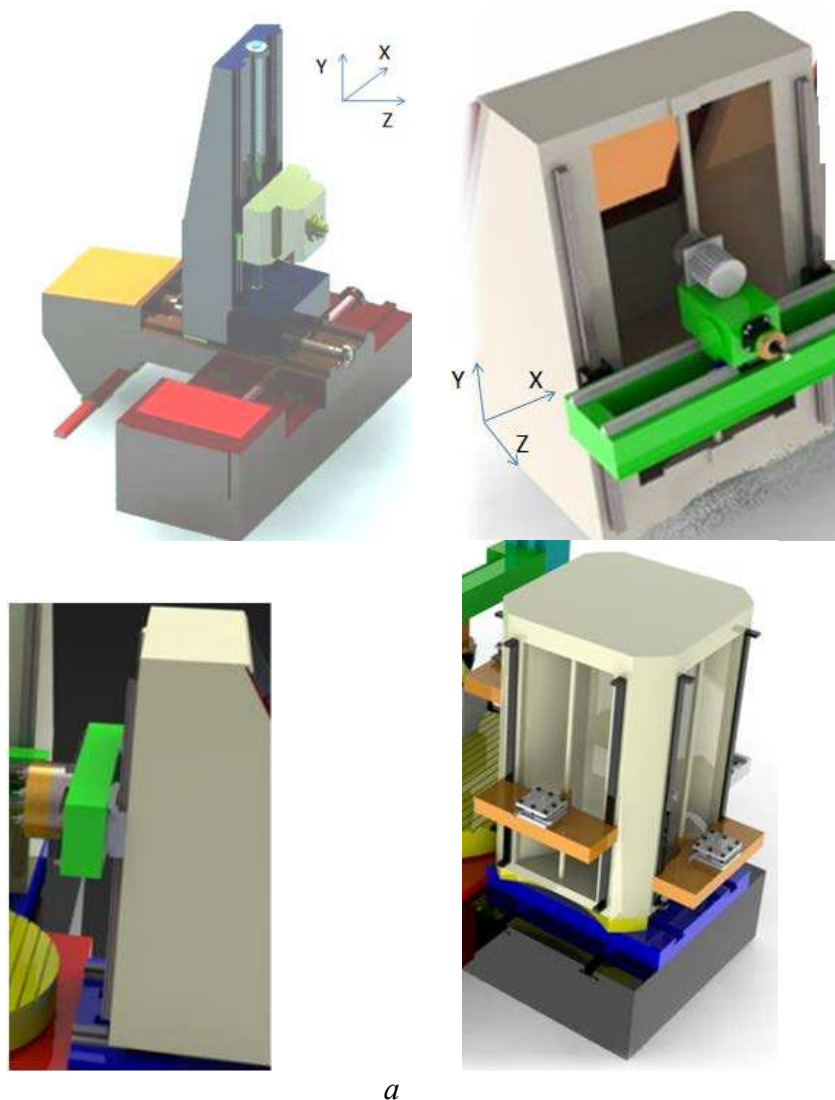
В *четвърти етап* се разработват модулните групи (фиг. 1.7). Всяка модулна група се развива в две направления – по вид и по типоразмер.

На *пети етап* съобразно спектъра на обработваните детайли и съответните технологични варианти, се подбират модули за окомплектоване на РММ, като се отчитат техните кинематични, мощностни, геометрични, точностни и др. параметри. В общия случай се достига до няколко еквивалентни варианта за всяка от машините от РПС.

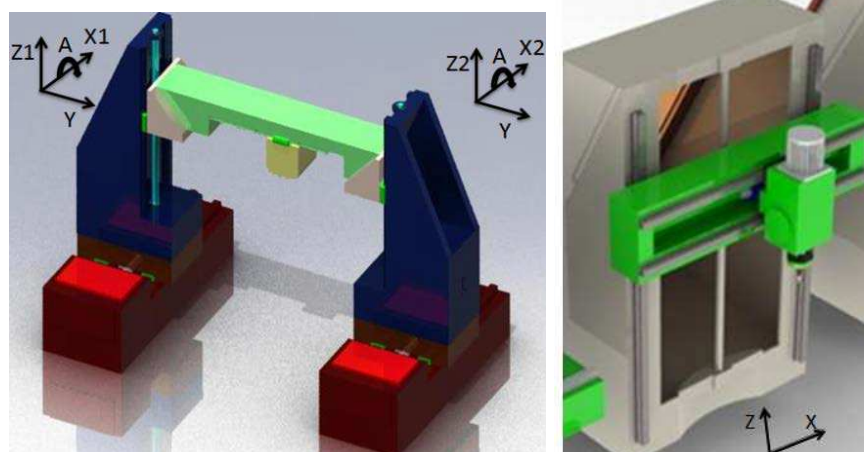
Варианти на РММ за обработване на детайлите от фиг. 1.8 са показани на фиг. 1.9.

Различните еквивалентни варианти на проектираните РММ се анализират в *шести етап* и се избира отговаряща на изискванията компоновка за всяка от машините, като анализирането на компоновките може да стане чрез сравнение по показателите на съставните модули, сложност на съставните механизми, брой на задвижванията, точност на позициониране на въртящи се части, скорост на пробивната глава и т.н.

При поява на нов детайл се преминава към *седмия етап*, който представлява реконфигуриране на РММ, съответно на РПС. На фиг. 1.10 е показано реконфигуриране на машина чрез замяна на вретенната глава.

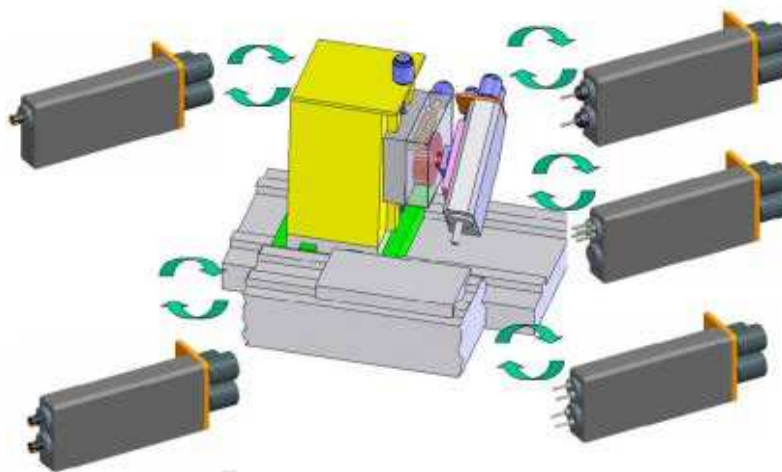


a



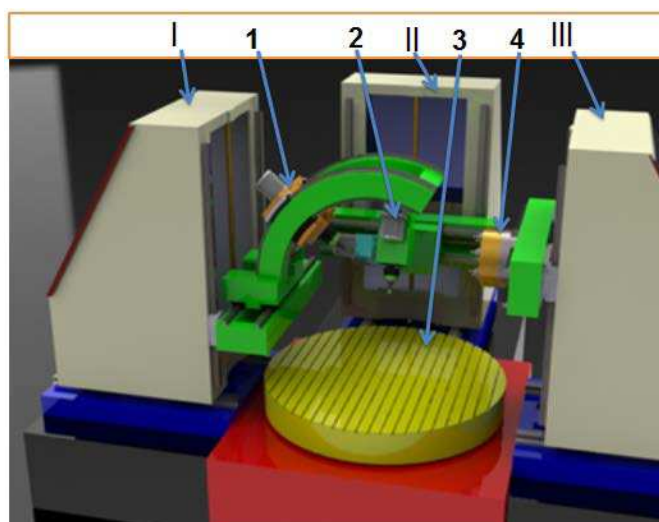
б

Фиг. 1.9 Компановки на РММ с фиксирана хоризонтална (а) и вертикална (б) глава



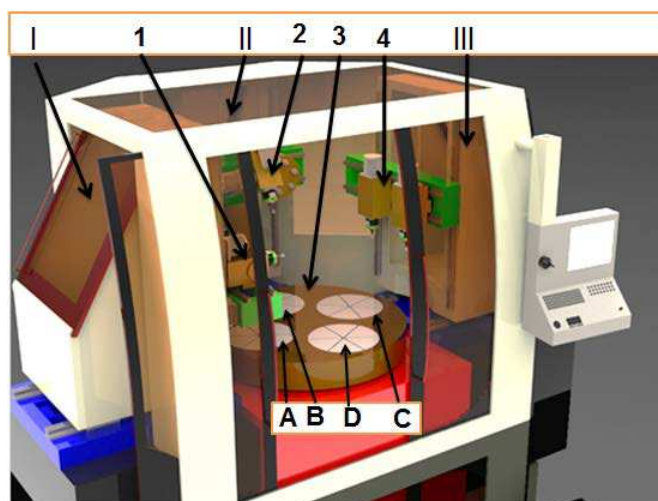
Фиг. 1.10 Реконфигуриране на РММ

Възможно е конфигуриране и при необходимост реконфигуриране на реконфигурираща се машинна станция (РМС). На фиг. 1.11 е показана четирипозиционна РМС за обработване на призматично-корпусен детайл, състояща се от три РММ със следните компоненти: позиция I – РММ за обработване (фрезово-пробивни преходи) на повърхнини, разположени под произволен ъгъл в диапазона от 0° до 180° ; позиция II – РММ за обработване (фрезово-пробивни преходи) на повърхнини, разположени под произволен ъгъл в диапазона от 45° до 225° ; позиция III – РММ с шествретенна приставка за изпълнение едновременно на фрезово-пробивни преходи за обработване на повърхнини, разположени в хоризонталната равнина; позиция IV – сваляне на обработения детайл и установяване на следващия.



Фиг. 1.11 Реконфигурираща се машинна станция за обработване на призматично-корпусен детайл
(1 – модул „Полуарка”; 2 – модул „Вретенна глава”; 3 – модул „Въртяща маса”; 4 – модул „Многовретена приставка”)

На фиг. 1.12 е показана РМС, състояща се от три РММ за обработване на ротационно-симетрични детайли, установени в патронници на четирипозиционна делителна маса.



Фиг. 1.12 Реконфигурираща се машинна станция за обработване на ротационно-симетричен детайл
(1,2,4 – модули „Вретенна глава“; 3 – модул „Четирипозиционна делителна маса“)

1.7. КИНЕМАТИКА НА ФОРМООБРАЗУВАНЕТО

Всички детайли са съчетания от елементарни реални геометрични повърхнини. *Реалните геометрични повърхнини* се различават от идеалните по наличие на отклонения във формата, на вълнообразност и грапавост. *Елементарни геометрични повърхнини* са равнината, кръговият и некръговият цилиндър, кръговият и некръговият конус и сферата. Всяка от тези повърхнини може да се разглежда като непрекъснато множество от последователните положения на движеща се производяща линия, наречена *образуваща*, по друга производяща линия, наречена *направляваща*.

Равнината (фиг. 1.13 а) може да се определи чрез две прави линии, като едната от тях (правата 1) се плъзга по другата (правата 2). Линията 1 е образуваща, а линията 2 – направляваща. Същата равнина може да се определи, ако двете производящи линии сменят функциите си (фиг. 1.13 б).

Цилиндричната повърхнина се получава чрез производящите линии права и окръжност (фиг. 1.13 в,г). По такъв начин са определени еволвентна повърхнина (фиг. 1.13 д,е) и произволна профилна повърхнина (фиг. 1.13 ж,з).

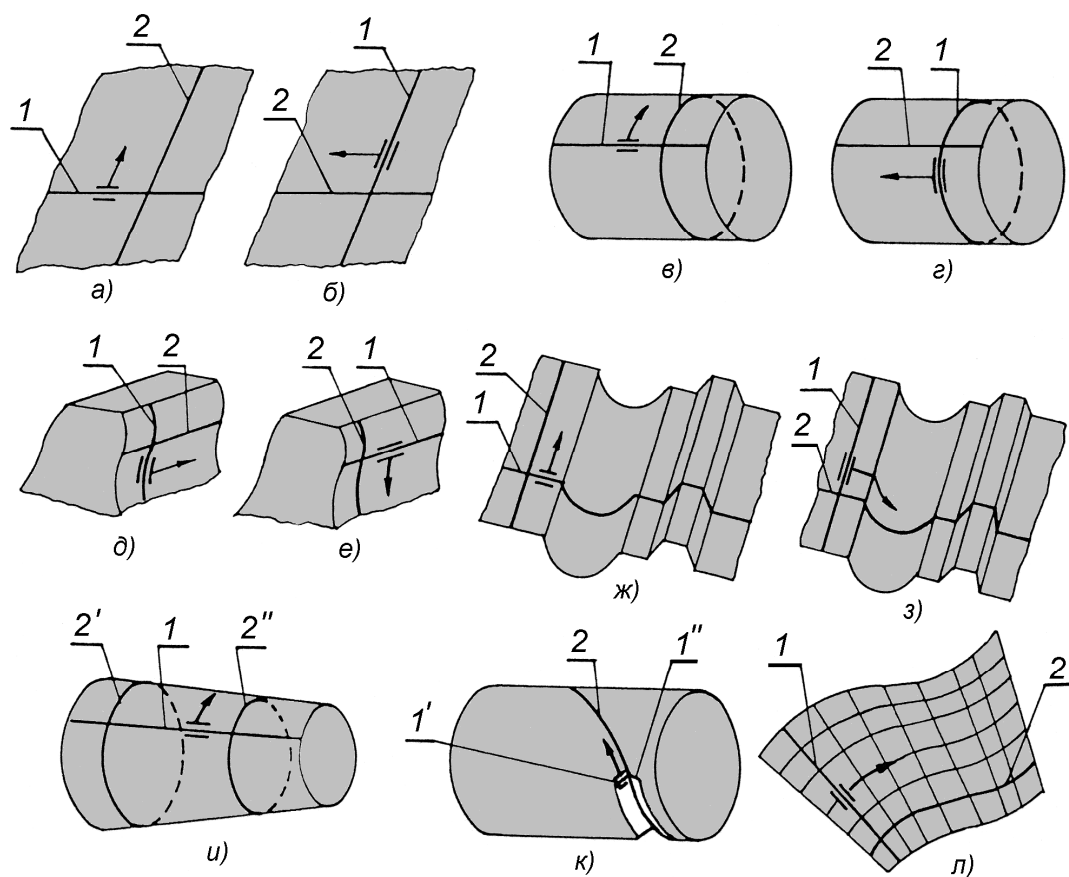
Общото при всички тези повърхнини е това, че производящите линии могат да сменят функциите си, т.е. образуващите да станат направляващи и обратно. В този случай производящите линии са „обратими“.

На фиг. 1.13 и е показано формирането на конусна повърхнина чрез образуващата права 1 и направляващите окръжности 2' и 2''. Както се вижда тук производящите линии са „необратими“, защото смяната на функциите им няма да доведе до получаването на същата повърхнина. Такъв е случаят и при получаването на резбовата повърхнина (фиг. 1.13 к), която се определя от двете образуващи прави 1' и 1'' и от една направляваща (винтова) линия 2.

На фиг. 1.13 л е показано образуването на сложна профилна повърхнина, характерна за различни видове пресформи, щампи, лопатки и др., при която едната, а понякога и двете производящи линии, са променливи.

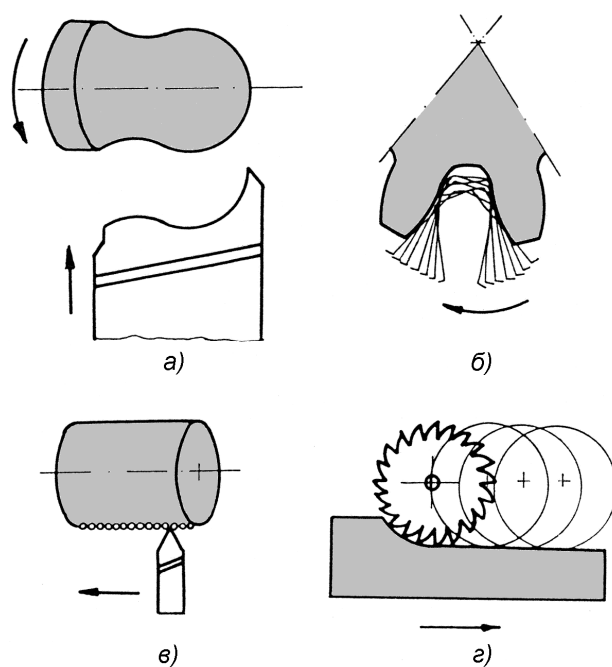
В реални условия производящите линии не съществуват. Те се възпроизвеждат при извършването на относителни движения на инструмента и заготовката. Производящите линии, а оттам и повърхнините на детайлите, могат да се получат по четири метода (фиг.1.14):

- *метод на копирането* (фиг. 1.14 а), при който образуващата линия е копие на режещия ръб на инструмента, разглеждан като материална линия, а направляващата линия се получава от въртеливото или праволинейното движение на заготовката или инструмента; по този начин не може да се получи направляващата линия;
- *метод на обхождането* (обтърkalване, отърkalване) (фиг. 1.14 б), при който производящата линия (образуваща или направляваща) се получава като обвиваща линия на последователните положения на режещите ръбове на инструмента при неговото относително преместване без приплъзване (обхождане) спрямо заготовката;
- *метод на следата (сканиране)* (фиг. 1.14 в), при който производящата линия (образуваща или направляваща) се получава като следа от движението на една единствена произвеждаща (линията) точка (напр. на върха на режещия инструмент);
- *метод на допирането* (фиг. 1.14 г), при който производящата линия (образуваща или направляваща) се получава като допирателна линия на множеството от спомагателни геометрични линии, образувани от движението на една точка (или на множество от точки) от инструмента.



Фиг. 1.13 Определяне на повърхнините чрез производящи линии

От казаното следва, че образуващата линия може да се получи и по четирите метода, а направляващата – само по три от тях (без копирането).



Фиг. 1.14 Методи на формообразуване

Формообразуването на повърхнините се свежда до придаване на такива движения на инструмента и заготовката, че да се осъществи както образуване на производящите линии (с изключение на метода на копирането), така и плъзгане на едната производяща линия по другата.

1.8. ВИДОВЕ ДВИЖЕНИЯ ПРИ МЕТАЛОРЕЖЕЩИТЕ МАШИНИ

По своето функционално предназначение движенията, които се извършват на металоурежещите машини, се разделят на три групи: работни, установъчни и движения на обслужване.

• РАБОТНИ ДВИЖЕНИЯ

Работни (основни) движения са тези които се изпълняват по време на процеса рязане и са свързани с получаване на производящите линии, а от там и на повърхнините на детайлите. Те биват:

- главно движение (движение на рязане) със скорост V_c , което извършва рязането;
- подавателни движения, (едно или повече) със скорост V_f , чрез които продължава снемането на метал от повърхнината на заготовката.

Работните движения се разделят още и по следните признаци:

- по отношение на траекторията: прости (праволинейни или кръгови) и сложни (получени от съчетаването на две или повече прости движения);
- по отношение на извършването им по време: непрекъснати и прекъснати;
- по отношение на скоростта им: равномерни и неравномерни;
- по отношение на подчинеността им едно спрямо друго: независими и съгласувани.

Скоростта на главното движение V_c има дименсия m/min (при шлифване се допуска m/s). За настройване на машините обикновено се използва честотата на въртене n_c или на двойните ходове $n_{дв.х.}, min^{-1}$.

Скоростта на подавателното движение V_f има дименсия mm/min , като при настройване на машините се работи с големината на подаването за оборот $f, mm/tr$ или подаването за двоен ход $f_{дв.х.}, mm/дв.х.$

Скоростите на работните движения определят големината на основното време, с което влияят съществено върху производителността на металоурежещите машини.

На фиг. 1.15 са дадени работните движения с техните скорости V_c , $V_{f,1}$ и $V_{f,2}$ при някои технологически схеми на обработване.

• УСТАНОВЪЧНИ ДВИЖЕНИЯ

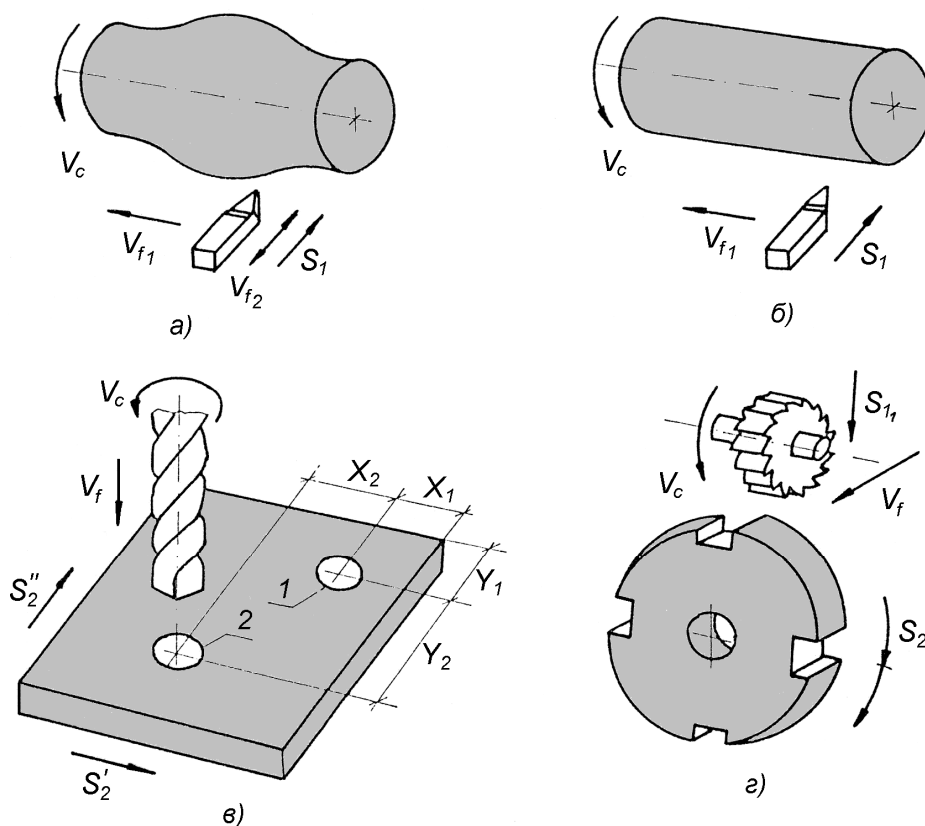
Установъчните движения (премествания) S не се изпълняват по време на процеса рязане – те го предхождат и следват, като определят взаимното разположение на инструмента и заготовката и с това влияят на работната точност. По своето предназначение те се разделят на две групи:

- движения, определящи размерите на обработваните повърхнини S_1 ;
- движения, определящи взаимното разположение на повърхнините S_2 .

И двата вида движения S_1 и S_2 се явяват движения на позициониране на инструмента спрямо заготовката. Когато се обработват циклично повтарящи се еднакви повърхнини (фиг. 1.15 г), движението S_2 се означава още като „движение на делене“.

Установъчните движения формират някои от спомагателните времена и с това влияят върху производителността на металоурежещите машини.

Трябва да се отбележи, че твърде често установъчните движения се получават от кинематичните вериги, предназначени за работните движения.



Фиг. 1.15 Движения при металоурежещите машини

• ДВИЖЕНИЯ ЗА ОБСЛУЖВАНЕ

Към *движенията за обслужване Д*, се отнасят всички останали движения, които не са свързани с формообразуването. Те могат да се обобщят в следните групи:

- спомагателни движения, чрез които механизирано или ръчно се установяват заготовките, отстраняват се стружките и др.;
- движения за управление на машината и процеса (регулиране на скоростите и подаванията и др.).

От начина, по който се изпълняват тези движения, се определя необходимостта от пряка намеса на оператора в работата на машината, т.е. определя се степента на нейната автоматизация. Ето защо тези движения влияят основно върху производителността на машините и по-малко влияят върху нейната работна точност.

1.9. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ПРЕВОДИТЕ НА МЕТАЛОРЕЖЕЩИТЕ МАШИНИ

Преводите в металоурежещите машини са обособени части от тяхната кинематика, предназначени да осъществят различните видове движения.

Работните органи на металоурежещите машини получават своите движения от източник на движение (енергия) – двигател, директно или чрез предавателен механизъм. Последният има за задача да редуцира движението на двигателя, да го подреди и/или преобразува по определен начин, ако е необходимо, и да го пренесе до работния орган. В този смисъл, превод е съвкупност от двигател, предавателен механизъм и механизми за управление, реализиращи определен вид движение.

Преводите в металоурежещите машини са много разнообразни, поради което се класифицират по отделни признаци (фиг. 1.16):

- според начина на задвижване: електрически (с електродвигател) и хидравлични (с хидродвигател);
- според вида на движенията: главни преводи (за главното движение), подавателни преводи (за подавателните движения) и спомагателни преводи (за движенията за обслужване);
- според траекторията на движение: за въртливо и за постъпателно движение;
- според регулирането на скоростта: нерегулируеми и регулируеми (със степенно и с безстепенно регулиране);
- според структурата: с елементарна, с проста и със сложна (множителна или сумирана) структура.

Основните изисквания към преводите са:

- да осигурят необходимите сили и въртящи моменти за осъществяване на технологическите процеси за механично обработване;
- да позволяват настройване на параметрите на движението за реализиране на изискванията към обработването.

Освен това, в зависимост от предназначението на машината, към преводите се предявяват и специфични изисквания: осигуряване на постоянна мощност; точност на преместването; точност на позициониране; бързодействие; надеждност; компактност; стойност и др.

• ГЛАВНИ ПРЕВОДИ ЗА ВЪРТЕЛИВО ДВИЖЕНИЕ

Главните преводи за въртливо движение осигуряват периферната скорост на заготовката или инструмента, т.е. скоростта на главното движение, която се приема за скорост на рязане.

Кинематични схеми на главни преводи за въртливо движение са показани на фиг. 1.17 [6,8]. Кинематичната схема е условно изобразяване на кинематичните вериги в равнината на чертежа. Тя представлява разгънат и опростен вид на разположение на основните елементи, служещи за пренасяне и регулиране на движението на работния орган. При изчертаване на кинематичната схема се използват означения на конструктивните елементи (предавки и механизми), стандартизирани по БДС 2730.81 и ISO 3952/1...4:8.

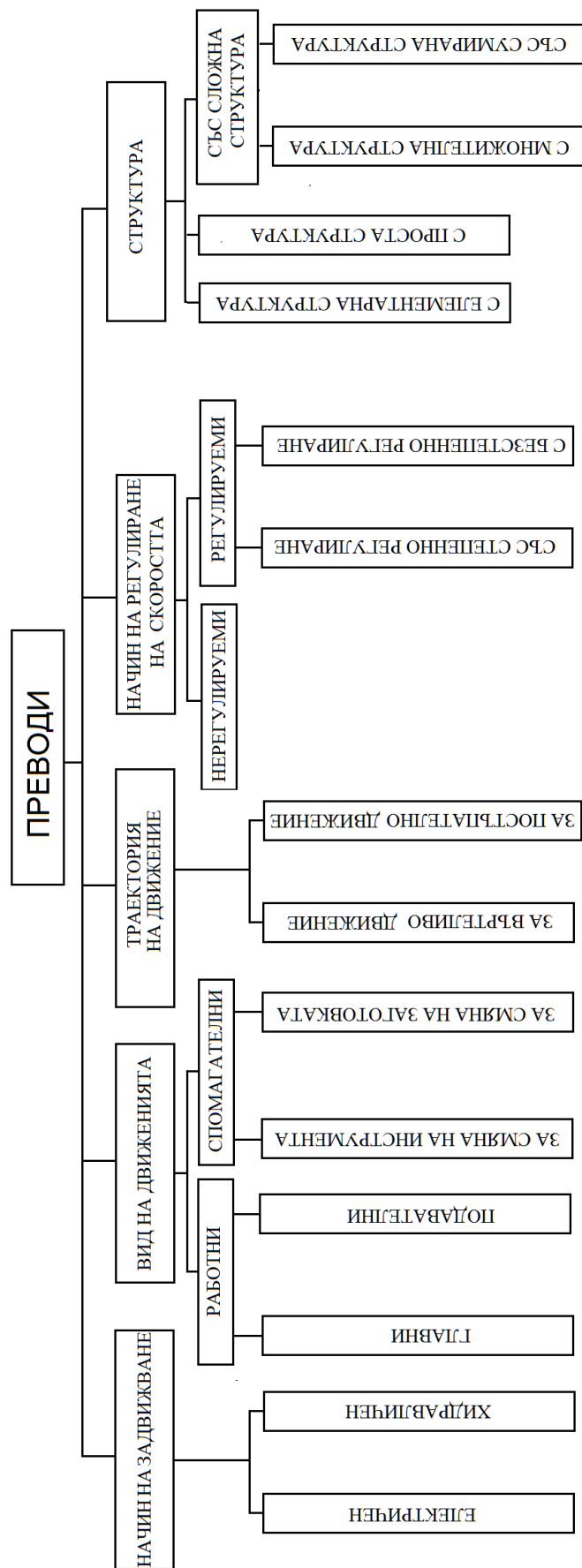
Главните преводи за въртливо движение се изграждат с *елементарна, проста и сложна структура*.

Елементарните преводи са нерегулируеми и се състоят от електродвигател, директно свързан с вретено, или електродвигател, свързан с вретено чрез една или няколко последователно разположени ремъчни или зъбни предавки.

Вариант 1 (фиг. 1.17 а) е най-елементарният вариант, известен още като „двигател-вретено“. Електродвигателят M е еднокоростен, поради което вретено 1 има само една скорост (честота на въртене), т.е. преводът е нерегулируем. Този вариант намира приложение при шлифовачните и при някои пробивни машини.

При вариант 2 (фиг. 1. 17 б) връзката между електродвигателя M и вретено 1 е чрез ремъчната предавка $D_1 - D_2$ с постоянно предавателно отношение. Този превод също е нерегулируем. Той гарантира спокойна работа на вретено при високи скорости, но предава малки мощности, поради което се използва в шлифовъчните машини.

При вариант 3 (фиг. 1.17 в) движението от електродвигателя M до вретено Π се предава чрез две зъбни предавки $Z_1 - Z_2$ и $Z_3 - Z_4$ с постоянно предавателно отношение. Този вариант също е нерегулируем, но позволява пренасянето на по-големи мощности (поради зъбните предавки) в сравнение с вариант 2 (реализиран чрез ремъчни предавки).



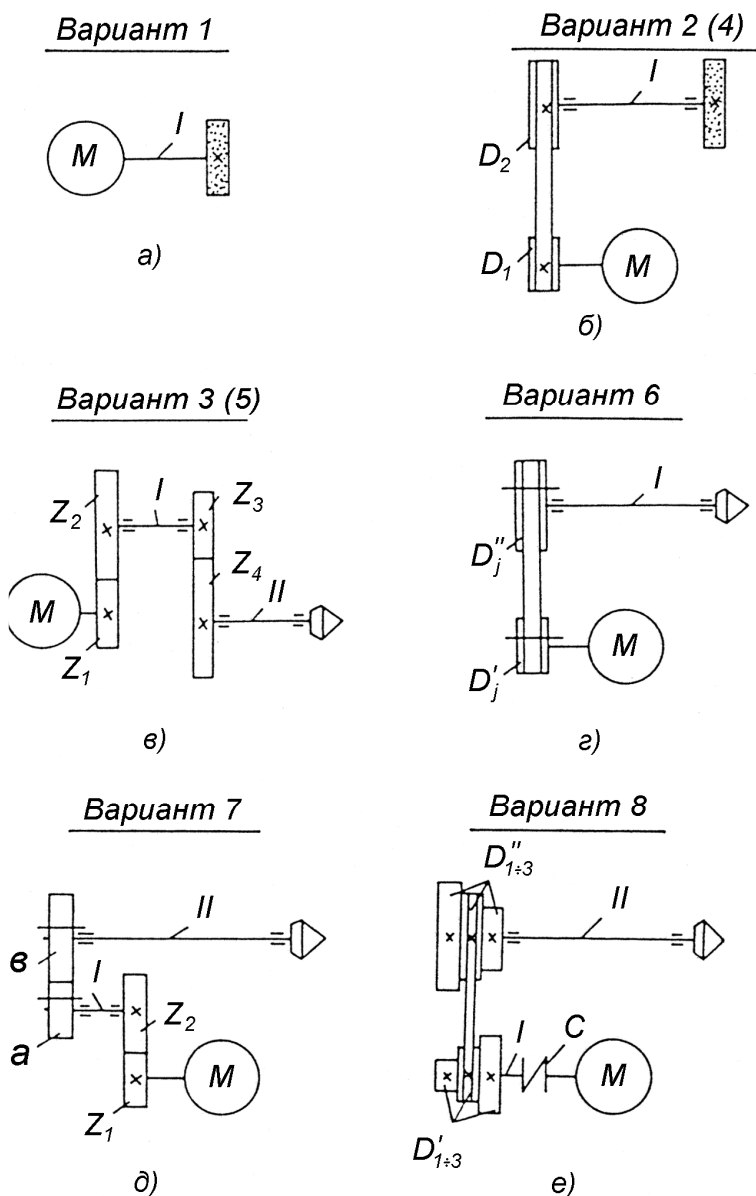
Фиг. 1.16 Видове преводи в металорежещите машини

Простите преводи са със степенно и безстепенно регулиране. В тях се използват сменяеми ремъчни шайби или зъбни предавки, степенни ремъчни предавки, вариатори или многоскоростни електромотори.

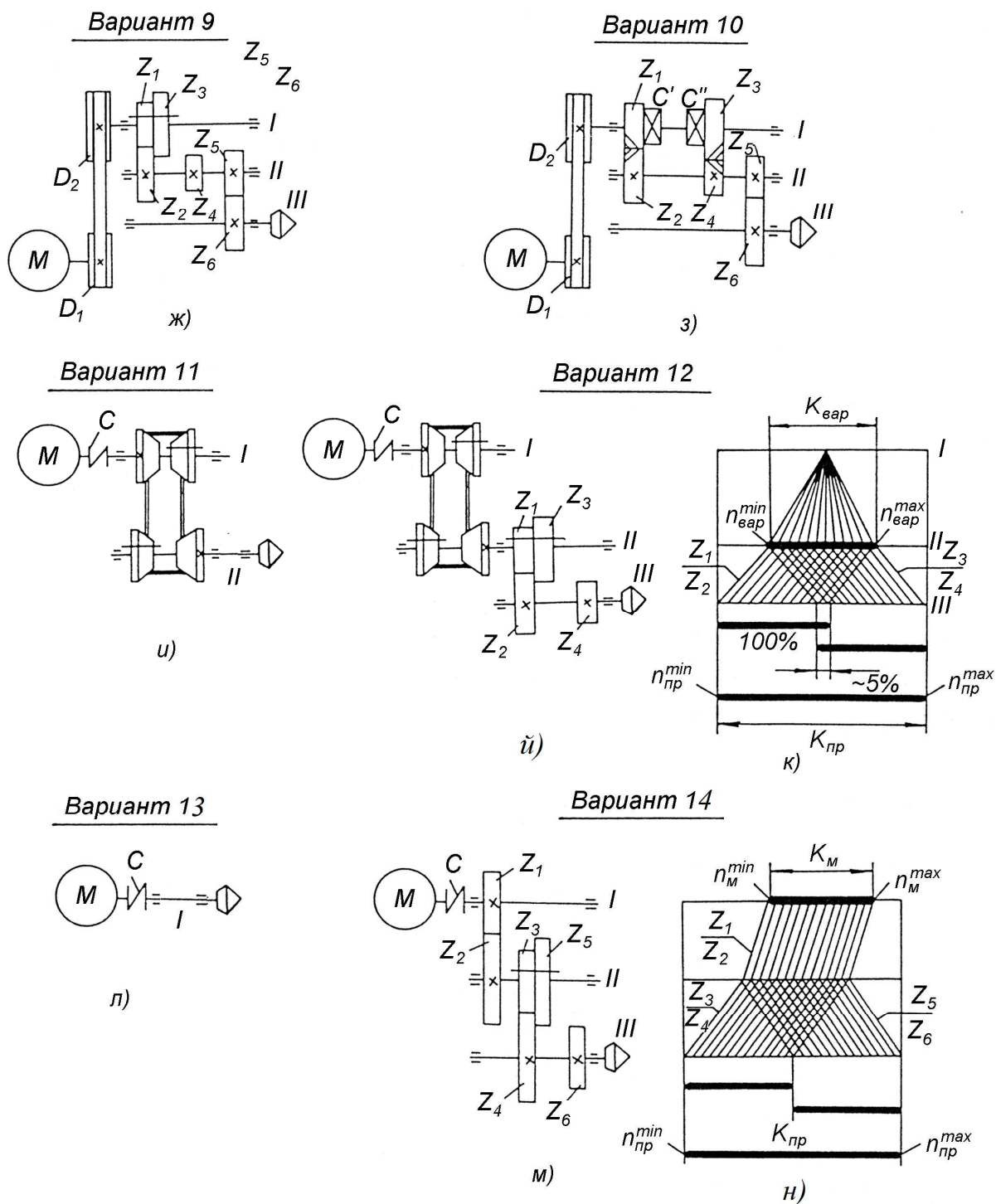
Ако при варианти 2 и 3 се използват многоскоростни електродвигатели, се получават регулируеми преводи (варианти 4 и 5).

Следващите три варианта – 6, 7 и 8 са регулируеми, като се използват еднокоростни електродвигатели, но различните честоти на въртене се получават чрез:

- смяна на едната или двете ремъчни шайби (фиг. 1.17 г);
- смяна на зъбната двойка $a - b$, която се нарича „единична лира“ (фиг.1.16д);
- степенни ремъчни шайби (фиг. 1.17е), като ремъкът се прехвърля от една двойка на друга.



Фиг. 1.17 Варианти на главни преводи с въртеливо движение



Фиг. 1.17 Варианти на главни преводи с въртливо движение (продължение)

Варианти 9 и 10 (фиг. 1.17 ж,з) се характеризират с това, че между двата вала I и II са монтирани по две предавки с различно предавателно отношение, които оформят т.нар. „преводни групи“. Чрез превключване на тези предавки изходящият за групата вал II получава съответно две различни скорости. Разликата между тези варианти е в начина на превключване:

- при вариант 9 зъбните колела Z_1 и Z_3 са оформени като „двоен зъбен блок“, който е монтиран на шлицы върху вал I и при осовото му преместване се зацепват алтернативно двойките зъбни колела;

- при вариант 10 зъбните двойки $Z_1 - Z_2$ и $Z_3 - Z_4$ са постоянно зацепени (Z_1 и Z_3 са лагерувани свободно върху вал I), а движението се пренася през онази, чийто съединител (C' или C'') е включен в момента.

Вариант 10 има следните предимства пред вариант 9:

- зъбните колела от групата могат да се изработят с наклонени зъби за по-плавно пренасяне на движението;

- при използване на електромагнитни или триещи съединители, управлявани от електромагнит или хидроцилиндр, те могат да се превключват дистанционно (ръчно или по програма).

Недостатък на вариант 10 обаче е, че зъбните двойки са непрекъснато зацепени (без значение дали пренасят движение), което води до триене, износване и загряване.

Варианти 11 и 13 (фиг. 1.17 и,л) са на прости преводи с безстепенно регулиране.

При вариант 11 (фиг. 1.17 и) се постига със специален механизъм – „вариатор“, позволяващ, позволяващ плавно регулиране на честотите на въртене на вретеното в обхвата $n_{вар}^{min}$ до $n_{вар}^{max}$.

При вариант 13 (фиг. 1.17 л) безстепенното регулиране на честотите на въртене на вретеното се получава с помощта на постояннотоков или асинхронен честотно регулируем електродвигател.

Сложните преводи също са със степенно или безстепенно регулиране, като структурата им осигурява голям брой на честотите на въртене и голям обхват на регулирането им. В тях се свързват няколко двустепенни, тристепенни или четиристепенни зъбни предавки, вариатори или многоскоростни електродвигатели.

На базата на варианти 9 и 10 чрез следващо включване на няколко зъбни групи се постига значителен брой на честотите на въртене на вретеното. На този принцип са изградени всички сложни степенни преводи на металорежещите машини. Тези преводи намират широко приложение в универсалните машини.

На основата на варианти 11 (фиг. 1,17 и) и 13 (фиг. 1,17 л) се изграждат всички сложни преводи с безстепенно регулиране.

Например чрез добавяне на една двойна зъбна група след вариатора на вариант 11 (фиг. 1,17 и) се получава сложен превод – вариант 12 (фиг. 1,17 й) с разширяване на честотите на въртене на вретеното III. При това подбирането на предавателните отношения Z_1/Z_2 и Z_3/Z_4 трябва да гарантира известно припокриване на двата подобхвата (с около 5%) (фиг. 1.17 к).

Аналогично чрез добавяне на двойна зъбна група към вариант 13 (фиг. 1.17 л) се получава вариант 14 (фиг.1.17 м) с разширяване на

честотите на въртене на електродвигателя (постояннотоков или асинхронен честотнорегулируем) на вретеното III, онагледено на фиг. 1.17 н.

При необходимост от по-голям обхват на регулиране на честотите на въртене към варианти 11 и 13 се добавят една тройна или две последователни двойни групи.

• *ГЛАВНИ ПРЕВОДИ ЗА ПРАВОЛИНЕЙНО ДВИЖЕНИЕ*

Главните преводи за праволинейно движение имат същата структура, както тези за въртеливо движение, но в тях допълнително се монтират механизми за трансформиране на въртеливото движение в праволинейно. По-широко приложение са намерили следните механизми:

- зъбно-гребенни предавки – при стругови и надлъжно-стъргателни машини;

- червячно-гребенни предавки – при големите надлъжно-стъргателни машини;

- кулисни механизми – при напречно-стъргателни машини;

- коляно-мотовилкови механизми – при дълбачни, зъбодълбачни и зъбостъргателни машини;

- винтови предавки – при зъбостъргателни машини и т.н.

Главни преводи за праволинейно движение с безстепенно регулиране се изграждат основно на хидравличен принцип, както е при протяжните и някои напречно-стъргателни машини.

• *ПОДАВАТЕЛНИ ПРЕВОДИ*

Подавателните движения в по-голяма степен от главните влияят върху точността, производителността и качеството на обработените детайли, поради което подавателните преводи се различават в известна степен от главните. По-съществените разлики са [6]:

1. Подавателните преводи позволяват регулиране на подавателните скорости в по-широки граници (напр. в универсалните стругове броят на честотите на въртене на вретеното е до 24, а на подаванията - до 72 и повече), като нерегулируеми преводи се използват в редки случаи (напр. при агрегатните машини).

2. Тъй като броят на подаванията най-често е по-голям от едно, трябва да има и съответен брой подавателни преводи. На този принцип са изградени различни видове машини (стругове с ЦПУ, каруселни стругове, надлъжно-фрезови машини, надлъжно-стъргателни машини и др.), които имат няколко обособени подавателни превода.

При някои металорежещи машини (универсални стругове и фрези, пробивно-разстъргващи машини и др.) различните подавания се получават от един общ превод, в който след звеното за регулиране на скоростта е монтиран разпределителен механизъм, насочващ движението

към отделните изпълнителни звена за реализиране на съответното подаване.

При зъбо- и резбообработващите машини, към подавателните движения на които се поставят изисквания за висока кинематична точност, подавателните преводи са изградени като отделни кинематични вериги, наречени „вериги за точна кинематична връзка“. Някои от тези вериги са независими. Други могат да имат общо начало, след което се разклоняват. В трети случаи веригите са паралелни и се събират чрез сумиращи механизми (диференциален, планетен и др.).

При съвременните машини с ЦПУ подавателните преводи се изграждат от отделни кинематични вериги, всяка със собствено задвижване. В случаите, когато е необходимо съгласуване на различните движения, точната кинематична връзка се осъществява най-често по електрически път.

3. Подавателните преводи за праволинейно движение се изграждат на основата на тези за въртливо движение чрез допълнително монтиране на съответните механизми, прилагани в главните преводи: зъбно-гребенни и червячно-гребенни предавки, кулисен и коляно-мотовилков механизъм, различни гърбично-лостови и други механизми. Особено широко разпространение е получила винтовата предавка с плъзгане, а напоследък и нейният модернизирания вариант – винтова предавка с търкаляне, наречена „сачмено-винтова предавка (СВП)“.

4. Подавателни преводи с безстепенно регулиране се изграждат при използване на високомоментни или стъпкови електродвигатели, при които по електрически път се променя честотата на въртене на ротора.

5. Подавателни преводи за праволинейно движение с безстепенно регулиране се изграждат също и на хидравличен принцип, а при машините с ЦПУ и чрез използването на линейни електродвигатели.

6. Подавателните преводи пренасят по-малки мощности при по-ниски скорости на въртене, поради което размерите на техните елементи (корпуси, валове, зъбни колела и др.) са значително по-малки от тези на главните преводи.

7. В подавателните преводи на металорежещите машини са намерили приложение някои типични механизми, които почти не се срещат в други машини, като двойни лири, механизми с придвижна шпонка, меандрови механизми, основни (нортонови) механизми и др. В новите концепции за изграждане на преводите тези механизми не се предвиждат и тяхното използване в бъдеще ще бъде ограничено.

глава 2

СТРУКТУРНО ИЗГРАЖДАНЕ НА ПРЕВОДИТЕ

2.1. ГЛАВНИ ПРЕВОДИ СЪС СТЕПЕННО РЕГУЛИРАНЕ НА ЧЕСТОТИТЕ НА ВЪРТЕНЕ

Главните преводи със степенно регулиране са изградени от преводни групи, като всяка преводна група представлява съвкупност от предавките, монтирани между два вала. Тези предавки имат различни предавателни отношения, поради което всяка честота на въртене на входящия за групата вал се умножава в няколко (според броя на предавките в групата) честоти на въртене на изходящия вал. В зависимост от подреждането на групите в един превод неговата структура бива *множителна* (при последователно подреждане на групите) или *сумирана* (при паралелно – последователно подреждане).

Главните преводи с множителни структури се получават при последователно свързване на няколко преводни групи и биват: с нормална множителна структура, с множителна структура с припокриване и с множителна структура с пропускане на честоти на въртене.

• ПОДРЕЖДАНЕ НА ЧЕСТОТИТЕ НА ВЪРТЕНЕ НА ВРЕТЕНОТО

Главните преводи със степенно регулиране имат за задача от една скорост на електродвигателя да създадат поредица от честоти на въртене на вретеното. За различните видове металорежещи машини броят на честотите на въртене на вретеното е различен, като нормално варира от 4 до 8 (при колонни пробивни, напречно-стъргателни и др. машини) до 22 – 24 (при стругови, пробивно-разстъргващи и др. машини).

Една от основните задачи при проектиране на преводите се свежда до определяне на такива предавателни отношения на предавките в преводните групи, при които честотите на въртене на вретеното да бъдат подредени в подходяща редица, представена чрез математическа (аритметична, геометрична и т.н.) прогресия.

На фиг. 2.1 са дадени т.нар. „лъчеви диаграми“, които представят връзката между обработвания диаметър на детайла D_d , предписаната технологична скорост на рязане $V_{ст}$ и съответните честоти на въртене n [23]. Диаграмата от фиг. 2.1 а се отнася до аритметично подреждане на честотите на въртене ($n = 140, 235, 330, 425 \dots 900 \text{ min}^{-1}$), диаграмата от фиг. 2.1 б – до геометрично подреждане ($n=140, 180, 224, 280 \dots 900 \text{ min}^{-1}$).

Технологичната скорост на рязане $V_{ст}$, която се определя от режима на рязане, може да получи за всеки конкретен случай на обработване произволна стойност в определен обхват от честоти на въртене $n_{min} \div n_{max}$. Скоростта на рязане V_c , която се осъществява от степенните преводи се представя чрез лъчите, съответстващи на честотите на въртене (фиг. 2.1). Така при определен диаметър на детайла D_d могат да се реализират само определени дискретни стойности на скоростта на рязане V_c .

Ето защо, обработването на даден детайл се извършва по принцип не с технологичната скорост на рязане $V_{ст}$, а с най-близката по-малка възможна скорост V_c , което неизбежно води до загуба на производителност.

Максималната абсолютна загуба на скорост dv е представена на лъчевите диаграми чрез плътни линии (фиг. 2.1).

От гледна точка на производителността е от значение максималната относителна загуба на скорост Δv , която се изразява чрез

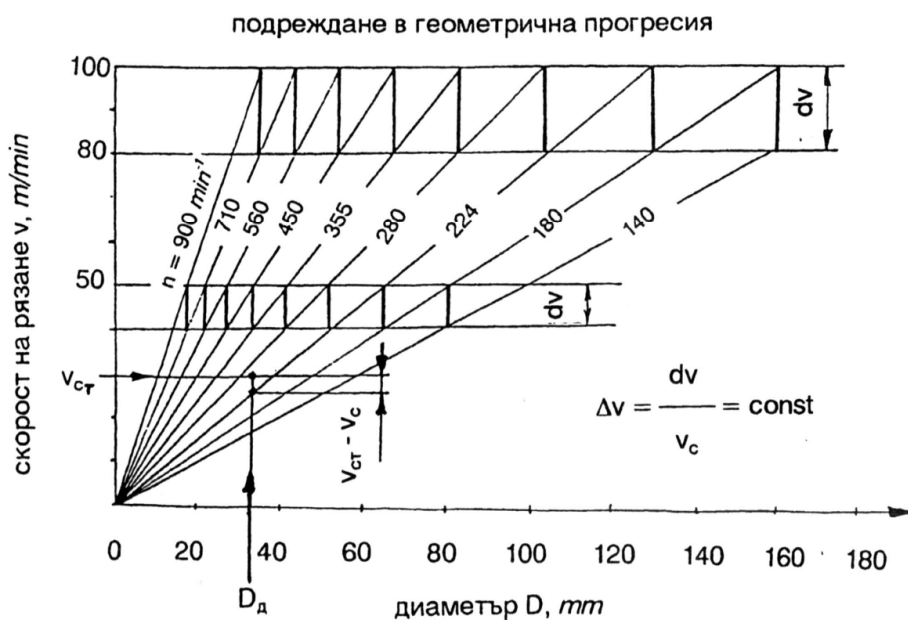
$$\Delta v = dv / V_{ст}, \%. \quad (2.1)$$

Както се вижда от фиг. 2.1, при геометрична прогресия се получава постоянна максимална относителна загуба на скорост Δv по целия обхват на регулиране на честотите на въртене. Това обстоятелство, както и редица конструктивни съображения за изграждане на преводите чрез последователно свързване на няколко групи, при което могат да се използват и многоскоростни електромотори, определят като най-подходящо за главните преводи подреждането на честотите на въртене в геометрична прогресия.

Известно е, че при геометрична прогресия всеки следващ член се получава от предишния чрез умножение с частното на прогресията. В металоурежещите машини е прието частното на прогресията да се нарича „показател“ и да се означава с ϕ . Така обратната редица на вretenото $n_1, n_2, \dots, n_z$ се определя по следния начин:

$$\begin{aligned} n_1 \\ n_2 &= n_1 \cdot \phi \\ n_3 &= n_2 \cdot \phi = n_1 \cdot \phi^2 \\ &\dots\dots\dots \\ &\dots\dots\dots \\ n_z &= n_{z-1} \cdot \phi = n_1 \cdot \phi^{z-1} \end{aligned}$$

Отношението $n_z / n_1 = \phi^{z-1} = K_{пр}$ се нарича *коефициент на регулиране на превода* и изразява количествено големината на обхвата на превода $n_{min} \div n_{max}$ ($n_1 \div n_z$).



Фиг. 2.1 Лъчеви диаграми при подреждане на честотите на въртене в аритметична (а) и геометрична (б) прогресия

Изхождайки от израза $V_j = \pi D n_j / 1000$ за максималната относителна загуба на скорост Δv може да се запише още, че:

$$\Delta v = \frac{\pi \cdot D \cdot n_j / 1000 - \pi \cdot D \cdot n_{j-1} / 1000}{\pi \cdot D \cdot n_j / 1000} 100, \% = \left(1 - \frac{n_{j-1}}{n_j} \right) 100, \%$$

ИЛИ

$$\Delta v = (1 - 1/\phi) \cdot 100, \%. \quad (2.2)$$

Редица съображения от конструктивен и експлоатационен характер са наложили стандартизиране на показателя ϕ , съответно на Δv , в определена редица, дадена в табл. 2.1, изградена на основата на числата 2 и 10.

Табл. 2.1 Стандартни стойности на показателя на геометрична прогресия ϕ при металорежещите машини [7]

$\phi_{\text{станд.}}$	$\phi = 1,06^q$	$\phi = \sqrt[3]{10}$	$\phi = \sqrt[3]{2}$	$\Delta v = (1-1/\phi) \cdot 100, \%$
	q	x	y	Δv
1,06	1	40	12	5
1,12	2	20	6	10
1,26	4	10	3	20
1,41	6	(6,66)	2	30
1,58	8	5	(1,5)	40
1,78	10	4	(1,2)	45
2	12	(3,33)	1	50

Числото 2 е обусловено от използването на дву-, три- и четири-скоростни електродвигатели, чиито честоти на въртене на ротора се регулират в отношение $n_{M2} : n_{M1} = n_{M3} : n_{M2} = n_{M4} : n_{M3} = 2:1$. Когато подреждането е в геометрична прогресия с частно 2, използването на тези многоскоростни електродвигатели ще позволи подреждане на честотите на въртене в непрекъснат оборотен ред.

Числото 10 е обусловено от обстоятелството, че за известна част от машинните елементи са стандартизирани някои от техните размери (например отворите на вретената на струговите машини) в геометрична редица на основата на числото 10 [4,12].

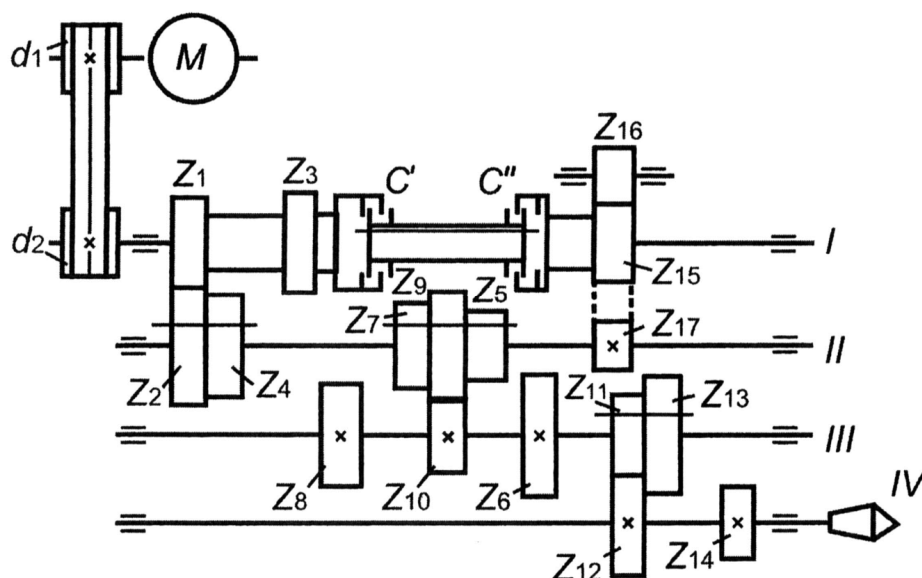
Стойностите на ϕ са корени на числата 2 и 10, като максималната относителна загуба на скорост Δv варира в границите от 5 до 50% (табл. 2.1).

• ГЛАВНИ ПРЕВОДИ С НОРМАЛНА МНОЖИТЕЛНА СТРУКТУРА

При преводите с нормална множителна структура честотите на въртене на вретеното са подредени в нормален, т.е. непрекъснат геометричен ред, без дублиране или пропускане на стойности.

Кинематична схема на степенен превод с множителна структура е показан на фиг. 2.2 [7]. Преводът е изграден от две двойни и една тройна преводна група. Задвижването става чрез електродвигателя М, който е еднокоростен. През ремъчната предавка $d_1 - d_2$ движението достига до вал I, който има само една оборотна степен. Върху вал I се намира сдвоеният съединител $C' - C''$. Когато е включен левият съединител C' , движението минава през първата преводна група и според това, какво положение е заел двойният подвижен блок $Z_2 - Z_4$, могат да се включат алтернативно двете

предавки $Z_1 - Z_2$ или $Z_3 - Z_4$. Заради различното предавателно отношение на тези предавки вал II може да се завърти с две различни честоти на въртене, т.е. вал II има две оборотни степени.



Фиг. 2.2 Кинематична схема на степенен превод с нормална множителна структура

Между вал II и вал III се намира тройна преводна група с предавки $Z_5 - Z_6$, $Z_7 - Z_8$ и $Z_9 - Z_{10}$. Те също имат различно предавателно отношение, при което от всяка оборотна степен на вал II се получават по три нови оборотни степени на вал III. Така на вал III се получават $3 \cdot 2 = 6$ оборотни степени.

Между вал III и вал IV (вретеното) е монтирана втората двойна преводна група с предавки $Z_{11} - Z_{12}$ и $Z_{13} - Z_{14}$. Те също имат различно предавателно отношение, поради което от всяка оборотна степен на вал III се получават по две на следващия вал. Така на вретеното IV има $2 \cdot 3 \cdot 2 = 12$ оборотни степени.

При включване на десния съединител C'' движението преминава от вал I през предавката $Z_{15} - Z_{17}$ с междинно зъбно колело Z_{16} на вал II. Заради междинното зъбно колело вал II и всички валове след него се въртят в посока, обратна на първия случай. Този кинематичен път служи за реверсиране на посоката на въртене на вретеното, напр. при обратен ход на супорта на струговата машина, който е неработен и обикновено се прави по-бърз от нормалния работен ход, т.е. $Z_{15}/Z_{17} > 1$.

Обхватът на регулиране, честотите на въртене на целия превод и на отделните преводни групи, предавателните отношения на отделните предавки се изразяват с показателя на геометричния ред. Затова е удобно кинематичните зависимости на превода да се представят графично в

логаритмични скали чрез *оборотни (структурни) мрежи*, които се строят по следния начин:

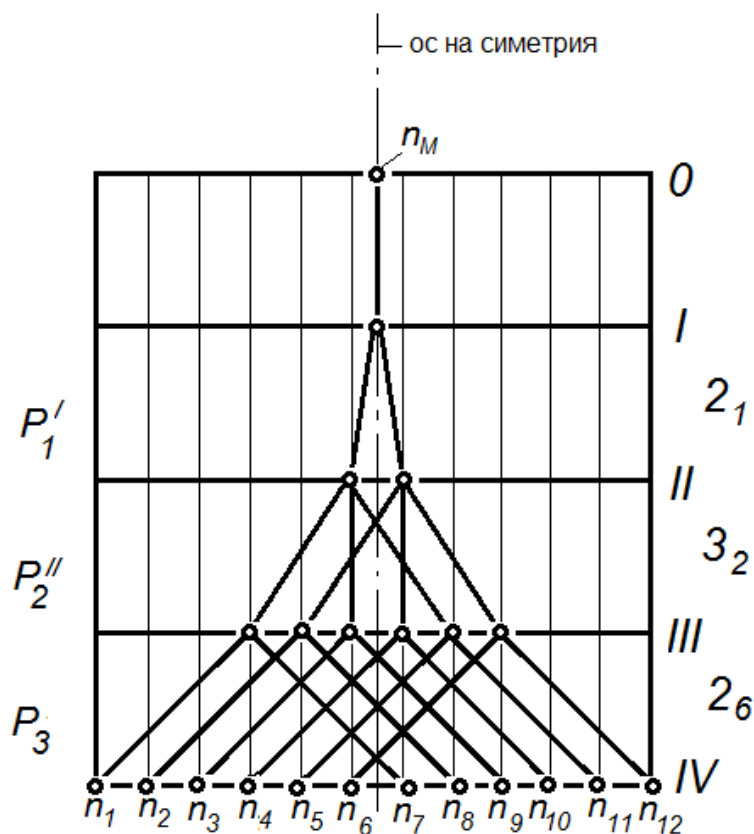
1. Построява се мрежа от хоризонтални и вертикални линии. Хоризонталните линии изобразяват валове, а вертикалните – честотите на въртене, като разстоянието между две вертикални линии е $\lg \phi$.

2. Зъбните предавки условно се изобразяват с лъчи, които съединяват условно изобразените честоти на въртене на входящия вал с тези на водимия вал. Лъчите, изхождащи от дадена честота на въртене на водещия вал, са с брой, равен на броя предавки в зъбната група, и са разположени симетрично спрямо обхвата на регулиране на честотите на въртене на групата.

3. Оборотната мрежа се чертае симетрично на обхвата на регулиране на честотите на въртене на превода.

4. Изобразените валове се номерират по посока на предаване на движението с римски цифри I, II, III, IV и т.н., честотите на въртене - от ляво на дясно, а преводните групи се означават с P_1, P_2, P_3 и т.н.

Оборотната мрежа за превода от фиг. 2.2 е показана на фиг. 2.3.



Фиг. 2.3 Оборотна мрежа на превод с нормална множителна структура

От оборотните мрежи не могат да се определят честотите на въртене на валове и предавателните отношения на предавките. Те обаче съдържат достатъчна информация за един предварителен анализ на

превода и са удобни за началния етап на проектиране, когато се съпоставят един с друг по-голям брой варианти.

При анализиране на възможностите на преводите със степенно регулиране се използват следните основни понятия:

1. Характеристика на групата X

Характеристиката X е число показващо колко ϕ -интервала се намират между две съседни честоти на въртене на дадена група.

2. Коефициент на регулиране на групата $K_{гр}$

Коефициентът на регулиране на групата $K_{гр}$ представлява частното между най-голямата и най-малката честота на въртене на групата (съответно най-голямото и най-малкото предавателно отношение).

$$K_{гр} = \frac{n_{гр}^{max}}{n_{гр}^{min}} = \frac{i_{гр}^{max}}{i_{гр}^{min}}. \quad (2.3)$$

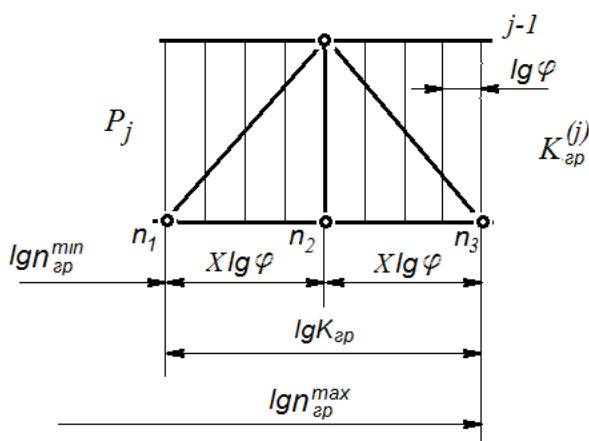
Съгласно фиг. 2.4 може да се напише

$$\lg K_{гр} = \lg n_{гр}^{max} - \lg n_{гр}^{min} = (z_{гр} - 1)X \cdot \lg \phi, \quad (2.4)$$

където $z_{гр}$ е броят на предавките в групата.

Оттук следва, че

$$K_{гр} = \frac{n_{гр}^{max}}{n_{гр}^{min}} = \phi^{X(z_{гр} - 1)}. \quad (2.5)$$



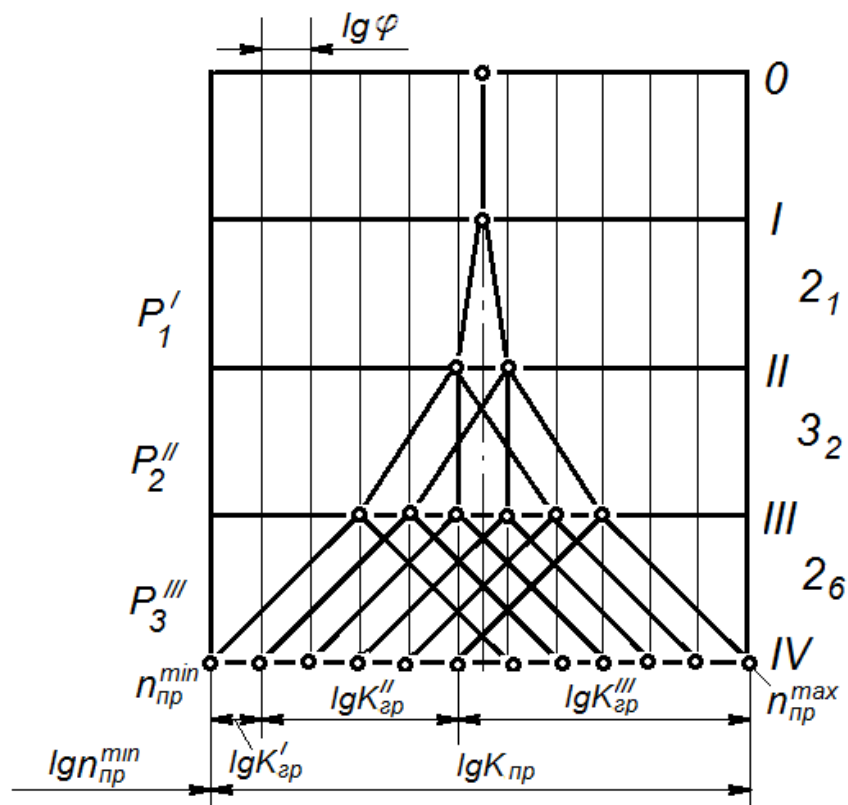
Фиг. 2.4 Определяне на коефициента на регулиране на групата

3. Коефициент на регулиране на превода K_{np}

Коефициентът на регулиране на превода представлява частното между най-голямата и най-малката честота на въртене на превода и може да се определи от израза (фиг. 2.5)

$$\lg K_{np} = \lg n_{np}^{\max} - \lg n_{np}^{\min} = (z_{np} - 1) \cdot \lg \varphi, \quad (2.6)$$

където z_{np} е броят на предавките в превода.



Фиг. 2.5 Определяне на коефициента на регулиране на превода

След антилогаритмуване на (2.6) се получава

$$K_{np} = \frac{n_{np}^{\max}}{n_{np}^{\min}} = \varphi^{(z_{np} - 1)}. \quad (2.7)$$

От фиг.2.5 следва още, че

$$\lg K_{np} = \lg K_{np}^I + \lg K_{np}^{II} + \lg K_{np}^{III}, \quad (2.8)$$

откъдето

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{пр}}^{\text{I}} \cdot K_{\text{пр}}^{\text{II}} \cdot K_{\text{пр}}^{\text{III}} . \quad (2.9)$$

4. *Подреждане на групите в даден превод*

При преводи, изградени с повече от една група, са възможни два вида подреждане – по място и по превключване.

Подреждането по място определя броя на възможните конструктивни варианти и се отнася до това какво място заема дадената група в кинематичния път от електродвигателя до вретеното: групата след електромотора е първа по място, групата след нея – втора по място и т.н.

При употреба на многоскоростни електродвигатели те също се разглеждат като група, т. нар. моторна група, която винаги е първа по място. Редът на групите по място се означава с долен индекс „1“, „2“, „3“ и т.н., т.е. P_1 , P_2 , P_3 и т.н.

Броят на възможните конструктивни варианти е

$$K_{\text{кон}} = \frac{m!}{\Pi q!} , \quad (2.10)$$

където: m - брой на преводните групи; q – брой на групите с еднакъв брой предавки.

Подреждането по превключване определя броя на възможните кинематични варианти и е независимо от подреждането по място. Редът на превключване на групите се определя, като се проследи по кои предавки преминава движението, за да се получат последователно първата (най-ниската), втората и т.н. честоти на въртене на вретеното.

За да се премине от първата към втората честота на въртене на вретеното, трябва в някоя от групите да се превключат предавки. Тази предавка е първа по реда на превключване и се нарича първа множителна. Превключването в нея става до изчерпване на възможностите ѝ, т.е. докато се превключат всичките ѝ предавки. През това време останалите групи са включени на предавките с минимални предавателни отношения.

По-нататък следва включване на предавки в някоя друга група, която е втора множителна, като при всяко превключване в нея се повтарят комбинациите от първата група и т.н. Редът на превключване се означава с горен индекс „прим“, „секонд“ и т.н., т.е. P^{I} , P^{II} , P^{III} и т.н.

Броят на възможните кинематични варианти за даден конструктивен вариант е

$$K_{\text{кин}} = m! . \quad (2.11)$$

Откъдето за общия брой варианти се получава

$$K = K_{\text{кон}} \cdot K_{\text{кин}} = \frac{(m!)^2}{\Pi q!} . \quad (2.12)$$

Ако в превода има единични постоянни предавки за редукия или за реверсиране на движението, те могат да се поставят на различни места в кинематичната верига. Единичните предавки не се вземат предвид, защото при разместването не се променя структурната формула.

В практиката се използва съкратен начин на означаване на преводите чрез т.нар. *формула на превода*. Тя представя с големи цифри броя на предавките в групите, а с малки цифри вдясно от големите – характеристиката на всяка група, напр. $z = 2_1.3_2.2_6$, $z = 2_6.2_1.3_2$ и т.н.

В разгледания пример (фиг. 2.2, фиг. 2.3, фиг. 2.5) редът по място съвпада с реда по превключване. Това обаче не е задължително.

5. Условия за получаване на нормален (непрекъснат) оборотен ред на вретеното

За да се получи непрекъснат оборотен ред на вретеното, е необходимо да бъдат изпълнени условията:

- характеристиката на първата множителна група трябва да е $X^I = 1$;
- характеристиката на втората множителна група да бъде равна на броя на предавките на първата множителна, т.е. $X^{II} = z_{\text{гр}}^I$;
- характеристиката на третата множителна група трябва да е равна на произведението от броя на предавките на първата и втората множителна групи, т.е. $X^{III} = z_{\text{гр}}^I \cdot z_{\text{гр}}^{II}$ и т.н.; за последната множителна група $X^{(m)} = z_{\text{гр}}^I \cdot z_{\text{гр}}^{II} \cdot z_{\text{гр}}^{III} \cdot \dots \cdot z_{\text{гр}}^{(m-1)}$.

6. Конструктивни ограничения

За да се ограничи прекомерното нарастване на диаметрите на зъбните колела, а чрез тях и на напречните размери и масата на преводите, и с цел да се осигури по-добро зацепване в зъбните предавки, се въвеждат ограничения в техните предавателни отношения. Тези т.нар. „конструктивни ограничения“ за главните преводи се изразяват чрез неравенствата:

$$1/4 \leq i \leq 2. \quad (2.13)$$

При отчитане на зависимости (2.3) и (2.5) се получава:

$$K_{\text{гр}} = \varphi^{x(z_{\text{гр}} - 1)} \leq 8. \quad (2.14)$$

Тъй като от условието за получаване на непрекъснат оборотен ред на вретеното характеристиката на групите нараства с реда по превключване,

тя е най-голяма за последната множителна група с индекс m и брой на предавките $z_{гр}^{(m)}$. Следователно тази група се явява критична за изпълнение на ограничителното условие (2.14), т.е.

$$K_{гр}^{(m)} = \varphi^{X^{(m)}(z_{гр}^{(m)} - 1)} \leq 8, \quad (2.15)$$

като за нея трябва да бъде проверено дали изпълнява това условие. От тук се определя и допустимата стойност на показателя φ :

$$\varphi_{доп} = \frac{X^{(m)}(z_{гр}^{(m)} - 1)}{\sqrt{8}}. \quad (2.16)$$

За да се постигне по-голяма стойност на φ , броят на предавките в последната множителна група трябва да е минимален, т.е. $z_{гр}^{(m)} = 2$, при което

$$\varphi_{доп} = X^{(m)} \sqrt{8}. \quad (2.17)$$

Пример

Да се определят възможните структурни варианти на степенен превод с брой на честотите на въртене $z = 12$, съставен от три преводни групи – две двустепенни и една тристепенна.

Съгласно (2.10) броят на конструктивните варианти е

$$K_{кон} = \frac{m!}{\prod q!} = \frac{3!}{1!.2!} = 3,$$

т.е. преводът може да се осъществи по три конструктивни варианта:

$z = 2.3.2 = 12$, показан на фиг. 2.2;

$z = 2.2.3 = 12$;

$z = 3.2.2 = 12$.

За всеки конструктивен вариант възможните кинематични варианти, съгласно (2.11), са

$$K_{кин} = m! = 3! = 6,$$

откъдето общият брой структурни варианти са

$$K = K_{кон} \cdot K_{кин} = 3 \cdot 6 = 18 \text{ и са показани в табл. 2.2.}$$

Табл. 2.2 Структурни варианти на степенен превод $z = 12$, съставен от две двустепенни и една тристепенна преводна група

Кинематични варианти $K_{\text{кин}}$	Конструктивни варианти $K_{\text{кон}}$		
	$z = 2_1.3_2.2_6$	$z = 2_1.2_2.3_4$	$z = 3_1.2_3.2_6$
	$z = 2_1.3_4.2_2$	$z = 2_1.2_6.3_2$	$z = 3_1.2_6.2_3$
	$z = 2_3.3_1.2_6$	$z = 2_2.2_1.3_4$	$z = 3_2.2_1.2_6$
	$z = 2_6.3_1.2_3$	$z = 2_6.2_1.3_2$	$z = 3_4.2_1.2_2$
	$z = 2_2.3_4.2_1$	$z = 2_3.2_6.3_1$	$z = 3_2.2_6.2_1$
	$z = 2_6.3_2.2_1$	$z = 2_6.2_3.3_1$	$z = 3_4.2_2.2_1$

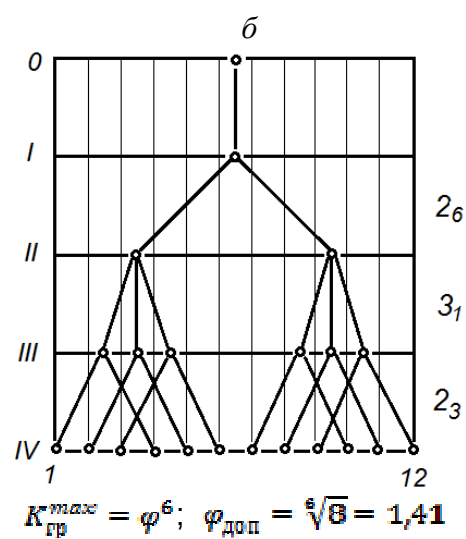
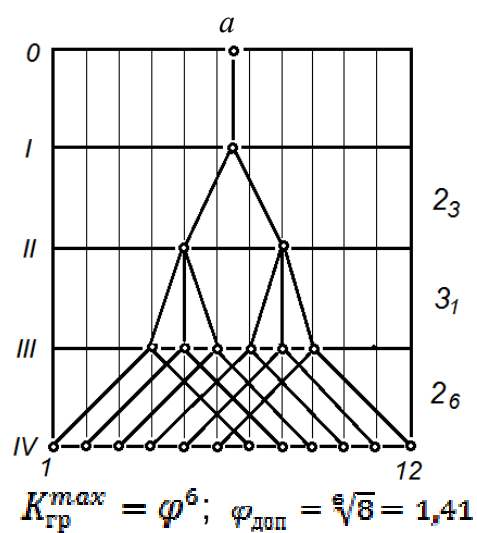
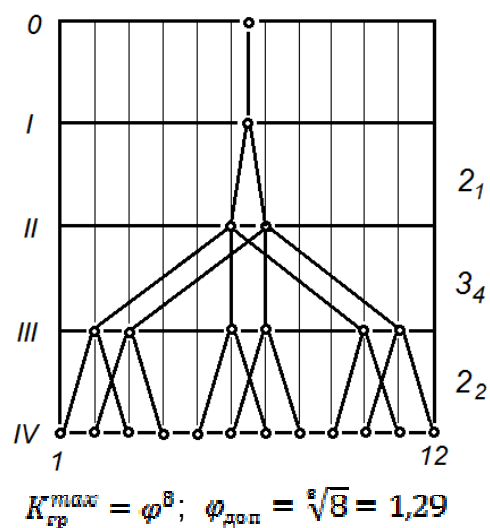
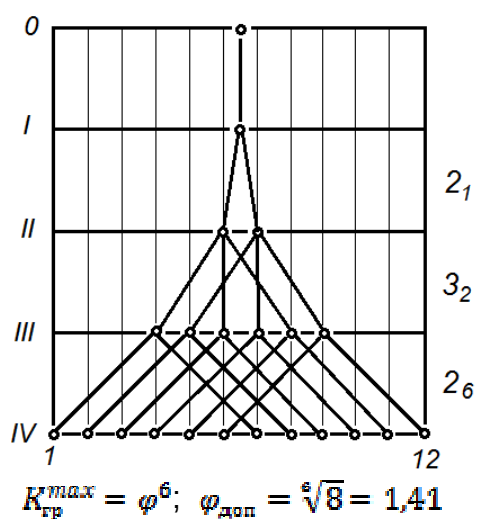
За първия конструктивен вариант $z = 2.3.2$ (фиг. 2.2) възможните кинематични варианти са показани на фиг. 2.6.

На фиг. 2.7 е даден т.нар. „план на честотите на въртене“ или „оборотен план“ на варианта $z = 2.3.2$ (фиг. 2.2). Той се построява подобно на оборотните мрежи, но вертикалните линии не само символизират дадена честота на въртене, но изразяват и конкретната ѝ числена стойност, а лъчите, символизиращи зъбните предавки, изразяват конкретни предавателни отношения.

За построяване на плана на честотите на въртене е необходимо да са известни:

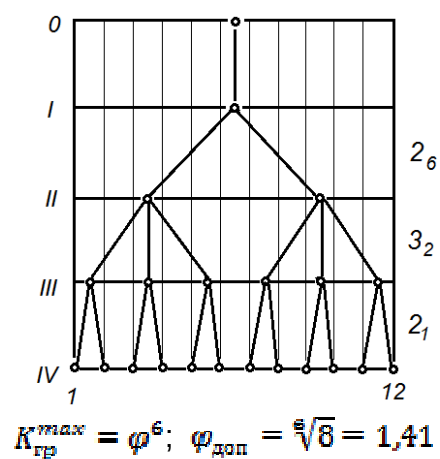
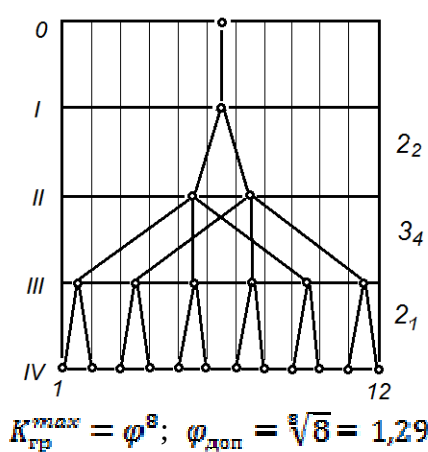
- избраният вариант развита структурна формула;
- показателят на геометричния ред на честотите на въртене ϕ ;
- стандартните стойности на честотите на въртене от $n_1 = n_{\min}$ до $n_z = n_{\max}$;
- действителната честота на въртене на избрания електромотор n_M ;
- оптималната честота на въртене на приетия тип съединител n_0 , необходима за реверсиране на движението на крайното кинематично звено;
- допустимото предавателно отношение на ремъчната предавка, осъществяваща кинематичната връзка между електромотора и първия вал на превода;
- допустимите интервали $\lg \phi$ за граничните стойности на частните предавателни отношения (условие (2.13)) при увеличаващи и намаляващи предавки (табл. 2.3) в зависимост от показателя ϕ .

Преди построяването на плана е необходимо да се провери дали е изпълнено условието $\phi \leq \phi_{\text{доп}}$ за избраната оборотна мрежа.



в

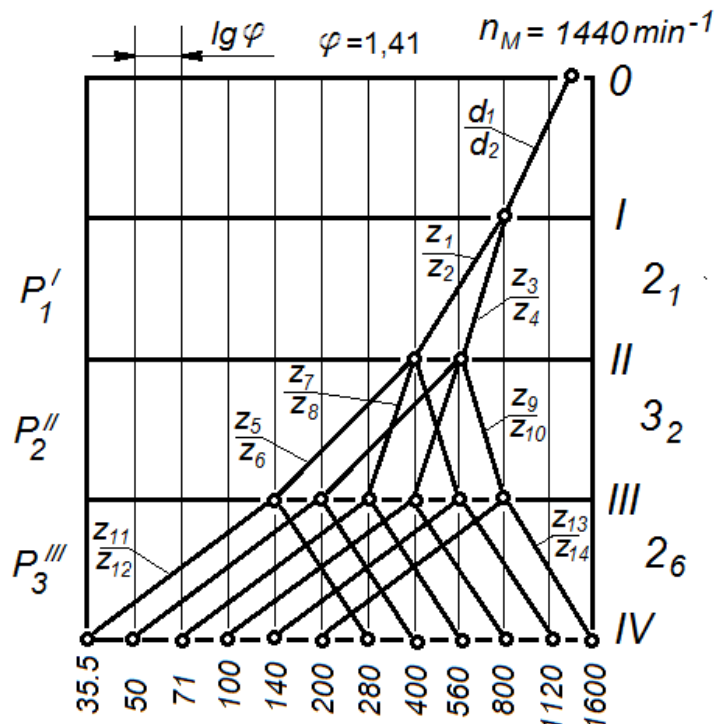
г



д

е

Фиг. 2.6 Структурни варианти на превод с нормална множителна структура $z = 2.3.2$ [7]



Фиг. 2.7 План на честотите на въртене на превод с нормална множителна структура (фиг. 2.2)

Табл. 2.3 Брой интервали $\lg \varphi$ при намаляващи и увеличаващи предавки в плановете на честотите на въртене

Вид на предавката	Брой на интервалите $\lg \varphi$ при φ						
	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2
Намаляваща	24	12	6	4	3	2	2
Увеличаваща	12	6	3	2	1,5	1	1

Построяването на плана на честотите на въртене се извършва, като при изобразяването на зъбните предавки с лъчи се започва от най-малката честота на въртене на последния вал (вретеното) $W - n_{вр}^{\min}$ и се върви към първия вал, като стремежът е общото минималното предавателно отношение $i_{\text{общ}}^{\min} = n_{вр}^{\min} / n_M$ да се изменя плавно, т.е. минималните частни предавателни отношения да намаляват постепенно

$$i_{\min}^I > i_{\min}^{II} > i_{\min}^{III} > \dots \dots \dots i_{\min}^W.$$

Спазването на това условие осигурява по-малки въртящи моменти на междинните валове, откъдето и по-малки конструктивни размери на превода.

При изобразяване на зъбните предавки върху плана на честотите на въртене трябва да се спазва условие (2.13), отразено в табл. 2.3.

Предавателните отношения на предавките могат да се определят от плана на честотите на въртене по два начина:

1. Чрез отношението на честотите на въртене, които имат изходящия и входящия вал.

Така например за предавката $Z_1 - Z_2$

$$i_{1-2} = 400/800 = 1/2.$$

2. От зависимостта

$$i = \varphi^{\pm a}, \quad (2.18)$$

където a е броят на φ -интервалите, върху които се проектира графичното изображение на предавката, като знакът „+“ се отнася за увеличаващи, а знакът „-“ - за намаляващи предавки.

Така за предавката $Z_1 - Z_2$

$$i_{1-2} = 1,41^{-2} = 1/2.$$

По този начин може да се определи и общото предавателно отношение на няколко предавки. Така предавките $Z_1 - Z_2$, $Z_5 - Z_6$, и $Z_{11} - Z_{12}$ имат общо предавателно отношение

$$i = \varphi^{-(2+3+4)} = 1,41^{-9} = 1/22,56.$$

При структурно изграждане на преводите е необходимо да се спазват следните препоръки:

1. Редът по превключване да съвпада с реда на групите по място, т.е.:

$$P_1 = P^I, P_2 = P^{II}, P_3 = P^{III} \dots \dots P_m = P^{(m)}.$$

По този начин се получава плавно нарастване на коефициента на регулиране на групите $K_{гр}$ и съответно плавно изменение на големината на предавателните отношения. Това предполага плавно нарастване на предавания въртящ момент по кинематичния път и плавно увеличение на междуосовите разстояния.

2. Групите с по-голям брой предавки (3 или 4) да се поставят в началото на кинематичния път, където въртящият момент е сравнително по-малък. По такъв начин се получават по-малки модули на зъбните колела и съответно по-малки междуосови разстояния при сравнително големи коефициенти на регулиране. Това намалява габаритите на преводите.

При използване на съединители за пускане, спиране и реверсиране, които по същите съображения се поставят в началото на преводите, първата преводна група, на чийто вал са монтирани и съединителите, се препоръчва да бъде с две предавки, за да не се увеличава излишно надлъжният размер на скоростната кутия.

3. В последната по място група, на която изходящият вал е вретеното, да има по-малък брой предавки $z_{гр} = 2$, т.е. по-малък брой ротиращи маси на вретеното.

4. В последната по превключване група да има по-малък брой предавки, т.е. $z_{гр}^{(m)} = 2$, защото това ще позволи при спазване на конструктивните ограничения да се увеличи показателят ϕ на геометричната прогресия на превода.

5. Необходимият брой честоти на въртене да се постига с възможно най-малък брой преводни групи, за да се намали броят на валове, лагерите и отворите в корпусните елементи.

6. При резбонарязващи машини, например универсални стругове, предавателните отношения на предавките в последните по място групи да бъдат кратни на 2, което създава удобства при получаване на увеличени и намалени стъпки в подавателния превод.

• ГЛАВНИ ПРЕВОДИ С МНОЖИТЕЛНА СТРУКТУРА С ПРЕПОКРИВАНЕ НА ЧЕСТОТИ НА ВЪРТЕНЕ

Преводите с нормална множителна структура притежават недостатъци, които ги правят непригодни за вграждане в машини, изискващи голям брой честоти на въртене и обхват на главния превод:

- увеличаването на преводните групи с цел увеличаване на броя на честотите на въртене и на обхвата на превода води до удължаване на кинематичния път от входящия до изходящия вал, а оттам - и до понижаване на КПД на превода (това е особено нежелателно при високи честоти на въртене, при работа с които често е необходимо използването на пълната мощност на задвижващото звено);

- при по-голям брой честоти на въртене и по-голяма стойност на ϕ често пъти не могат да бъдат спазени конструктивните ограничения.

Една възможност за преодоляване на тези недостатъци се осигурява от множителната структура с припокриване.

Припокриването на честоти на въртене се постига чрез целенасочено намаляване на характеристиката на една или повече групи, при което се дублират (припокриват) някои от оборотните степени.

В случай че се намалява характеристиката само на една група, тя трябва да е последната множителна. Ако характеристиката $X^{(m)}$ на тази група се намали с $\Delta X^{(m)}$ и броят на предавките в нея е $z_{гр}^{(m)}$, то броят на припокриваните честоти на въртене на вретеното ще бъде:

$$\Delta z_{\text{пр}} = \Delta X^{(m)}(z_{\text{гр}}^{(m)} - 1). \quad (2.19)$$

На фиг. 2.8 а е даден превод с нормална множителна структура $z = 2_1.4_2.2_8$ [7], за който се получава:

$$\begin{aligned} z_{\text{пр}}^{\text{норм}} &= 16; \\ \varphi_{\text{доп}} &= \sqrt[8]{8} = 1,297; \text{ приема се } \varphi = 1,26; \\ K_{\text{пр}} &= \varphi^{(z_{\text{пр}} - 1)} = 1,26^{(16-1)} = 32. \end{aligned}$$

Обхватът на превода е от 35,5 до 1120 min^{-1} .

На фиг. 2.8 б е даден вариант на превода с припокриване в последната множителна група с $\Delta X = 2$, т.е. $z = 2_1.4_2.2_6$. За този вариант се получава съответно:

$$\begin{aligned} z_{\text{пр}}^{\text{прип}} &= 14; \\ \varphi_{\text{доп}} &= \sqrt[6]{8} = 1,414; \text{ приема се } \varphi = 1,41; \\ K_{\text{пр}} &= \varphi^{(z_{\text{пр}} - 1)} = 1,41^{(14-1)} = 87. \end{aligned}$$

Обхватът на превода е от $35,5 \text{ min}^{-1}$ до 3150 min^{-1} .

Както се вижда, припокриването намалява броя на честотите на въртене от 16 на 14, но позволява да се увеличи φ от 1,26 на 1,41, с което се разширява почти трикратно обхватът на превода $K_{\text{пр}}$ (от 32 на 87).

Недостатък на варианта с припокриване е, че максималната вероятна загуба на скорост, съответно на производителност, Δv е нараснала от 20% на 30%.

Когато намаляването на характеристиката не е в последната, а в някоя предишна група, ефектът на припокриването се мултиплицира, но в обратния ред се появяват празни места (разкъсване). За да се избегне това, се налага съответно намаляване на характеристиките и на следващите в реда на превключване групи. Така например, ако е намалена характеристиката на групата с номер „j“ в реда по превключване и тя има брой на предавките $z_{\text{гр}}^{(j)}$, характеристиката на следващата група с номер „j+1“ трябва да се намали с $\Delta X^{(j+1)}$ по уравнението

$$\Delta X^{(j+1)} = \Delta X^{(j)}(z_{\text{гр}}^{(j)} - 1). \quad (2.20 \text{ а})$$

Характеристиката на следващата група с номер „j+2“ трябва да се намали с $\Delta X^{(j+2)}$ съответно по уравнението

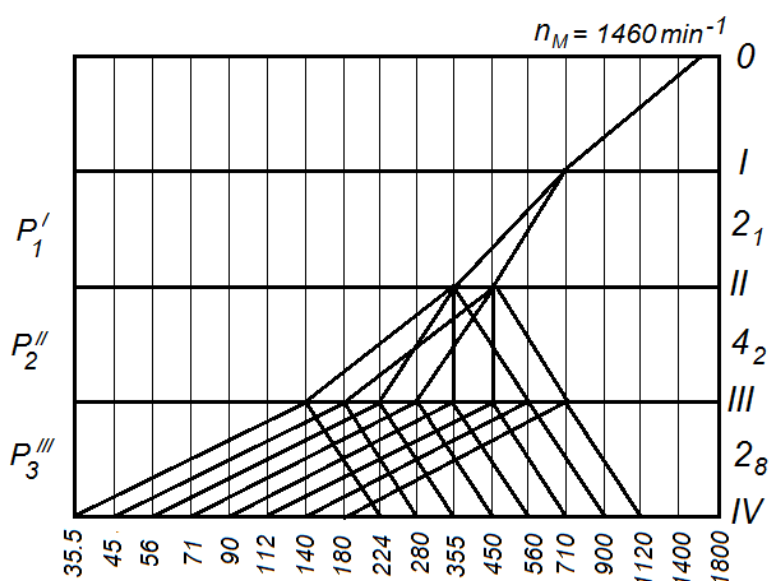
$$\Delta X^{(j+2)} = \Delta X^{(j)}(z_{\text{гр}}^{(j)} - 1) + \Delta X^{(j+1)}(z_{\text{гр}}^{(j+1)} - 1) \quad (2.20 \text{ б})$$

и т.н. до последната множителна група, чиято характеристика трябва да се намали с $\Delta X^{(m)}$ по уравнението

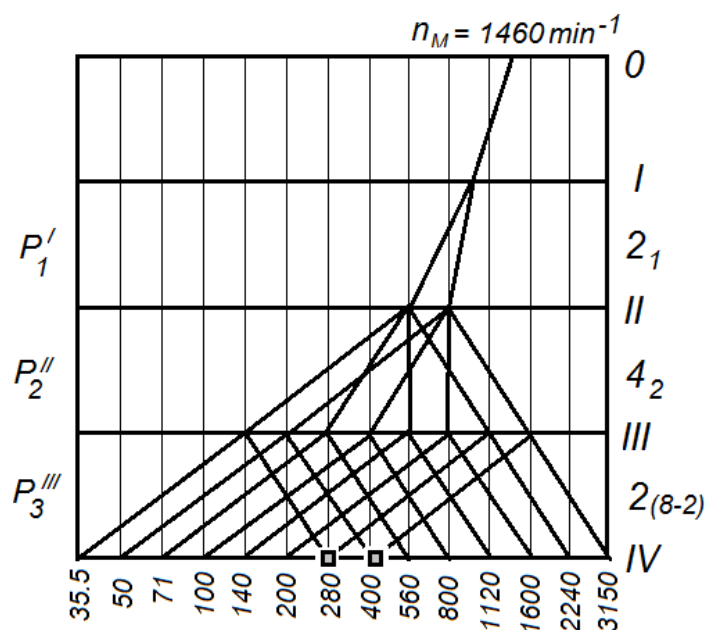
$$\Delta X^{(m)} = \Delta X^{(j)}(z_{\text{гр}}^{(j)} - 1) + \Delta X^{(j+1)}(z_{\text{гр}}^{(j+1)} - 1) + \dots \Delta X^{(m-1)}(z_{\text{гр}}^{(m-1)} - 1). \quad (2.20 \text{ в})$$

Така броят на честотите на въртене на вретено ще се намали спрямо този при нормалната множителна структура с $\Delta z_{\text{пр}}$, определен по уравнението

$$\Delta z_{\text{пр}} = \Delta X^{(j)}(z_{\text{гр}}^{(j)} - 1) + \Delta X^{(j+1)}(z_{\text{гр}}^{(j+1)} - 1) + \dots \Delta X^{(m)}(z_{\text{гр}}^{(m)} - 1). \quad (2.20 \text{ г})$$



а



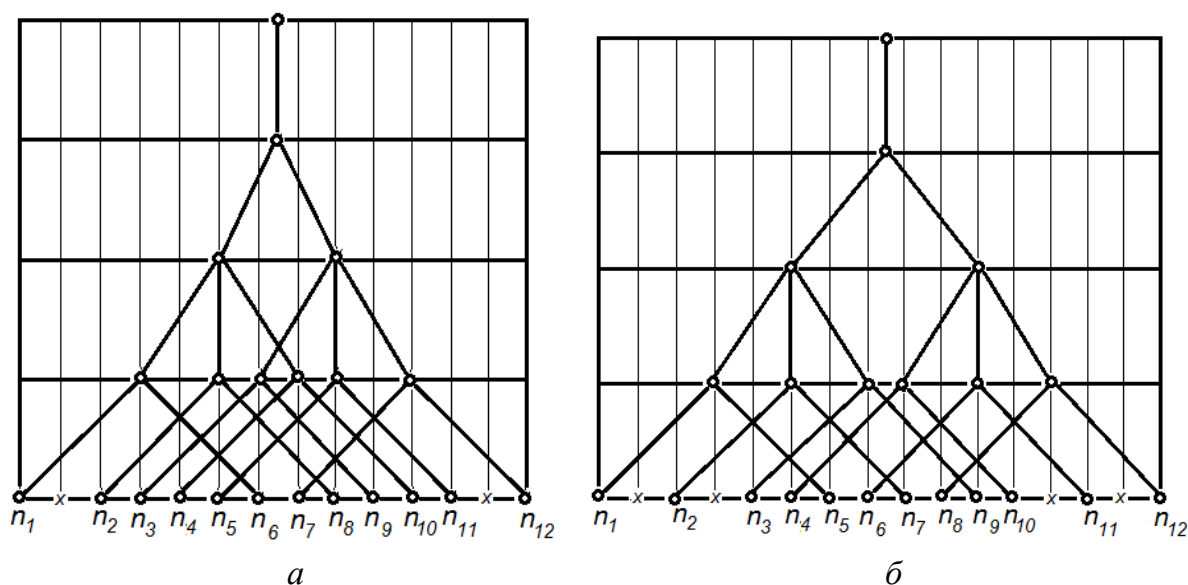
б

Фиг. 2.8 Припокриване на честоти на въртене в превод с множителна структура

• ГЛАВНИ ПРЕВОДИ С МНОЖИТЕЛНА СТРУКТУРА С ПРОПУСКАНЕ НА ЧЕСТОТИ НА ВЪРТЕНЕ

Изменението на характеристиките може да се използва и за разширяване на обхвата на превода чрез разреждане, ако вместо намаляване, се направи увеличаване на нормалните им стойности. В този случай увеличението обикновено се прави в първата множителна група, като в следващите групи корекции не се извършват.

На фиг. 2.9 са дадени оборотните мрежи за два случая на превод с 12 честоти на въртене и различно разреждане. В първия случай (фиг. 2.9 а) характеристиката на първата множителна група е увеличена с $\Delta X^I = 2$, т.е. 2₃, а във втория (фиг. 2.9 б) с $\Delta X^I = 4$, т.е. 2₅.

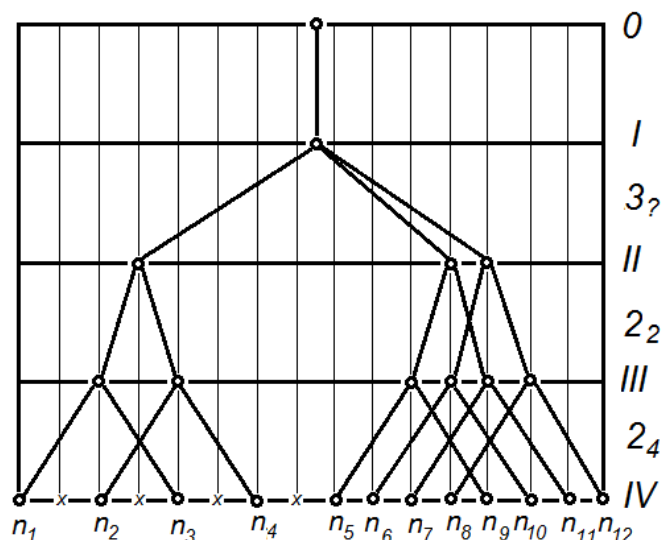


Фиг. 2.9 Симетрично пропускане на честоти на въртене

За да се получи разреждане без припокриване на честоти на въртене, трябва да бъде спазено условието [17]

$$\frac{X^I + \Delta X^I}{X^{II}} \neq \text{цяло число.}$$

Пропускане на честоти на въртене по принцип се извършва там, където се очаква най-малка експлоатационна необходимост от близко разположени стойности. Обикновено това са двата края на реда от честоти на въртене (симетрично), както е показано на фиг. 2.9, но може да бъде и несиметрично, само в началото (фиг. 2.10) или само в края на реда от честоти на въртене (ефективно е при преводи които, в основната си част от времето работят с едната половина от обхвата).

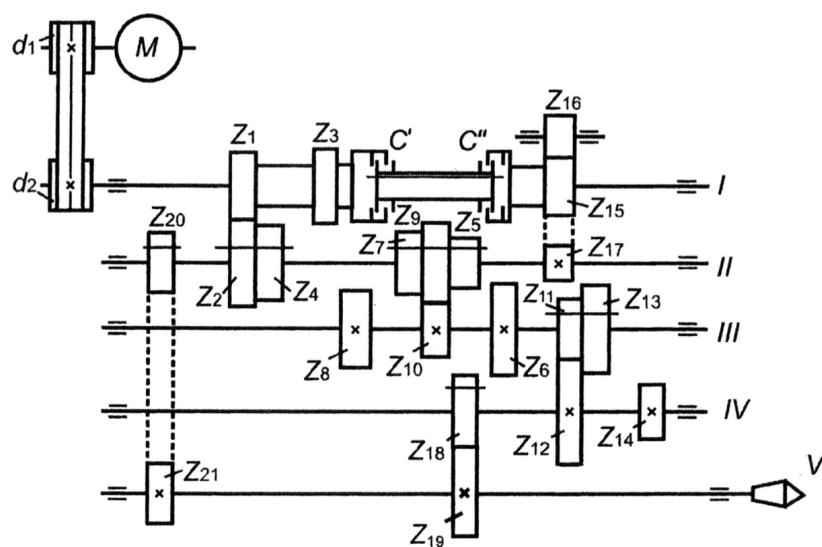


Фиг. 2.10 Несиметрично пропускане на честоти на въртене

• ГЛАВНИ ПРЕВОДИ СЪС СУМИРАНА СТРУКТУРА

Разширяване на кинематичните възможности на преводите може да се постигне и при използване на *сумирана структура*, която се получава на базата на множителната, като някои несъседни в кинематичната верига валове се свържат с постоянни предавки или по-рядко чрез допълнителни множителни групи.

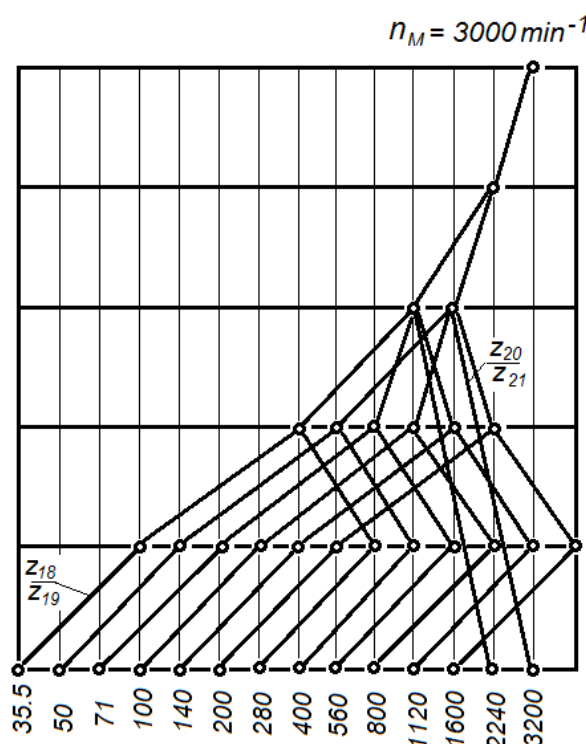
На фиг. 2.11 е дадена кинематична схема на превод със сумирана структура [7]. Той е изграден на базата на варианта с нормална множителна структура от фиг. 2.2 като са добавени допълнително един вал и две зъбни двойки $Z_{18} - Z_{19}$ и $Z_{20} - Z_{21}$. Сумираната структура се получава чрез зъбната предавка $Z_{20} - Z_{21}$ която свързва двата несъседни вала – вал II и вал V.



Фиг. 2.11 Кинематична схема на превод със сумирана структура

На фиг. 2.12 е даден планът на честотите на въртене на този превод, от който се вижда, че през предавката $Z_{20} - Z_{21}$ двете честоти на въртене на вал II се транслират в две нови честоти на въртене ($n_{13} = 2240 \text{ min}^{-1}$ и $n_{14} = 3200 \text{ min}^{-1}$) на вretenото.

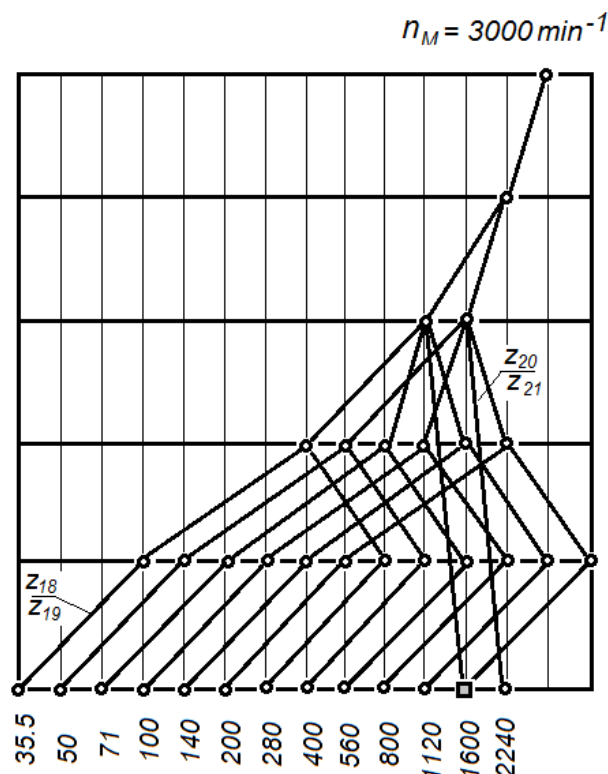
Предавателното отношение Z_{20}/Z_{21} е подбрано така, че да се получи непрекъснат ред от честоти на въртене на вretenото без припокриване или пропускане.



Фиг. 2.12 План на честотите на въртене на превод със сумирана структура

В редица случаи, за да се получи непрекъснат ред от честоти на въртене на вretenото, директните предавки, които най-често са увеличаващи, трябва да имат недопустимо големи предавателни отношения (напр. по-големи от 2/1). Тъй като това противоречи на конструктивните ограничения, то е необходимо предавателните отношения да бъдат намалени, при което се получава неизбежно припокриване на честотите на въртене.

На фиг. 2.13 е даден друг вариант на превода от фиг. 2.11, където вследствие намаляване на предавателното отношение Z_{20}/Z_{21} от $\phi^2/1$ на $\phi/1$ се получава припокриване на 12-тата честота на въртене, като броят на честотите на въртене е $z = z_1(3z_2 + i_0) = 13$.



Фиг. 2.13 План на честотите на въртене на превод със сумирана структура и припокриване

• ГЛАВНИ ПРЕВОДИ С МНОГОСКОРОСТНИ ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Многоскоростните електродвигатели осъществяват няколко (2, 3 или 4) честоти на въртене, подредени в геометричен ред с показател $\phi = 2$, т.е. $n_{M2} : n_{M1} = n_{M3} : n_{M2} = n_{M4} : n_{M3} = 2:1$. Това позволява те да се разглеждат условно като една преводна група със съответен брой предавки, която винаги е първа по място. По този начин се намалява с една броят на зъбните групи, което опростява и поевтинява конструкцията на превода.

На фиг. 2.14 е дадена обратна мрежа на превод, изграден от двускоростен електродвигател и две (тройна и двойна) зъбни преводни групи. Тъй като честотите на въртене на електродвигателя $n_{M,1}$ и $n_{M,2}$, които той предава на вал I, са подредени в геометрична прогресия с показател $\phi = 2$, то при показател на превода $\phi = 1,26$ те се изобразяват на разстояние три ϕ -интервала една от друга. Това означава, че характеристиката на групата, представена от електродвигателя, е $X_M = 3$, т.е. 2_3 .

От фиг. 2.14 се вижда, че честотите на въртене на електродвигателя $n_{M,1}$ и $n_{M,2}$ са разположени върху вал I на разстояние $\lg 2 = X_M \lg \phi$, откъдето връзката между характеристиката на групата, представена от електродвигателя и показателя на превода, е

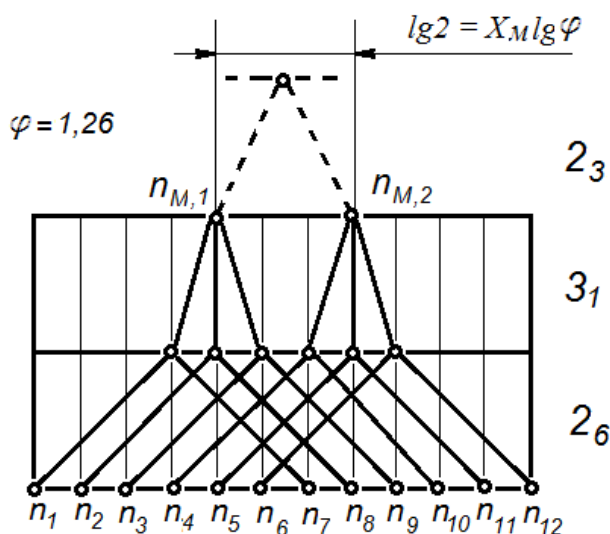
$$\phi^{X_M} = 2 \quad (2.21)$$

и за различните стойности на φ е дадена в табл. 2.4.

Тези условия правят невъзможно постигането на нормална множителна структура при някои от вариантите. Например, ако преводът е с $\varphi = 1,41$ и с трискоростен електродвигател, неговата група ще е 3_2 . Ако се добавят последователно тройна и двойна зъбна група, то тройната не може да бъде първа множителна, защото вариантът $3_2.3_1.2_x$ не съответства на нормална множителна структура. В случай че за първа множителна се избере двойната група, се получава $3_2.3_6.2_1$ (фиг. 2.15), при което обаче за тройната зъбна група 3_6 не се спазват конструктивните ограничения, защото коефициентът на регулиране ще бъде

$$K_{\text{гр}}^{\text{III}} = 1,41^{6(3-1)} = 64 \gg 8.$$

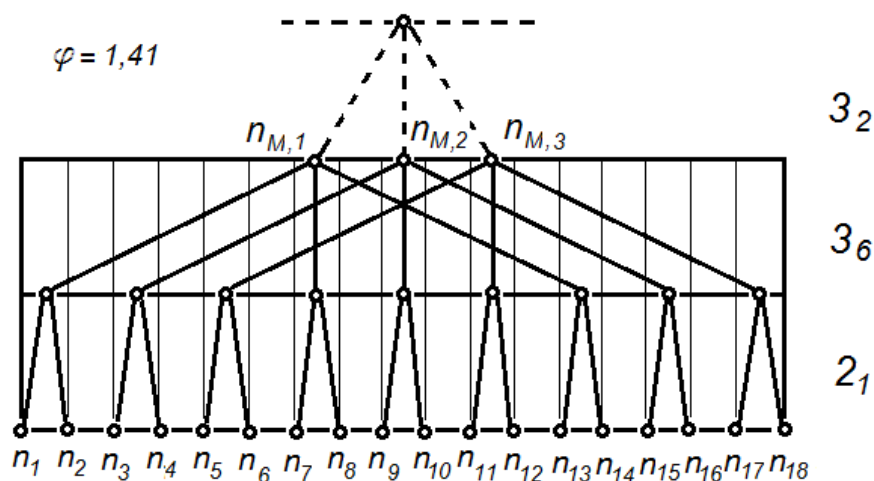
Очевидно е също, че нормална множителна структура не може да се постигне при $\varphi = 1,58$ и $\varphi = 1,78$, защото в тези случаи $X_M = 1,5$, респ. $X_M = 1,2$, които не са цели числа и съответно честотите на въртене върху вал I няма да отстоят една от друга на цял брой φ - интервала.



Фиг. 2.14 Оборотна мрежа на превод с двускоростен електродвигател във вариант $z = 2_3.3_1.2_6$

Табл. 2.4 Връзка между показателя на превода φ и характеристиката на групата, представена от електродвигателя

φ	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2
X_M	12	6	3	2	1,5	1,2	1



Фиг. 2.15 Обратна мрежа на превод с трискоростен електродвигател
във вариант $z = 3_2, 3_6, 2_1$ [7]

2.2. ГЛАВНИ ПРЕВОДИ С БЕЗСТЕПЕННО РЕГУЛИРАНЕ НА ЧЕСТОТИТЕ НА ВЪРТЕНЕ

Преводите с безстепенно регулиране осигуряват плавно изменение на скоростта на работните органи на металорежещите машини.

В практиката са намерили приложение основно два начина за изграждане на главни преводи за въртливо движение с безстепенно регулиране чрез:

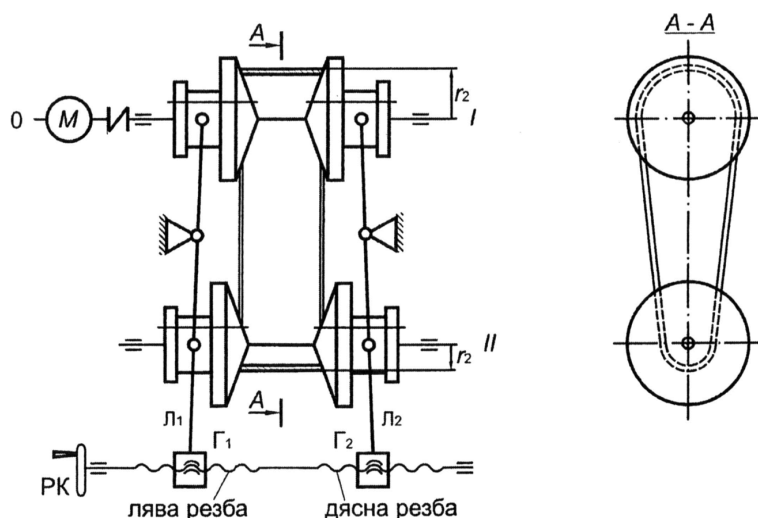
- използване на вариатори;
- използване на електродвигатели с безстепенно регулиране на честотите на въртене на ротора, като постояннотокови и асинхронни честотнорегулируеми електродвигатели.

• ГЛАВНИ ПРЕВОДИ С БЕЗСТЕПЕННО РЕГУЛИРАНЕ ЧРЕЗ ВАРИАТОРИ

Вариаторите са механизми, които позволяват плавно регулиране на предавателните отношения в определени граници. Те се използват основно в главните преводи на металорежещите машини, като дават възможност за безстепенно регулиране на скоростта на въртене на всички останали елементи на преводите и съответно на вretenата.

На фиг. 2.16 е показан вариатор с конусни раздвижни шайби. Всяка от четирите конусни шайби е свързана с шлиц към съответния вал и може да се придвижва осово, като движението между двата вала се предава чрез междинен елемент (ремък, пръстен или верига). При въртене на ръчното колело РК гайките Γ_1 и Γ_2 (с лява и дясна резба) завъртат лостовете L_1 и L_2 в различни посоки, при което едната двойка раздвижни конусни шайби се приближава, а другата двойка - се раздалечава. Това предизвиква

изместване на контакта между шайбите и междинния елемент на по-голям, съответно на по-малък радиус, чрез което се изменя и предавателното отношение.



Фиг. 2.16 Вариатор с конусни раздвижни шайби

Минималното предавателно отношение на вариатора се определя от зависимостта

$$i_{\min} = \frac{r_1^{\min}}{r_2^{\max}}, \quad (2.22)$$

а максималното предавателно отношение – от

$$i_{\max} = \frac{r_1^{\max}}{r_2^{\min}}. \quad (2.23)$$

Оттук може да се определи и коефициентът на регулиране на вариатора

$$K_{\text{вар}} = \frac{i_{\max}}{i_{\min}} = \frac{r_1^{\max}}{r_1^{\min}} \cdot \frac{r_2^{\max}}{r_2^{\min}}. \quad (2.24)$$

Тъй като най-често шайбите са еднакви, то $r_1^{\min} = r_2^{\min}$ и $r_1^{\max} = r_2^{\max}$, следователно

$$K_{\text{вар}} = \left(\frac{r^{\max}}{r^{\min}} \right)^2. \quad (2.25)$$

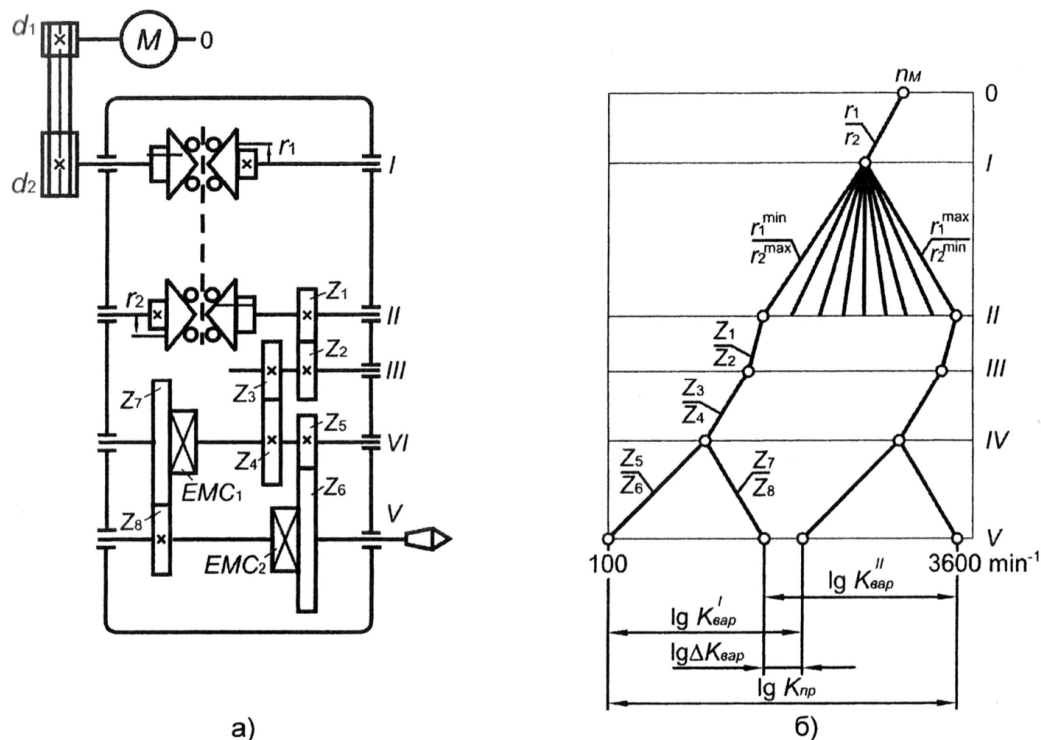
Поради неизбежното ограничение на големината на $r^{\min}$ и $r^{\max}$, коефициентът на регулиране на този вид вариатори е $K_{\text{вар}} \approx 8 \div 10$. Допустимата пренасяна мощност за различните типоразмери се движи в границите на $5,5 \div 175 \text{ kW}$.

Тъй като обхватът, съответно коефициентът на регулиране на механичните вариатори е сравнително малък, при металорежещите машини те се комбинират с една или две зъбни групи с множителна структура. Така на вретеното се получават от два до четири подобхвата.

На фиг. 2.17 са показани кинематичната схема (а) и плана на честотите на въртене (б) на превод, изграден от вариатор и една двойна зъбна група [7].

От асинхронния електродвигател М през ремъчната предавка $d_1 - d_2$ движението достига до вариатора с конусни раздвижни шайби и метална верига като междинно звено. По този начин на вал II се получава безстепенно изменение на скоростта в малък обхват, който по принцип не задоволява изискванията към главните преводи на металорежещите машини. За да се отстрани този недостатък, се добавя зъбна преводна група с предавки $Z_5 - Z_6$ и $Z_7 - Z_8$.

При така изградената схема вретеното има възможност за безстепенно регулиране в обхвата от 100 до 3000 min^{-1} , което съответства на един реален превод.



Фиг. 2.17 Кинематична схема (а) и план на честотите на въртене (б) на превод с множителна структура и вариатор

Тъй като вариаторите пренасят по принцип движението чрез триене, припокриването е задължително поради опасност от приплъзване и разкъсване на общия обхват на вретеното.

С усъвършенстването на електродвигателите с безстепенно регулиране вариаторите намират в последните години все по-ограничено приложение при главните преводи за металорежещите машини.

• ГЛАВНИ ПРЕВОДИ С БЕЗСТЕПЕННО РЕГУЛИРАНЕ ЧРЕЗ ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

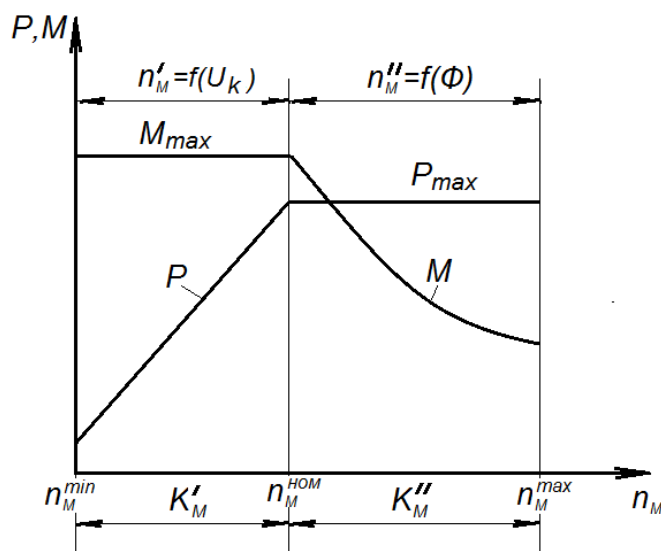
Безстепенното регулиране на главните преводи при металорежещите машини чрез електродвигатели се постига основно чрез използването на постояннотокови и асинхронни честотнорегулируеми електродвигатели.

За главни преводи с безстепенно регулиране с използване на *постояннотокови електродвигатели*, честотата на въртене n_m , котвеното напрежение U_k и магнитния поток Φ са свързани със зависимостта

$$n_m = C_1 \cdot \frac{U_k}{\Phi}, \quad (2.26)$$

където C_1 е константа, зависеща от конструкцията на електродвигателя; Φ – магнитният поток, V.s, който е функция на възбудителния ток I_v , т.е $\Phi = f(I_v)$.

Основното изискване към електродвигателите е да създадат такъв въртящ момент M , който да преодолее максималния съпротивителен момент на превода, като се осигурява и поддържа постоянна честота на въртене n . Видът на функцията $M = f(n)$, която е необходима за осъществяване на работния процес на машините, зависи от задачите, които те изпълняват. За металорежещите машини трябва да се определи работната характеристика за целия обхват на честотите на въртене. В общия случай, при постоянна мощност P , с увеличаване на честотата на въртене n въртящият момент M намалява. Това означава, че при ниски честоти на въртене на машините ще са необходими големи въртящи моменти. Както показва практиката обаче, за много от металорежещите машини не се изисква голям въртящ момент, когато те работят при ниските честоти на въртене (напр. изпълняват резбонарезни обработки). Това позволява в долната част на обхвата въртящият момент M да бъде ограничен, като механичната характеристика ще получи вида, показан на фиг. 2.18.



Фиг. 2.18 Механична характеристика при постояннотоковите електродвигатели

Механичната характеристика на постояннотоковите електродвигатели има два подобхвата на регулиране на честотите на въртене на ротора.

В първия подобхват изменението на честотите на въртене на ротора се постига чрез промяна на котвеното напрежение U_k , т.е. $n_M^I = f(U_k)$. Този подобхват е ограничен от минималната честота на въртене на ротора $n_M^{\min}$, при която той показва стабилна работа ($n_M^{\min} > 0$), и номиналната честота на въртене $n_M^{\text{ном}}$. На минималната честота на въртене $n_M^{\min}$ съответства котвено напрежение $U_k^{\min}$, а на номиналната честота на въртене $n_M^{\text{ном}}$ – максимално котвено напрежение $U_k^{\max}$. В този подобхват магнитният поток Φ трябва да поддържа максималната си стойност $\Phi^{\max}$.

Големината на подобхвата се изразява чрез коефициента на регулиране K_M , който е отношението на максималната към минималната честота на въртене $K_M^I = n_M^{\text{ном}} / n_M^{\min} \approx 10$.

Във втория подобхват изменението на честотите на въртене на ротора се постига чрез промяна на магнитния поток Φ , т.е. $n_M^{II} = f(\Phi)$. Този подобхват е ограничен от номиналната $n_M^{\text{ном}}$ и максималната $n_M^{\max}$ честота на въртене. На номиналната честота на въртене $n_M^{\text{ном}}$ съответства максималната стойност на магнитния поток $\Phi_{\max}$, а на максималната честота на въртене $n_M^{\max}$ – минимална стойност на потока $\Phi_{\min}$. В този подобхват котвеното напрежение U_k трябва да поддържа максималната си стойност $U_k^{\max}$. Коефициентът на регулиране тук е $K_M^{II} = n_M^{\max} / n_M^{\text{ном}} \approx 3 \div 4$.

Механичната характеристика от фиг. 2.18 представя две важни за използването на постояннотоковите електродвигатели области.

Функцията $M = f(n)$ ограничава отгоре една област, която се разглежда като геометрично място от точки, които дават стойностите на въртящия момент M , осигуряван от електродвигателя при съответните

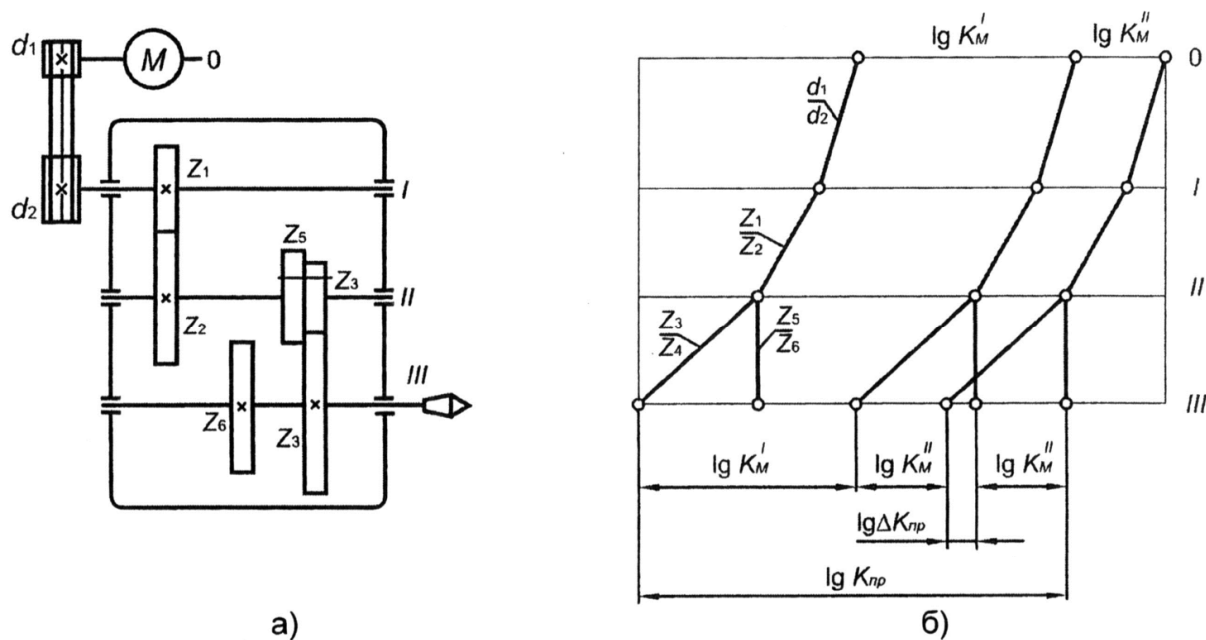
честоти на въртене n . Тази област показва, че в първия подобхват ($n_M^{\min}$ - $n_M^{\text{ном}}$) може да се използва максималният въртящ момент M^{max} на електродвигателя, докато във втория подобхват ($n_M^{\text{ном}}$ - n_M^{max}) въртящият момент на електродвигателя, който може да се използва, е ограничен ($M < M^{\text{max}}$).

Функцията $P = f(n)$ ограничава отгоре друга област, която се разглежда като геометрично място от точки, които дават стойностите на мощността P , осигурявана от електродвигателя при съответните честоти на въртене n . Тази област показва, че в първия подобхват мощността P е ограничена, а във втория подобхват може да се използва пълната мощност на електродвигателя P^{max} .

Единствено при номиналната честота на въртене $n_M^{\text{ном}}$ има възможност да се работи едновременно с пълната мощност P^{max} и с максималния въртящ момент M^{max} .

При работа на металорежещите машини е от значение големината на подобхвата от честоти на въртене на вretenото, в който може да се използва пълната мощност на превода. Както се вижда от фиг. 2.18, коефициентът на регулиране на електродвигателя при пълна мощност е $K_M^{\text{II}} \approx 3 \div 4$, което очевидно не достига за задоволяване на изискванията към главните движения на машините. Ето защо се налага разширяване на този обхват чрез добавяне на превод с една – две преводни групи.

На фиг. 2.19 са дадени кинематичната схема (а) и планът на честотите на въртене (б) на превод, задвижван от електродвигател с безстепенно регулиране [7].



Фиг. 2.19 Кинематична схема (а) и план на честотите на въртене (б) на превод, задвижван от електродвигател с безстепенно регулиране

От електродвигателя М през ремъчната предавка $d_1 - d_2$ движението постъпва в скоростната кутия, където има една редуцираща зъбна предавка $Z_1 - Z_2$ и една преводна група $Z_3 - Z_4$ и $Z_5 - Z_6$. Именно тази група транслира по два пътя обхвата на електродвигателя, в резултат на което върху вретеното се получава достатъчно голям подобхват на пълна мощност.

Когато се използват *асинхронни честотнорегулируеми електродвигатели*, този проблем отпада. В съвременните конструкции такива електродвигатели създават достатъчно широк обхват на пълна мощност, поради което добавяне на преводни групи не се налага.

Системата за управление на тези електродвигатели позволява безстепенно регулиране на захранващата честота f в много широки граници до $f^{\max} = 500 \div 2000$ Hz, като честотата на въртене на електродвигателя n_m се регулира по уравнението

$$n_m = \frac{60.f}{p}, \text{ min}^{-1}, \quad (2.27)$$

където p е броят на полюсите.

Така се създава възможност за получаване на много високи честоти на въртене. Напр. при $f = 2000$ Hz и $p = 1 - n_m = 60.2000 = 120\,000 \text{ min}^{-1}$.

При високооборотните вретена, като напр. тези на машините за вътрешно кръгло шлифоване и на някои обработващи центри, се използват т.нар. „мотор-вретена“. Те са обособени конструктивни варианти на асинхронни честотнорегулируеми електродвигатели, чиито ротори са оформени като вретена. Предимствата които дават мотор-вретената, са:

- безстепенно регулиране на честотата на въртене, която може да надхвърли $100\,000 \text{ min}^{-1}$;
- компактна конструкция на вретения възел;
- високи динамични показатели;
- отсъствие на трептения и опънови сили поради отпадането на ремъчните предавки.

Недостатък е голямото топлообразуване, директно във вретения възел, което изисква интензивно охлаждане с циркулираща течност.

2.3. ПОДАВАТЕЛНИ ПРЕВОДИ СЪС СТЕПЕННО РЕГУЛИРАНЕ НА ЧЕСТОТИТЕ НА ВЪРТЕНЕ

Подавателните преводи служат за създаване на подавателните движения, които влияят в по-голяма степен от главните върху точността и качеството на изработените детайли [6,7]. Това води до необходимостта,

тези преводи да осигуряват по-голям брой скорости на задвижвания от тях работен орган.

По начина на задвижване подавателните преводи биват:

- подавателни преводи със самостоятелно задвижване;
- подавателни преводи, които вземат движение от главните преводи (напр. от вретеното).

Според вида на подавателните движения преводите, които ги създават, се разделят на следните видове:

- преводи за непрекъснато подавателно движение, което е независимо от главното движение;
- преводи за точна кинематична връзка;
- преводи за периодично подаване.

• *ПРЕВОДИ ЗА НЕПРЕКЪСНАТО ПОДАВАТЕЛНО ДВИЖЕНИЕ*

Преводите за непрекъснато подавателно движение се срещат при фрезите и някои други машини. Те имат самостоятелно задвижване (собствен електродвигател, обикновено еднокоростен) и включват още подавателен и разпределителен механизъм. Подавателният механизъм е изграден най-често с нормална множителна структура и осъществява определен брой подавателни скорости, подредени в геометрична прогресия.

Кинематичните пресмятания при тези преводи не се различават принципно от пресмятанията при главните преводи и затова се използват същите изчислителни процедури. По съществена разлика има в наложените конструктивни ограничения – при подавателните преводи вследствие на по-малките мощности, които те пренасят, се получават съответно и по-малки размери на елементите от кинематичната система. Това позволява, конструктивните ограничения, изразени за главните преводи чрез (2.13), при подавателните да бъдат в по-широки граници

$$1/5 \leq i \leq 2,8/1 \quad (2.28)$$

и съответно

$$K_{\text{гр}} = \varphi^{x(z_{\text{гр}} - 1)} \leq 14 \quad (2.29)$$

• *ПРЕВОДИ ЗА ТОЧНА КИНЕМАТИЧНА ВРЪЗКА*

Преводите за точна кинематична връзка имат за задача да съгласуват подавателните движения с главното, което се налага от съответната кинематична схема. Това става, като движението се взема от главния превод и се регулира чрез подбиране на подходящи предавателни

отношения на механизмите на подавателния превод. Според начина на изграждане подавателните преводи се срещат в различни варианти.

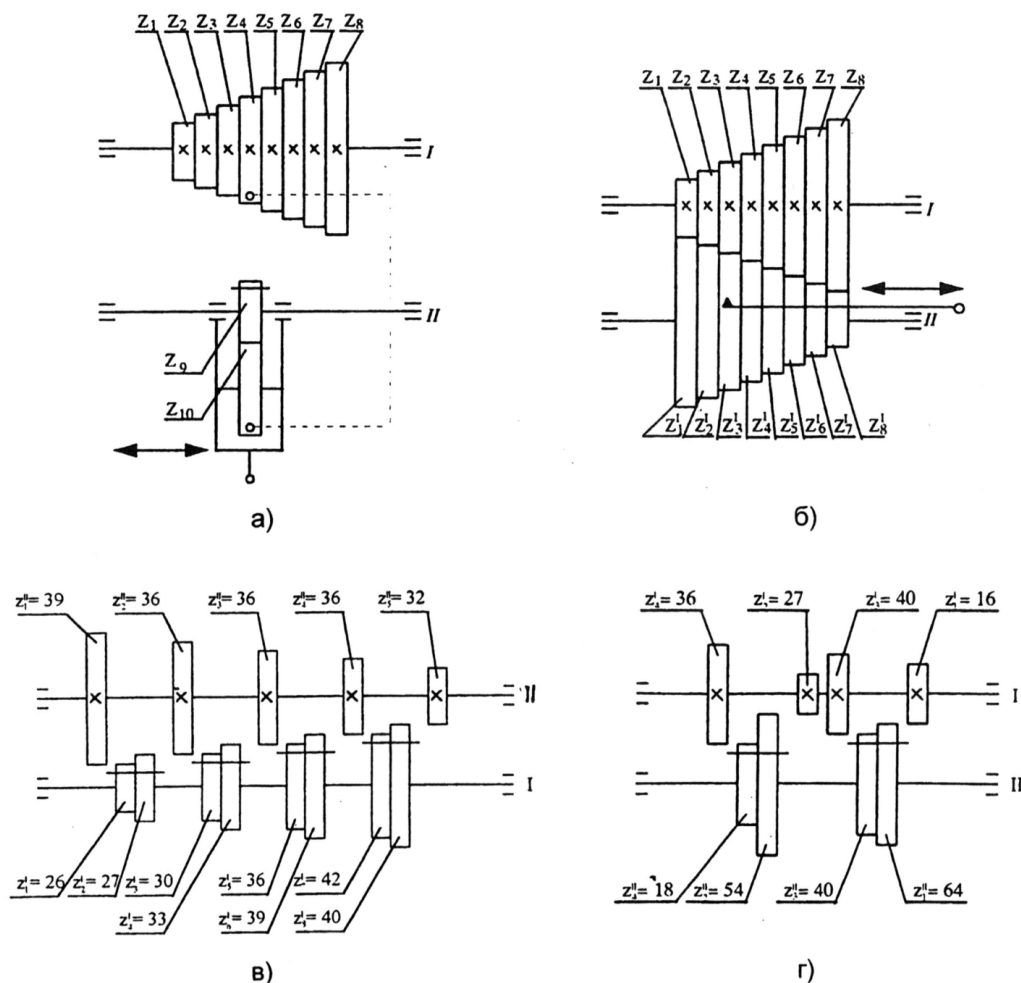
При универсалните стругове например подавателните преводи са изградени от няколко типични механизма. Тъй като основното им предназначение е да позволят нарязването на резби с определени (стандартизирани) стъпки, те трябва да създадат такива предавателни отношения, които съответстват на стандартните стойности.

Табл. 2.5 Основни характеристики на резбите

Елементи на резбите	Основни характеристики											
	8	(8,5)	9	(9,5)	10	11	(11,5)	12	13	(13,5)	14	15
Милиметрова резба със ситна стъпка S_{MM}, mm	0,2 0,4 0,8		0,45		0,2 5 0,5			0,3 0,6			0,35 0,7	
Милиметрова резба с едра стъпка S_{MM}, mm	0,5 1 2 4		4,5		1,2 5 2,5 5	5,5		0,7 5 1,5 3 6			1,75 3,5	
Трапецовидна и трионовидна резба със стъпка S_{MM}, mm	8 16 32				10 20 40			12 24 48				
Модули във фината механика m, mm	0,2 0,4 0,8		0,22 5 0,45 0,9		0,2 5 0,5	0,27 5 0,55		0,3 0,6			0,35 0,7	
Модули в общото и тежкото машино-строене m, mm	1 2 4 8 16 32	4,25	1,12 5 2,25 2,5 9 18		1,2 5 2,5 5 10 20 40	1,37 5 2,75 5,5 11 22		1,5 3 6 12 24	3,2 5 6,5 13 26		1,75 3,5 7 14 28	3,75 15 30 60
Брой навивки n в един цол при тръбни и конусни резби	4 8 16		$4^{1/2}$ 9 18	19	5 10 20	11	$11^{1/2}$		$3^{1/2}$		$3^{1/2}$ 7 14 28	

В табл. 2.5 [7] са дадени основните характеристики на различни видове резби и техните стандартни стойности. Тези характеристики са: за милиметровите резби – техните стъпки, за модулните резби - модулът, за

цоловите резби – броят на навивките в един цол. Те са подредени по хоризонталата в аритметична прогресия чрез редица от цели числа – от 8 до 15, като в единични случаи, при цолови и модулни резби се използват и числата 8,5, 9,5, 11,5 и 13,5. По вертикалата са подредени в геометрична прогресия с частно 2. За получаването на тази гама от стандартни стойности подавателният превод трябва да съдържа механизми, които да осъществяват подреждане на предавателните отношения както аритметична, така и в геометрична прогресия.



Фиг. 2.20 Някои типични механизми за подавателни преводи [7]

Подреждането на предавателните отношения в аритметична прогресия се постига с т.нар. *основен механизъм*. Той се среща в различни конструктивни варианти. На фиг. 2.20 а е даден един от тези варианти – *нортонов механизъм с люлка*. На вал (I) е монтиран т. нар. нортонов конус, представляващ пакет от зъбни колела Z_{1-8} с еднакъв модул и брой на зъбите, подредени в аритметична прогресия. На другия вал (II) е установено придвижното зъбно колело Z_9 , постоянно зацепено със зъбното колело на люлката Z_{10} . При осовото придвижване на люлката междинното

зъбно колело Z_{10} се зацепва последователно с всяко колело от нортоновия конус, като се реализират съответно осем предавателни отношения. В случай че движението преминава в посока от вал I към вал II тези предавателни отношения се подреждат в аритметична прогресия (дроби с постоянен знаменател и аритметично подредени числители). В другия случай, когато движението се предава в посока от вал II към вал I, тези предавателни отношения се подреждат в хармонична прогресия (дроби с постоянен числител и аритметично подредени знаменатели).

В практиката се използва подреждане както в аритметична, така и хармонична прогресия.

При милиметровите резби стъпките S_{mm} са стандартизирани в аритметична прогресия, което налага съответно подреждане и на предавателните отношения в основния механизъм. Това означава, че движението в него трябва да преминава в посока от вал I към вал II.

При модулните резби стъпките са $S_m = \pi \cdot m$, където m е модулът, стандартизиран в аритметична прогресия. Следователно и тук основният механизъм трябва да създава подреждане на предавателните отношения в аритметична прогресия, като движението преминава в същата посока – от вал I към вал II.

При цоловите резби стъпките са $S_w = 25,4/n$, където n е броят на навивките в един цол дължина. Числото n е стандартизирано в аритметична прогресия и тъй като е в знаменател следва, че стъпките на цоловите резби са поредени в хармонична прогресия. За да се получи хармонично подреждане в основния механизъм движението в него трябва да преминава от вал II към вал I.

При диаметрал-питчовите резби стъпките са $S_{DP} = 25,4 \cdot \pi / P$, където P е питчът, стандартизиран в аритметична прогресия. По аналогия с цоловите резби и тук стъпките са подредени в хармонична прогресия, като движението трябва да преминава през основния механизъм в посока от вал II към вал I.

При тази постановка следва, че във всеки подавателен превод трябва да се монтира механизъм, който да пропуска движението както в посока от вал I към вал II, така и в обратна посока от вал II към вал I. Това е т.нар. *разпределителен механизъм*.

Нортоновият механизъм с люлка от фиг. 2.20 а притежава редица експлоатационни недостатъци, като напр. нестабилно установяване на междинното зъбно колело Z_{10} спрямо зъбните колела от нортоновия конус Z_{1-8} , което води до недобро зацепване, повишено износване и шум. Поради това този конструктивен вариант в последните години не се използва. По същите причини - повишено износване, шум и ограничен въртящ момент, е отпаднал от употреба и вариантът на *механизма с придвижна шпонка* (фиг. 2.20 б), който в практиката се среща в някои по-стари конструкции стругове.

Изтъкнатите експлоатационни недостатъци се избягват до голяма степен при друг вариант на основния механизъм, известен като *механизъм с придвижни (коригирани) зъбни колела* (фиг. 2.20 в). При него върху вал I са монтирани четири придвижни двойни зъбни блока със зъбни колела от Z_1^I до Z_8^I , а върху вал II - пет зъбни колела от Z_1^{II} до Z_5^{II} . При алтернативно превключване вляво и вдясно на всеки от блоковете се получават осем предавателни отношения. Броят на зъбите на тези зъбни колела е подбран по такъв начин, че да се реализират съответно аритметична (движение от вал I към вал II) и хармонична (движение от вал II към вал I) прогресия. Тъй като сумата от броя на зъбите на някои от предавките с еднакъв модул е различна (напр. $Z_2^I + Z_2^{II} = 63$, а $Z_3^I + Z_2^{II} = 66$) се налага коригиране на съответните зъбни колела.

Подреждането в геометрична прогресия с показател $\phi = 2$ се осъществява от т.нар. *множителен механизъм*. На фиг. 2.20 г е показан вариант на такъв механизъм, който представлява четворна зъбна група с предавателни отношения на предавките съответно 1/4, 1/2, 1/1, 2/1. Чрез този механизъм се разширяват възможностите на подавателните преводи, като се получават нови стойности на характеристиките на резбите (според табл. 2.5 – преминаване във вертикална посока от един ред към друг).

Допълнително увеличаване на възможностите на подавателните преводи на струговите машини се постига и чрез механизмите за ноормални/изменени подавания, които осъществяват предавателни отношения, подредени в геометрична прогресия (напр. 16/1, 2/1, 1/1) [7].

При специализираните зъбо- и резбообработващи машини се използват също подавателни преводи за точна кинематична връзка, тъй като технологичните схеми, по които работят тези машини, изискват съгласуване на определени движения. Тези преводи са изградени от съответни вериги за точна кинематична връзка, като при настройване на машините се използват сменни зъбни колела (лири).

• ПРЕВОДИ ЗА ПЕРИОДИЧНО ПОДАВАНЕ

Преводите за периодично подаване се използват при стъгателните, дълбачните, шлифовъчните и други машини. Подавателното движение при тях е прекъснато и се извършва по принцип по време на обратния ход. За тази цел се използват специални механизми, напр. острозъбо колело с палец (храпов механизъм) или началните звена на съответните кинематични вериги (електродвигател, хидроцилиндър) се задвижват импулсно.

2.4. ПОДАВАТЕЛНИ ПРЕВОДИ С БЕЗСТЕПЕННО РЕГУЛИРАНЕ НА ЧЕСТОТИТЕ НА ВЪРТЕНЕ

Подавателните преводи с безстепенно регулиране, които са характерни за металорежещите машини с ЦПУ, се изграждат като самостоятелни кинематични вериги. Първоначално задвижването им е било със стъпкови електродвигатели, като ъгълът на завъртане на ротора се е постигал чрез отработване на определено количество ъглови стъпки. Тази прекъснатост на движението се е отразявала негативно на точността и е повишавала грапавостта на обработената повърхнина. Повечето стъпкови електродвигатели не са имали необходимия въртящ момент за да осигурят устойчива работа при малки скорости на подавателното движение и големи подавателни усилия. Затова между тях и винта са се установявали хидроусилвател на момента и редуцираща зъбна предавка.

Впоследствие стъпковите електродвигатели се заменят с високомоментни електродвигатели с безстепенно регулиране на честотите на въртене, които позволяват плавна работа. Те имат голям диаметър на ротора, изработен във формата на диск, и малък инерционен момент. Това позволява да бъдат достигнати големи ъглови ускорения и голям почти постоянен въртящ момент. При необходимост от съгласуване на отделни движения - главно с едно от подавателните (както е при нарязване на резби) или на подавателни движения (за обработване на сложни повърхнини), това се извършва по програмен път. Днес постояннотоковите електродвигатели изцяло са отстъпили място на асинхронните честотнорегулируеми електродвигатели, характеризиращи се с по-малки габарити и маса, по-високи скоростни възможности и надеждност.

Подавателните преводи за праволинейно движение завършват с механизъм за трансформиране на въртеливото движение в праволинейно. По правило при тях се използват сачмено-винтовите предавки (СВП), а напоследък и ролково-винтовите предавки, които работят без хлабина.

В последните години се очертава нова тенденция за генерално изменение на концепцията на преводите - СВП и електродвигателят с ротационно движение се отстраняват, а на тяхно място е единствено *линейният електродвигател*, вграден в самия подвижен орган.

глава 3

СТРУГОВИ МАШИНИ

Струговите машини са предназначени за обработване на ротационно-симетрични детайли, изградени от външни и вътрешни цилиндрични, конусни, профилни и челни повърхнини.

В табл. 3.1 [6] са дадени видовете стругови машини, сравнени по отношение на технологичните им възможности, степента на автоматизация и ефективността при използването им.

Табл. 3.1 Видове стругови машини, възможности и приложимост [6]

Видове стругови машини	Обхват на технологичните възможности при:						Степен на автоматизация висока ←→ ниска	Ефективно прилож. според типа на производството ед. серийно мас.
	Стругови операции широки ←→ тесни	Нарязване на резби	Обр. на централни отв.	Обр. на нецентрални отв.	Фрезование	Шлифование		
Универсални								
Многоножови								
Револверни								
Копирни				<td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td>				
Автомати с гърбично-лостово управление								
Специални								
Стругове с ПУ								
ОЦ за РСД								
Голямогабаритни стругове								
Голямогабаритни ОЦ за РСД								

- възможност за всички стругове от вида

- възможност за някои стругове

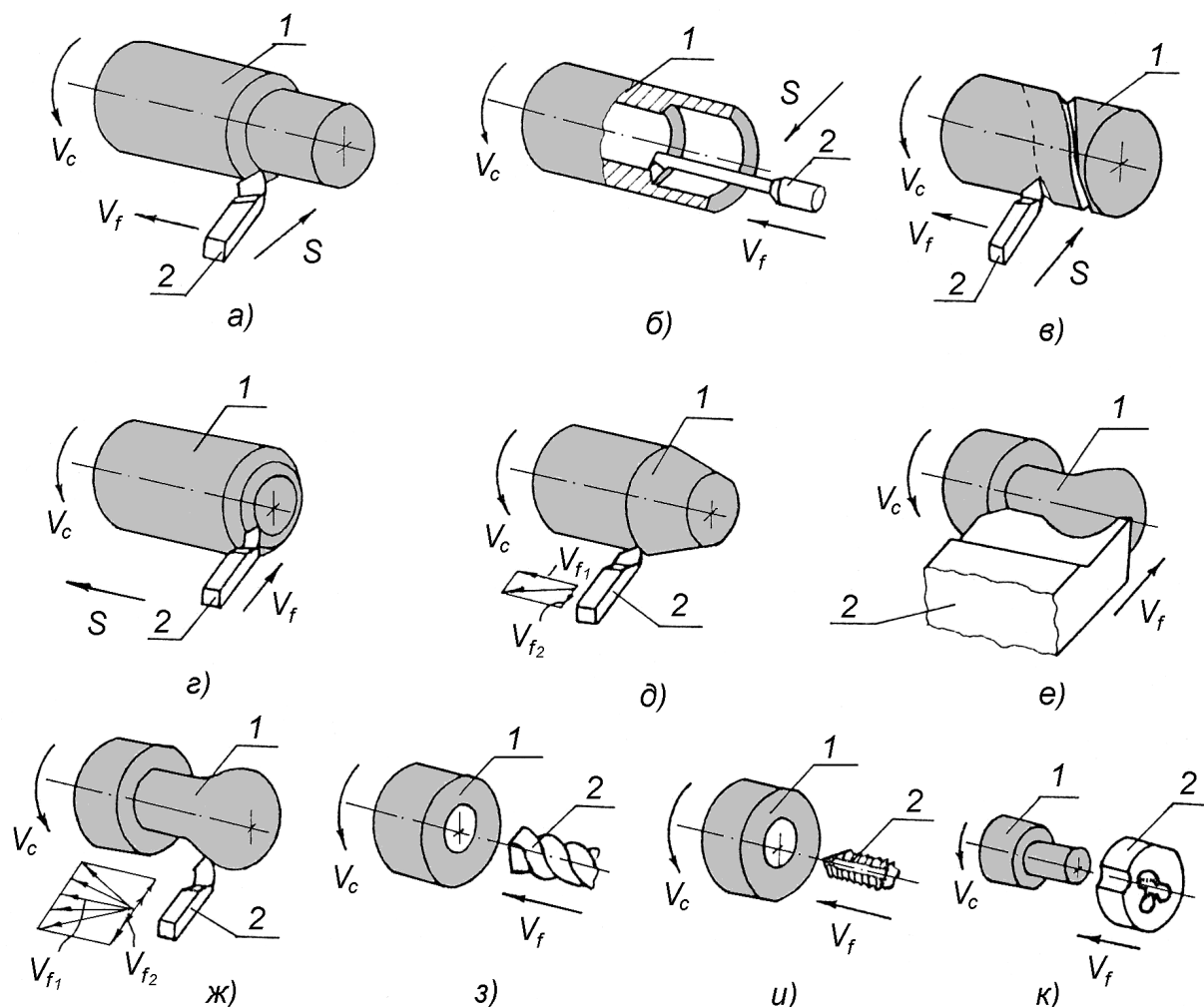
- липсва такава възможност

3.1. УНИВЕРСАЛНИ СТРУГОВЕ

• ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ СХЕМИ

Универсалните стругове притежават широки технологични възможности, включващи външно, вътрешно, челно струговане и нарязване на резби с различен профил. Тези възможности, заедно с ниската степен на автоматизация, ги правят ефективни в единичното и дребносерийното производство, както и в ремонтната дейност.

На фиг. 3.1 са дадени технологическите схеми при струговите машини, характерни и за универсалните стругове. Общото при тези схеми е, че главното движение V_c е въртливо и се извършва от заготовката 1, а подавателните движения V_f – от инструмента.



Фиг. 3.1 Технологически схеми при универсалните стругове [6]

Повечето схеми изискват само едно подавателно движение V_f в надлъжно или напречно направление.

При струговане на конусни повърхнини (фиг. 3.1 д) подавателните движения са две – надлъжно V_{f1} и напречно V_{f2} , като те трябва да са съгласувани с постоянно отношение на скоростите им.

При струговане на профилни повърхнини (фиг. 3.1 ж) са налице подавателни движения V_{f1} и V_{f2} , като надлъжното V_{f1} обикновено е с постоянна скорост, а напречното V_{f2} - с променлива скорост и посока, съобразно вида на обработвания контур.

При нарязване на резби е необходимо съгласуване на главното V_c с надлъжното подавателно движение V_f (фиг. 3.1 в,и,к), като законът за съгласуване на движенията е: докато заготовката се завърти на един

оборот, инструментът трябва да измине разстояние, равно на стъпката на резбата P_h на винтовата линия.

Когато инструментът е профилен стругарски нож (фиг. 3.1 е), метчик (фиг. 3.1 и) или плашка (фиг. 3.1 к), обработената повърхнина се получава чрез копиране на неговия профил.

Установяването на заготовките върху универсални стругове може да стане (фиг. 3.2):

- в патронник 1 (фиг. 3.2 а) - използва се за установяване на къси заготовки (*с отношение на дължина към максимален диаметър $L/d < 3$*) по външна или вътрешна повърхнина;

- в патронник и център (фиг. 3.2 б) - извършва се в тричелюстен самоцентриращ патронник с меки челюсти 1 и въртящ център 2, установен в задното седло, и се използва за установяване на дълги ротационни заготовки ($3 < L/d < 10$) (задължително условие е базирането в патронника да стане по предварително стругована шийка, обработена при установяване между центри);

- между центри (фиг. 3.2 в) - използва се също за установяване на дълги ротационни заготовки ($3 < L/d < 10$).

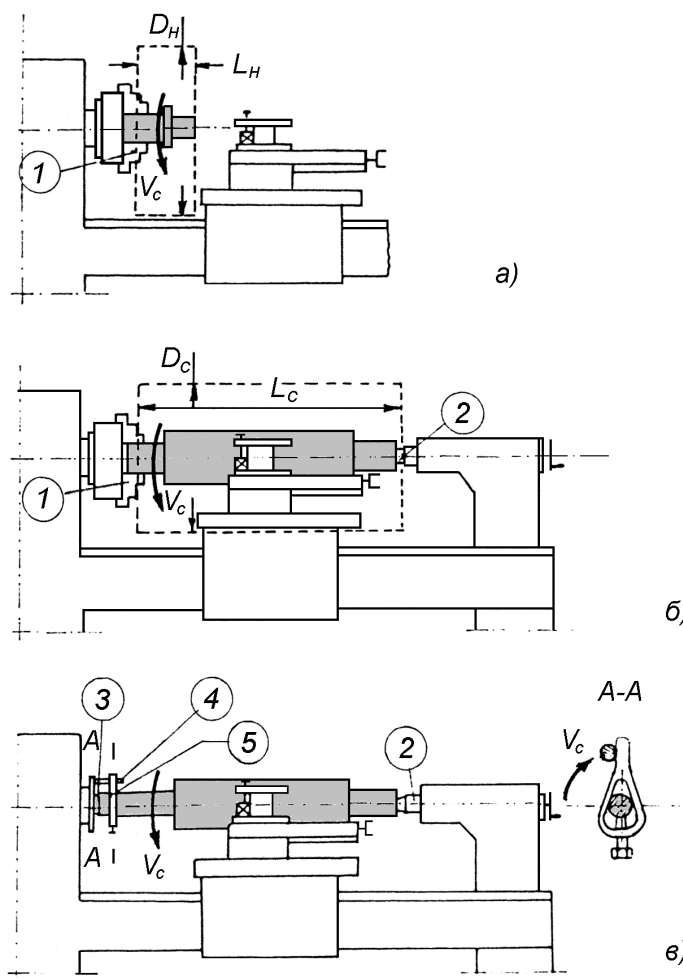
При последния начин на установяване, когато се снемат по-малки прибавки (при чисто струговане), въртящият момент се предава от водеща шайба 3 и хамут 5. При *грубо струговане*, особено на заготовки с голяма маса, въртящият момент се предава от патронник с независимо движение на челюстите, снабден с плаващ център. Използва се и плаващ център с остри челни зъби. При натискане на заготовката със задния център зъбите на предния център се вбиват в челната повърхнина на заготовката, с което се създава възможност за предаване на въртящ момент и обработване на една установка на цялата дължина на заготовката.

За увеличаване на стабилността при обработване на дълги заготовки ($L/d > 10$) се използват допълнителни опори (люнети).

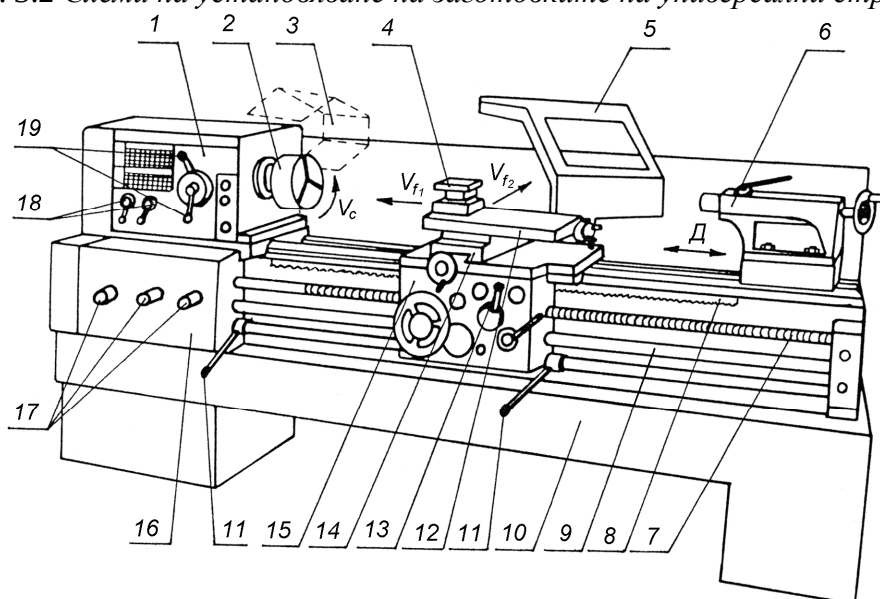
• КОМПАНОВКА НА УНИВЕРСАЛНИЯ СТРУГ

Общият вид на универсален струг С11МТ е показан на фиг. 3.3 [6]. Върху тялото 10 на струга е установено предното седло 1 (главният превод), на което е установен патронникът 2. Върху тялото е монтиран подавателният превод (подавателната кутия) 16, а по направляващите му се премества надлъжният супорт 15, върху който са установени напречният супорт 14, кръстатият супорт 12 и ножодържачът 4. Движението от подавателния превод към надлъжния и напречния супорт се предава чрез ходовия вал 9, а при нарязване на резби със стругарски нож – чрез ходовия винт 7. В другия край на направляващите на тялото е установено задното седло 6, на което се намира пинолата. В нея се установява задният център или инструменти за обработване на отвори (свредла, зенкери, райбери).

Операторът е защитен от зоната на рязане чрез предпазните щитове 3 и 5. Под тялото е разположена вана за събиране на стружките и СОТ.



Фиг. 3.2 Схеми на установяване на заготовките на универсални стругове



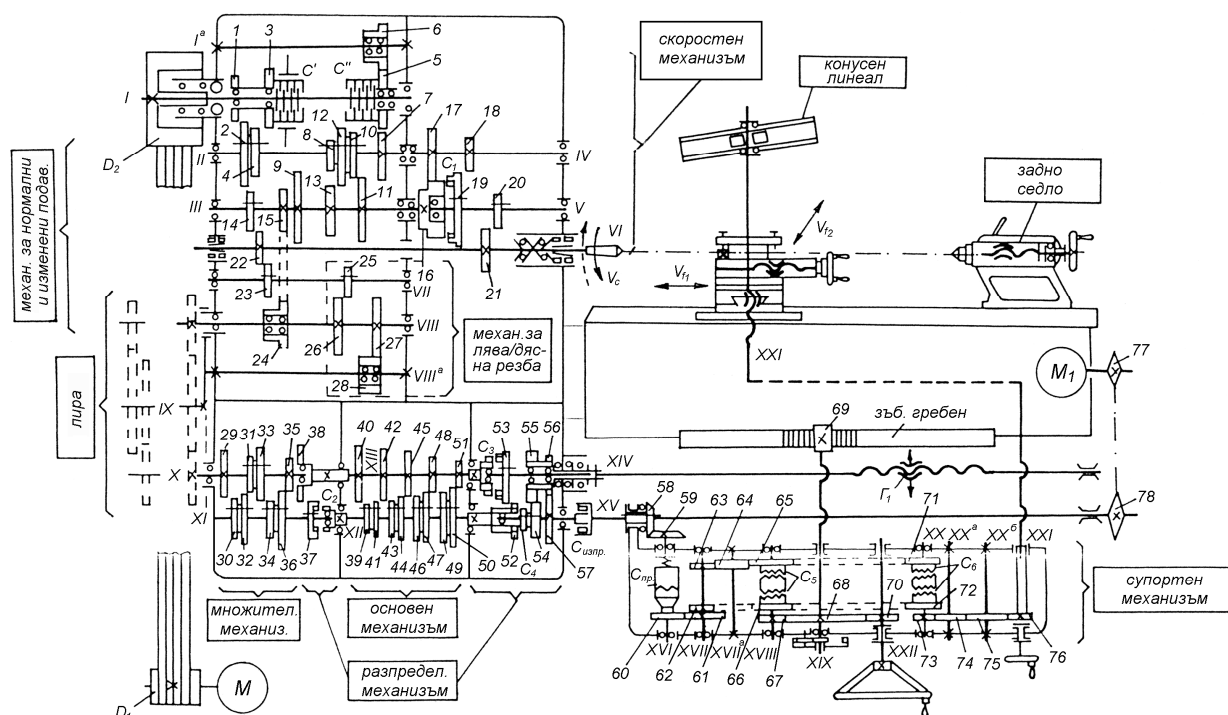
Фиг. 3.3 Общ вид на универсалния струг

На предната страна са разположени органите за управление - ръчки за превключване на скоростите и подаванията (17, 18, 19), ръчки за включване, реверсиране и спиране на работните движения (11,13), ръчни колела за осъществяване на подавателните движения и установъчните премествания и др.

Основните геометрични параметри на струга определят неговото работно пространство, което представлява цилиндър с диаметър D_c (най-големият диаметър на заготовката над супорта) и дължина L_c (най-голямото разстояние между предния и задния център) (фиг. 3.2 б). При установяване на заготовката в патронник (фиг. 3.2а) работното пространство се определя от най-големия диаметър на заготовката D_n , която може да се обработи над направляващите ($D_n > D_c$) и дължината L_n , която се ограничава от по-малката стабилност при конзолно установяване на заготовката ($L_n \ll L_c$).

• КИНЕМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА УНИВЕРСАЛНИЯ СТРУГ

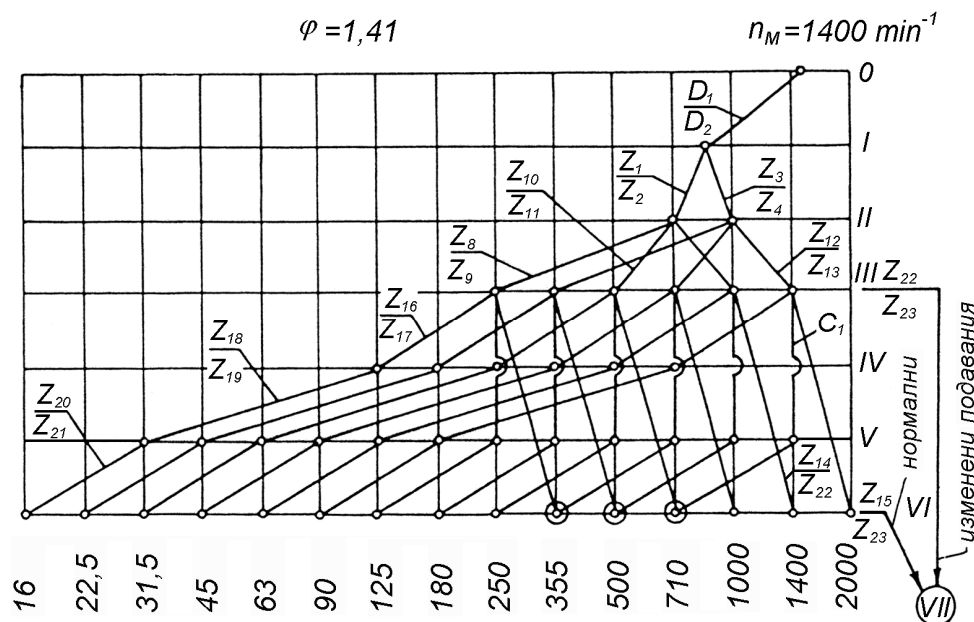
Кинематичната схема на универсален струг С11МТ е показана на фиг. 3.4 [6].



Фиг. 3.4 Кинематична схема на универсален струг С11МТ

Главният превод е със сумирана структура и започва от електродвигателя М. Чрез ремъчна предавка $D_1 - D_2$ движението се предава на вал I, на който е монтиран сдвоеният съединител $C' - C''$, двойна преводна група и реверсивна зъбна група. От вал I на вал II се предават две честоти

на въртене, а от вал II на вала III – три честоти, при което вал III получава шест честоти на въртене. От вал III до вретеното VI движението се предава по три кинематични вериги, показани в плана на честотите на въртене (фиг. 3.5), при което се получат 15 честоти на въртене в обхвата от 16 до 2000 min^{-1} . Реверсирането на главното движение се извършва чрез сдвоения съединител $C' - C''$ и реверсивната зъбна група.



Фиг. 3.5 План на честотите на въртене на главния превод на универсален струг C11MT [6]

Подавателният превод взема движение от главния превод – от вретеното VI или от вал III, и включва различни механизми (някои от които са типични за резбообработващите машини), като: механизъм за нормални/изменени подавания, механизъм за лява/дясна резба, сменни зъбни колела (лира), множителен, основен, разпределителен и супортен механизъм.

При нарязване на резби с профилен стругарски нож движението достига до винта XIV, който чрез двуделната гайката Γ_1 (разрязана по диаметралната си повърхнина, за да може да се освобождава от винта) го трансформира в надлъжно подавателно движение.

Подреждането на подавателните скорости в аритметична прогресия (подчинено на стандартния ред на стъпките P_h на резбите) се постига чрез основния механизъм, а в геометрична прогресия – чрез множителния механизъм.

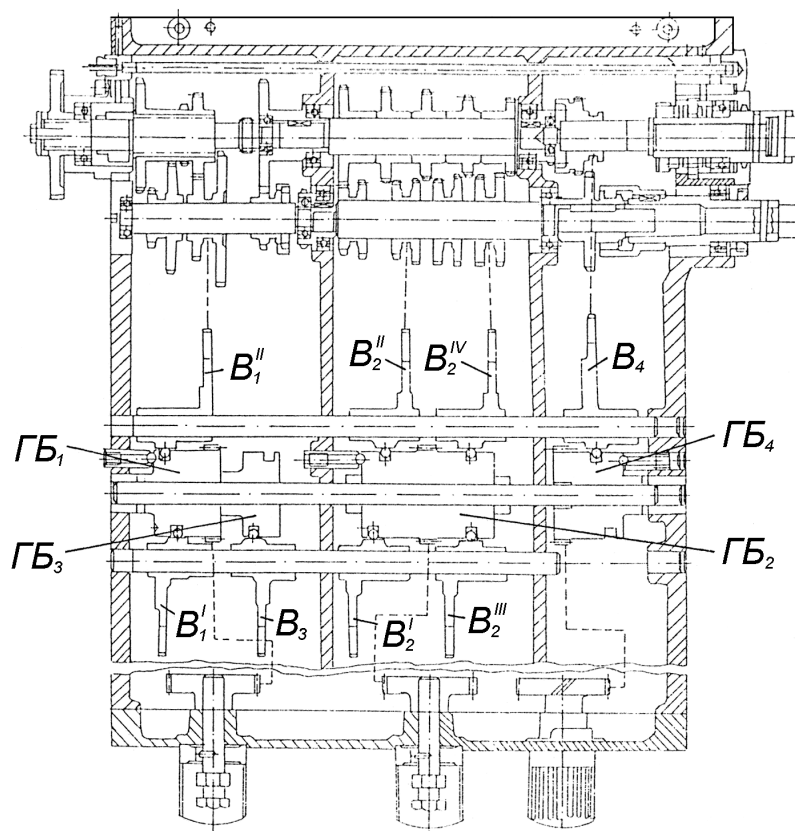
При струговане се използва и супортният механизъм, като за получаване на надлъжното подаване крайното звено е зъбно-гребенната предавка Z_{69} – зъбен гребен, а за получаване на напречното подаване – винтът XXI.

За бързи установъчни премествания на инструмента се включва електродвигателят M_1 , който през верижната предавка $Z_{77} - Z_{78}$ задвижва директно вал XV.

При универсалният струг не е предвидена възможност за съгласуване на скоростите на двете подавателни движения V_{f1} и V_{f2} , затова при обработване на конусни и профилни повърхнини по схемите от фиг. 3.1 д,ж това се извършва ръчно или с използване на допълнителни приспособления.

Регулирането на скоростите на главното и подавателните движения се извършва чрез ръчно превключване на зъбни колела и зъбни блокове.

На фиг. 3.6 е показан разрез на подавателната кутия на струга [6].



Фиг. 3.6 Разрез на подавателната кутия на универсален струг C11MT

Единичните зъбни колела и зъбните блокове се превключват от гърбични барабани (цилиндрични гърбици) $ГБ_j$ през вилките B_j . Задвижването на гърбичните барабани на главния превод се осъществява чрез ръчките 19 (фиг. 3.3), а на подавателният превод - чрез ръчките 17. Включването, спирането и реверсирането на главното движение се извършват чрез съединителя $C' - C''$ (фиг. 3.4), управляван от лостовете 11 (фиг. 3.3). В скоростната кутия са монтирани и първите два механизма на подавателния превод (за нормални/изменени подавания и за лява/дясна резба), които се управляват от ръчките 18 (фиг. 3.3).

Включването, спирането и реверсирането на надлъжното подаване стават чрез сдвоения зъбен съединител $C_5' - C_5''$, а на напречното подаване – чрез съединителя $C_6' - C_6''$ (фиг. 3.4). Тези съединители се управляват съвместно от една ръчка 13 (фиг. 3.3).

Предвидени са също и възможности за ръчно подаване на инструмента в надлъжно и напречно направление.

• ПРИСПОСОБЛЕНИЯ КЪМ УНИВЕРСАЛНИТЕ СТРУГОВЕ

Приспособленията към универсалните стругове служат за установяване на заготовките и инструментите и за автоматизиране на работния процес.

Патронниците (фиг. 3.7 а-г) осъществяват известна механизация по отношение на установяването, тъй като са самоцентриращи и без намесата на работника определят положението на заготовката спрямо оста на въртене (трите му челюсти едновременно се придвижват към центъра или в обратна посока и осигуряват точно центриране на заготовката, което се състои в съвпадане на собствената ѝ ос с оста на въртене на вретеното). Самоцентриращите патронници имат широки технологични възможности, тъй като осъществяват установяване по външни или вътрешни цилиндрични и челни повърхнини, които могат да бъдат обработени или необработени. При тричелюстните патронници съществува възможност за установяване и на по-сложни по форма повърхнини, стига да е налице възможност за опиране на челюстите в три точки, разположени под 120° и определящи окръжност с център, съответстващ на центъра на обработваната повърхнина. Чрез четиричелюстни патронници се установяват квадратни и осемстенни заготовки.

Челюстите на тричелюстните патронници 1 се събират и разтварят едновременно чрез въртене на квадратите 2 от специален ключ, като задвижването може да стане по различен начин: чрез клиновете 3 (фиг. 3.7 а), чрез спиралната гърбица 4 (фиг. 3.7б), чрез ексцентрика 5 (фиг. 3.7 в) или чрез винтовете 6 (фиг. 3.7 г).

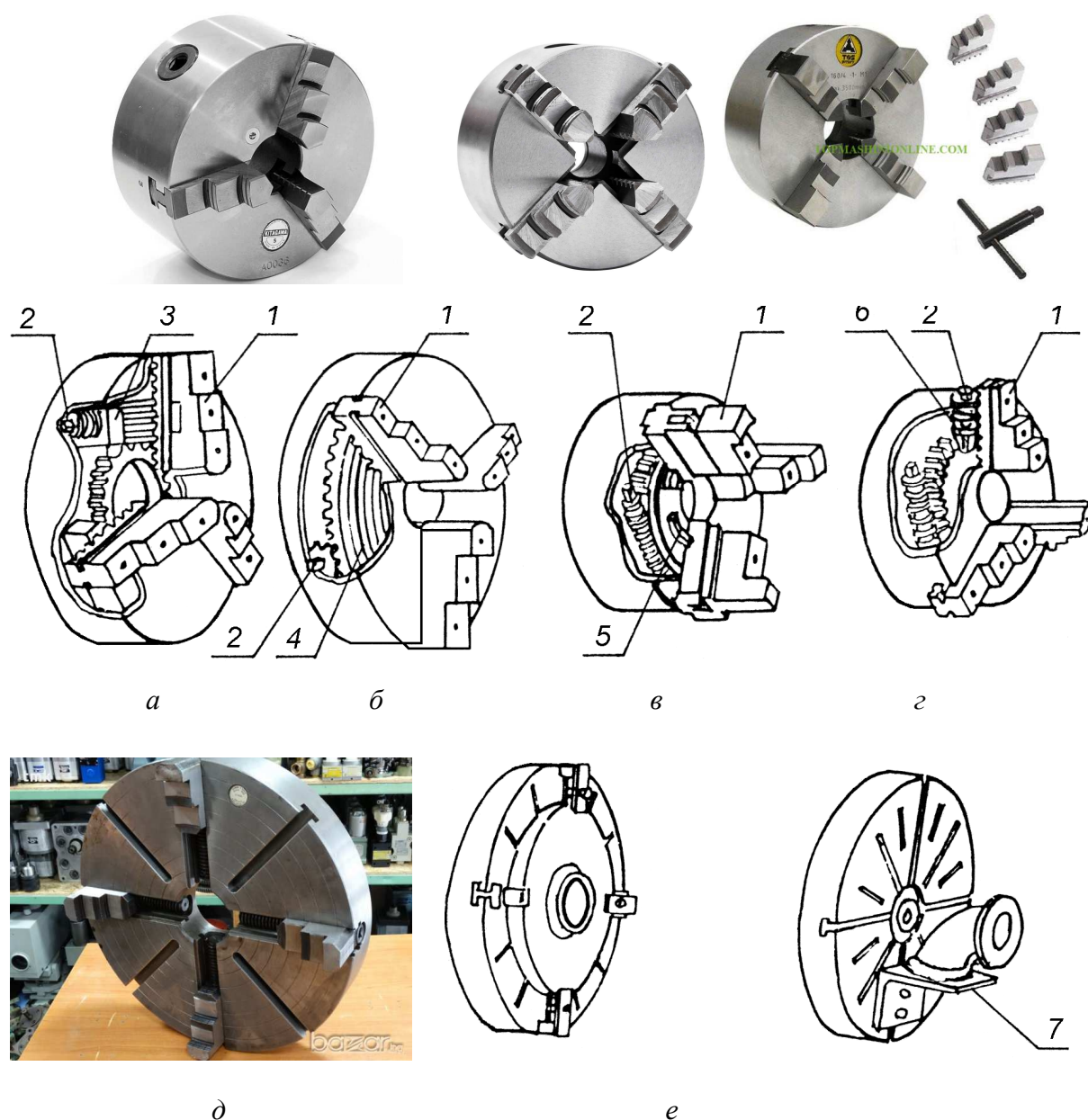
В комплекта на патронниците влизат *закалени* и *незакалени* челюсти.

Закалените челюсти се използват за закрепване по необработените повърхнини на заготовките. Могат да бъдат установени в право (фиг. 3.7 а,б,г) или обратно положение (фиг. 3.7 в). При установяване на щамповани или отлети заготовки, имащи съответни наклони, работните повърхнини на челюстите могат да имат конусна форма.

Незакалените (меки) челюсти са предназначени за установяване на заготовката по вече обработени повърхнини, които трябва да бъдат предпазени от нараняване при затягането. Челюстите се разстъргват предварително на размер, съответстващ на диаметъра на захващаната цилиндрична повърхнина на заготовката.

Планишайбите (фиг. 3.7 д,е) се използват за установяване на ротационно несиметрични детайли. Основен елемент при тях е базов диск,

установен към вретеното посредством преходен фланец. От няколко стандартизирани оформления на челото на диска най-разпространен е вариантът с четири *T*-образни радиални канала (фиг. 3.7д). В тях са монтирани четири челюсти, всяка от които има самостоятелно задвижване. Челюстите се изваждат при обработване на някои типове детайли и към челото на диска се установяват ъгълник (фиг. 3.7е), призма или друго приспособление. Ъгълникът 7 има точни взаимно перпендикулярни повърхнини. Той се настройва на необходимото разстояние от оста на въртене, след което се закрепва с винтовете към диска.

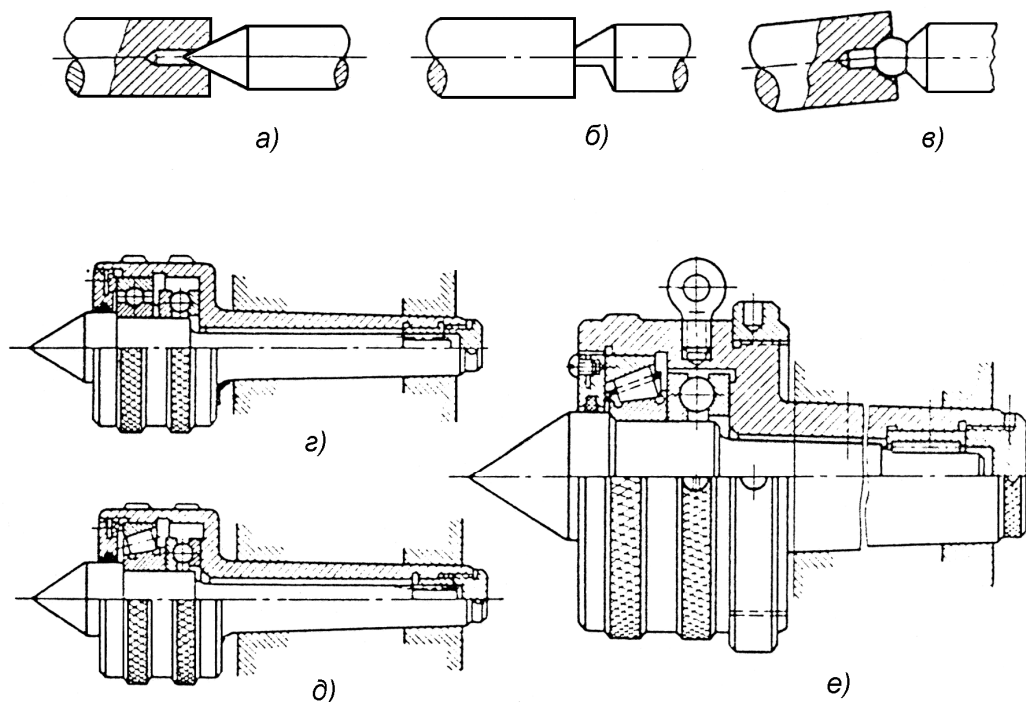


Фиг. 3.7 Патронници (а, б, в, з) и планиайби (д, е)

За установяване на заготовки върху центрови отвори (фиг. 3.2 в), които представляват чисто технологически бази, се използват *базираци*

центри. Центровите отвори се изработват лесно с комбинирани инструменти (центрови свредла) поради малката конусна повърхнина и осигуряват сравнително точно базиране на заготовките.

Използват се стандартизирани центри, които могат да имат различно конструктивно оформление – неподвижни, въртящи се и плаващи.



Фиг. 3.8 Видове центри

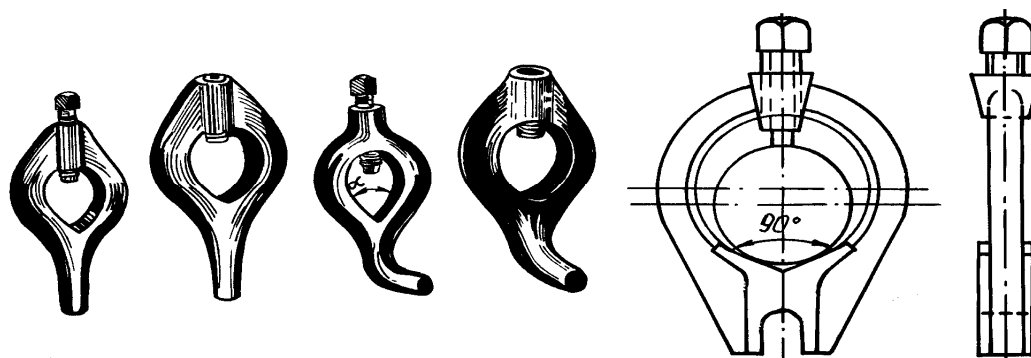
Неподвижните центри (фиг. 3.8 а,б,в) обикновено се установяват в предното седло на машината. Те са сравнително стабилни конструкции базирани елементи. При по-големи честоти на въртене на заготовката се получава голямо триене, загряване и износване. Затова неподвижните центри се изработват от въглеродни инструментални стомани, закалени, а в някои случаи със споени твърдосплавни работни накрайници. Необходимо е при работа неподвижните центри да се мажат. Работната част на неподвижните центри е оформена като цял конус (фиг. 3.8а), изрязан конус (фиг. 3.8 б) или сфера (фиг. 3.8 в).

Въртящите центри (фиг. 3.8 г,д,е) се изпълняват с търкалящи лагери и се въртят заедно със заготовката. Прилагат се при по-високи честоти на въртене на заготовката. Имат по-малка стабилност от неподвижните центри.

При установяване на два центъра се използват задвижващи патронници или комплект *сърца (хамути)* (фиг. 3.9). Съществено условие е необходимостта да се избегне предаването на огъващи моменти, които влияят неблагоприятно върху точността на обработването. От това следва и стремежът при всички конструктивни варианти да се използват

елементи, които да бъдат освободени от твърдата връзка в радиално направление.

От типичните конструкции на сърца за стругове най-добри са тези, които имат огъната опашка и скрит винт, тъй като те са по-безопасни при работа. Показател за размера на сърцата се явява максималният диаметър на задвижваната заготовка. За намаляване на времето на установяване на сърцето върху заготовката се използват две еднакви сърца, едното от които се закрепва на следващата заготовка, докато другото се намира в работа.



Фиг.3.9. Типови конструкции сърца

Дълги и нестабилни заготовки се обработват чрез използване на допълнителни опори (люнети).

Според начина на установяване към машината лунетите биват неподвижни и подвижни. Неподвижните лунети (фиг. 3.10 а) се установяват към направляващите на тялото на машината и чрез опорите си поддържат заготовката в три точки, разположени на ъгъл 120° една от друга. Подвижните лунети (фиг. 3.10 б) се установяват към супорта близо до ножа и се придвижват заедно с него. Поддържането на заготовката става в две точки, разположени съобразно направлението на силата на рязане.



а



б

Фиг. 3.10 Лунети за стругови машини (а – неподвижен; б - подвижен)

На фиг. 3.11 е показан универсален струг *CU 402*, производство на ЗММ - Враца, който е от среден типоразмер и наред с модерния дизайн изпълнява нормите за безопасност и екологичност.



Фиг. 3.11 Струг универсален *CU 402*

Произвеждат се и т.н. *инверторни стругове*, които са с безстепенно регулиране на честотите на въртене, използвайки честотен инвертор. Универсалните стругове с инверторно управление осигуряват обработване при постоянна скорост на рязане ($V_c = \text{const}$), т.е. скоростта на рязане се запазва при изменение на диаметъра на обработваната повърхнина, с което се постига по-висока точност и по-добро качество на повърхнината.

На фиг. 3.12 е показан универсален инверторен струг *CU 580MRD*, производство на ЗММ- БЪЛГАРИЯ ХОЛДИНГ - Сливен.

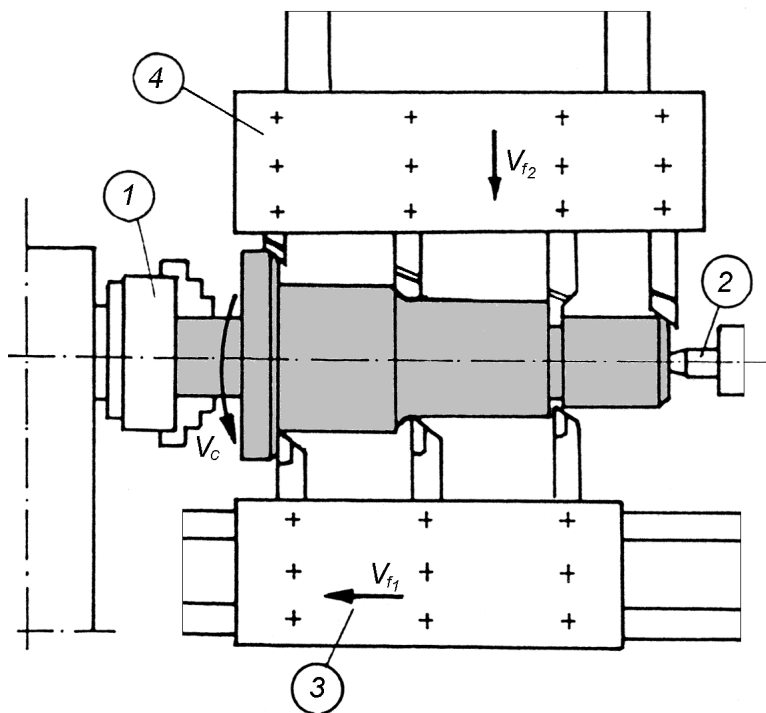


Фиг. 3.12 Струг универсален инверторен *CU 580MRD*

3.2. МНОГОНОЖОВИ СТРУГОВЕ

Многоножовите стругове са специализирани високопроизводителни машини за обработване на стъпални валове, зъбни колела, втулки и др. Характерно за тях е, че работят едновременно с няколко предварително настроени на размер инструмента (ножове). По-дългото време за подготовка и по-високата степен на автоматизация ги правят ефективни в условията на серийно и масово производство.

Схема на работа на многоножов струг е показана на фиг. 3.13, на която заготовката е установена в патронника 1 и е подпряна със задния център 2. Главното движение на рязане V_c се извършва от заготовката. Върху предния супорт 3 са установени проходни ножове, които чрез надлъжно подаване V_{f1} струговат три цилиндрични повърхнини. Върху задния супорт 4 са установени профилни ножове, които чрез напречно подаване V_{f2} обработват канали, фаски и къси профилни повърхнини.



Фиг. 3.13 Схема на работа на многоножов струг [6]

Многоножовите стругове работят в полуавтоматичен режим, като операторът само установява заготовката, сваля обработения детайл и включва следващия цикъл на обработването. Цикълът се състои от бързо подвеждане на супортите с инструментите към заготовката, струговане на съответните повърхнини и бързо отвеждане на супортите в изходна позиция. Управлението на машината по този цикъл се осъществява чрез крайни изключватели, които при задействане включват електродвигателите на отделните вериги (за работни и бързи ходове) в

съответната посока. При настройване на струга крайните изключватели се позиционират в съответни точки от хода, съобразно геометрията на детайла.

Големият брой едновременно работещи инструменти изисква инсталирането на по-голяма мощност на преводите, а повишените сили на рязане – съответно по-голяма стабилност на конструкцията.

3.3. РЕВОЛВЕРНИ СТРУГОВЕ

Револверните стругове се използват за обработване на установени в патронник къси стъпални валове и втулки. Характерно при тях е това, че върху надлъжния супорт е монтирана *револверна глава* са 6, 8 (рядко повече) позиции за установяване на предварително настроени на размер инструменти (стругарски ножове, свредла, метчици и др.). Чрез установъчно завъртане на револверната глава тези инструменти влизат последователно в работа.

В сравнение с универсалните револверните стругове притежават по-малки технологически възможности, но са с по-висока степен на автоматизация, като времето за настройване при тях е по-дълго. Приложението им е ефективно в условията на серийно производство.

Според пространственото разположение на револверната глава се изграждат различни конструкции - с вертикална ос на главата (фиг. 3.14 а), с хоризонтална ос (фиг. 3.14 б,в) (перпендикулярна и успоредна на оста на вретеното) или с наклонена ос.

В повечето случаи револверните стругове имат и още един супорт - за напречно подаване (за струговане на къси външни профилни повърхнини, канали и фаски чрез копиране), или за надлъжно и напречно подаване (за струговане на цилиндрични повърхнини чрез обхождане).

Както се вижда от фиг. 3.14, главното движение на рязане V_c се извършва от заготовката, а инструментите извършват надлъжното подавателно движение V_f . За включването на всеки следващ инструмент в работа револверната глава извършва установъчно движение D .

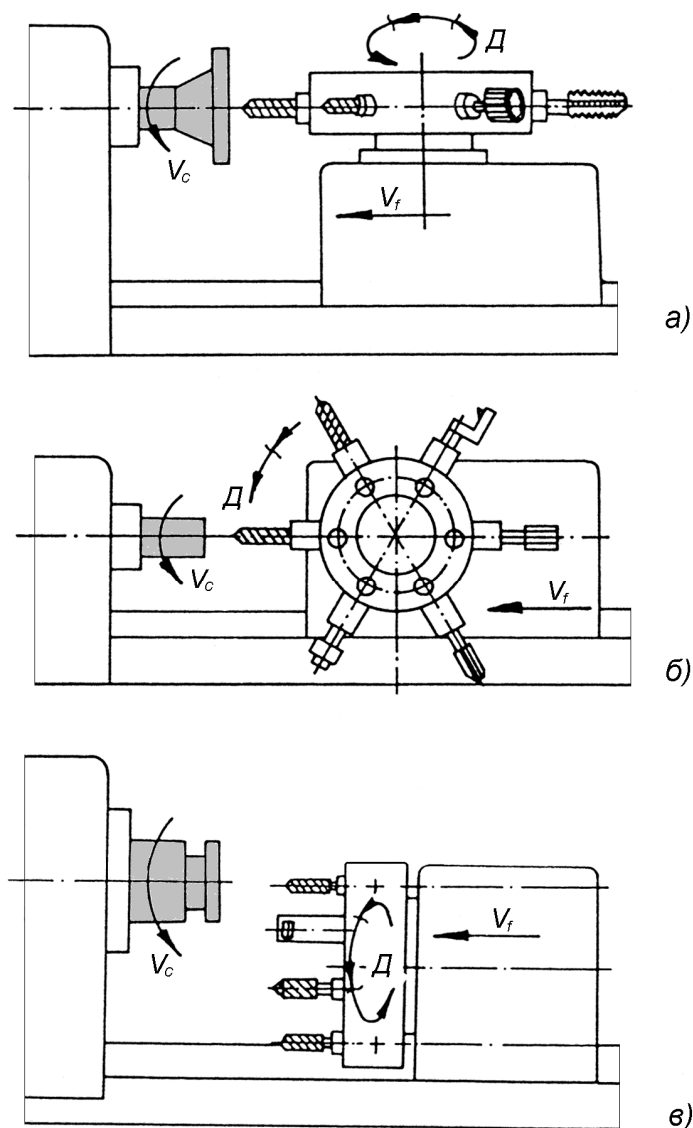
В кинематично отношение револверните стругове наподобяват универсалните, като в някои случаи се изграждат върху базовата конструкция на някой универсален струг. Броят на скоростите и подаванията обаче е по-малък.

Към револверните стругове се отнасят и *револверните прътови автомати*.

3.4. КОПИРНИ СТРУГОВЕ

Копирните стругове са предназначени за струговане на детайли със сложен профил, като на тях не могат да се извършват пробивни и

резбонарезни обработки. В сравнение с универсалните копирните стругове имат по-ограничени технологически възможности, но по-висока степен на автоматизация и точност на формообразуването на профилни повърхнини. Настройването им е продължително, скъпо и трудоемко, което ги прави ефективни в условията на едросерийно и масово производство.



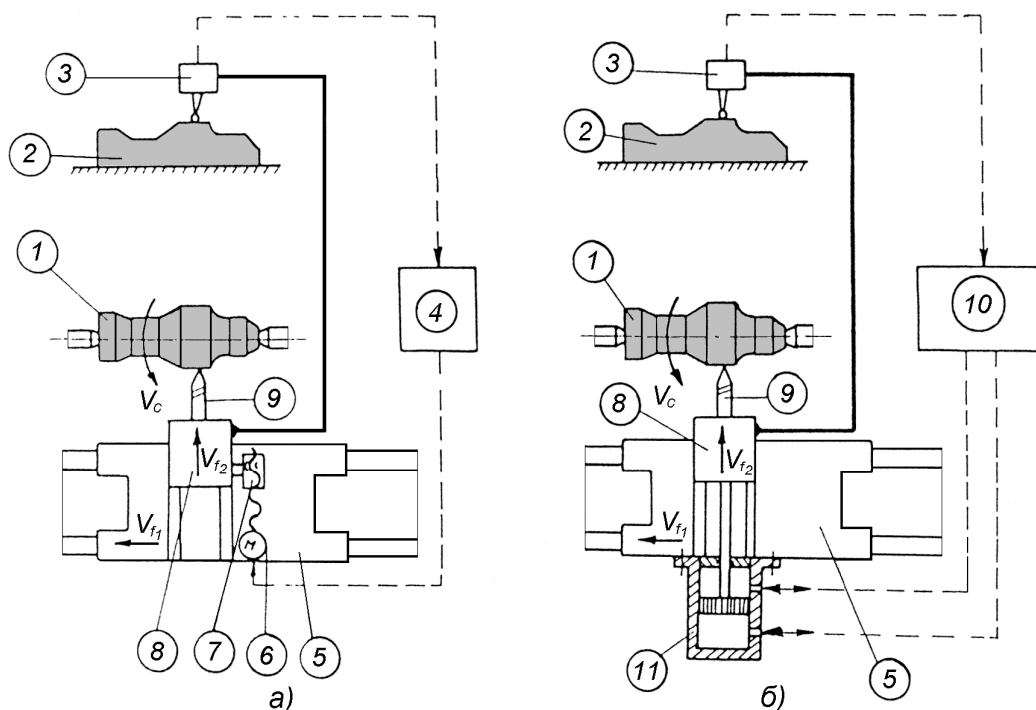
Фиг. 3.14 Варианти на разположение на револверната глава на револверен струг

В условията на дребносерийно производство се използват универсални стругове, снабдени с копирни устройства (механични или хидравлични). В условията на едросерийно и масово производство се използват специализирани копирни стругове, снабдени с един или два супорта.

Технологичната схема при копирните стругове е идентична с тази при универсалните стругове (фиг. 3.1 ж). Главното движение на рязане V_c

се извършва от заготовката, а подавателните V_{f1} и V_{f2} , които трябва да са строго съгласувани съобразно профила на обработваната повърхнина – от инструмента. Надлъжното подаване V_{f1} се получава по кинематичен път, а напречното V_{f2} – от специална копирна система.

На фиг. 3.15 [6] са показани варианти на копирни системи, изградени на електрически и хидравличен принцип (в практиката се използват също и механични копирни системи, но редица експлоатационни недостатъци правят приложението им ограничено). Общото в двата случая е това, че сигналът за управление на напречното подаване V_{f2} се получава от копира (шаблона) 2, който представлява плосък или ротационен елемент с профил, еднакъв с този на обработвания детайл 1. При движение V_{f1} на надлъжната шейна 5 се премества и осезателят 3, който притиснат от пружина, обхожда профила на копира 2. Чрез получения от осезателя 3 сигнал се управлява движението на напречната шейна 8 с режещия инструмент 9.



Фиг. 3.15 Принцип на работа на копирни системи
(а – електрокопирна; б – хидрокопирна)

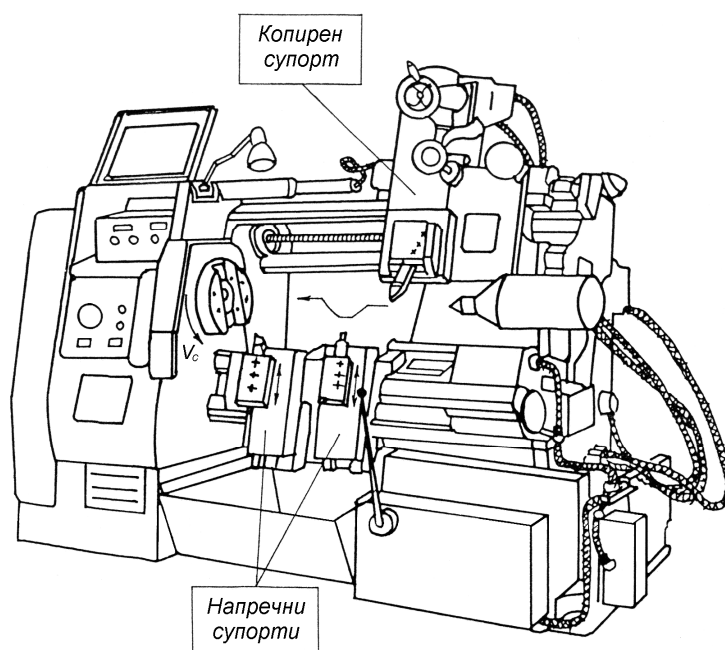
При електрокопирните системи (фиг. 3.15 а) сигналът от осезателя 3 е електрически и се предава през управляващо устройство 4 на електродвигателя 6, откъдето през винтова предавка 7 се задвижва напречната шейна 8 (V_{f2}).

При хидрокопирните системи (фиг. 3.15 б) сигналът от осезателя 3 се предава на следящия разпределител 10, който чрез хидроцилиндъра 11 управлява движението V_{f2} на напречната шейна 8.

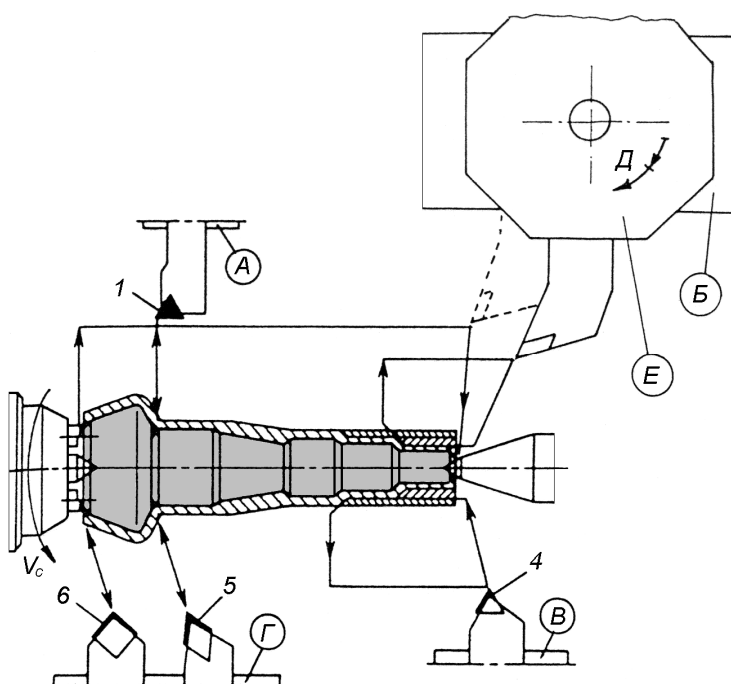
По-широко приложение в практиката са намерили хидрокопирните системи, които се вграждат в специализирани хидрокопирни стругове.

Освен надлъжния копирен супорт хидрокопирните стругове имат и един или повече напречни супорта, като установените на тях инструменти струговат къси профилни повърхнини, канали и фаски.

На фиг. 3.16 е даден общ вид на хидрокопирен стругов полуавтомат с един надлъжен копирен и два напречни супорта [6].



Фиг. 3.16 Общ вид на хидрокопирен стругов полуавтомат 1722



Фиг. 3.17 Технологична схема при многоножово профилно струговане [6]

При струговане на детайли с по-сложен профил могат да се използват и по-голям брой инструменти, установени върху различни надлъжни и напречни супорти. На схемата, показана на фиг. 3.17, върху надлъжния супорт *Б* е монтирана револверната глава *Е*, която чрез установъчно движение *Д* позволява последователно подвеждане към зоната на рязане на различни ножове.

3.5. СТРУГОВИ АВТОМАТИ С ГЪРБИЧНО-ЛОСТОВО УПРАВЛЕНИЕ

Струговите автомати се използват за обработване на ротационни детайли чрез външно струговане, обработване на централни отвори и нарязване на външни и вътрешни резби. Заготовката е от калиброван прътов материал, което позволява някои участъци от нейната повърхнина да не се обработват, а да останат окончателни повърхнини на детайла.

Управлението на автоматите става по информация, въведена предварително чрез подходящо профилиране на плоски и цилиндрични гърбици. Тази информация се отнася до:

- геометрията на обработения детайл;
- параметрите на технологичния режим (скорост, подаване и дълбочина на рязане);
- последователността на работа на отделните инструменти и смяната на детайлите, т.е. до създаване на автоматизиран цикъл на работа.

Чрез синхронизирано въртене на всички гърбици движението за управление се предава чрез лостови механизми на изпълнителните звена (супорти, шейни, люлки, затегателни устройства и др.).

Настройването на автоматите изисква проектиране и изработване на нови гърбици и е свързано със значителен разход на време, труд и материали, поради което приложението на тези машини е ефективно само в условията на едросерийно и масово производство.

Към групата на струговите автомати с гърбично-лостово управление се отнасят: профилно-отрязващите, надлъжно-профилните, многовретенните, револверните и др. автомати.

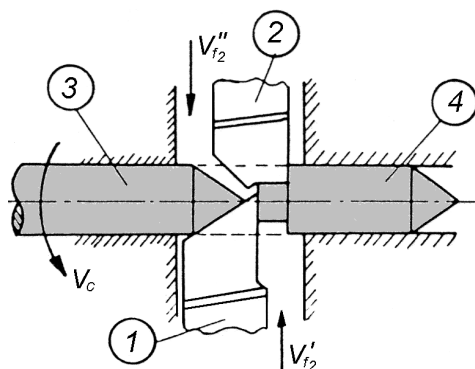
• ПРОФИЛНО – ОТРЯЗВАЩИ АВТОМАТИ

Профилно-отрязващите автомати се използват за струговане на къси детайли, чиято дължина е съизмерима с работния профил на стругарските ножове.

Технологичната схема на профилно–отрязващите автомати е дадена на фиг. 3.18 [6]. Главното движение на рязане V_c се извършва от заготовката 3, а инструментите извършват напречните подавателни движения V_{fl}^I и V_{fl}^{II} . Двата ножа 1 и 2 са профилни и струговат отделни участъци от повърхнината на заготовката чрез копиране. Ножът 1 се

използва и за отрязване на готовия детайл 4. Надлъжно подавателно движение липсва.

Малкият обхват на диаметрите прави често достатъчна само една скорост на вретеното, поради което кинематиката на тези машини е много опростена.



Фиг. 3.18 Технологична схема на профилно-отрязващ автомат

• НАДЛЪЖНО–ПРОФИЛНИ АВТОМАТИ

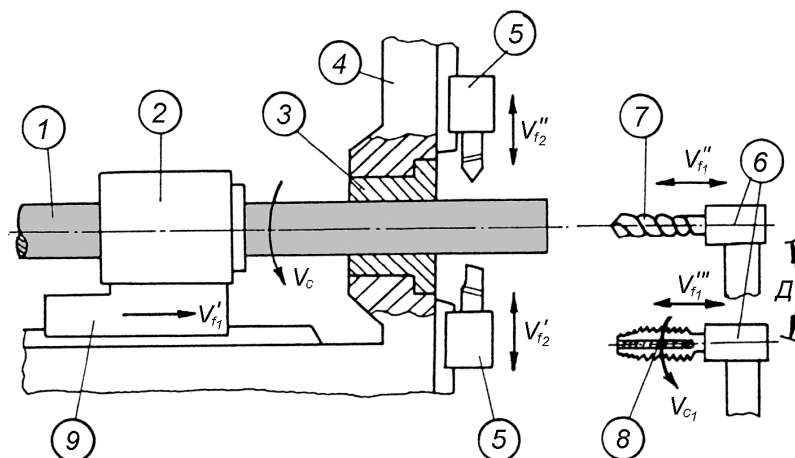
Надлъжно–профилните автомати се използват за обработване на по-дълги заготовки, за което е необходимо и надлъжно подаване. Технологична схема на тези машини е показана на фиг. 3.19 [6]. Тя включва следните движения:

- главно движение на рязане V_c , което се извършва от заготовката 1, установена във вретения възел 2;
- надлъжно подавателно движение V_{f1} , което се извършва от заготовката 1, като вретеният възел 2 се премества заедно с надлъжния супорт 9 по направляващите на тялото;
- напречно подавателно движение V_{f2} (V_{f2}^I , V_{f2}^{II} ), което се извършва от ножовете, установени на супортите 5.

Чрез съгласуване на двете движения V_{f1} и V_{f2} могат да се обработват цилиндрични, челни и профилни повърхнини.

За обработване на отвори в челото на заготовката се използват инструменти, установени в люлката 6. При пробиване свредлото 7 извършва само надлъжно подавателно движение V_{f1}^{II} (заготовката е изведена в крайно предно положение). След установъчно завъртане D на люлката 6, в работната зона постъпва метчикът 6, който заедно с нея извършва надлъжно подавателно движение V_{f1}^{III} . Тъй като метчикът трябва да излезе от нарязаната резба, с цел да се избегне реверсирането на главното движение V_c на метчика се предава въртливо движение V_{c1} с две скорости V_{c1}^I и V_{c1}^{II} . Първата от тях е $V_{c1}^I > V_c$, при което метчикът изпреварва заготовката и прониквайки в нейния отвор, нарязва резбата. След това се превключва втората скорост $V_{c1}^{II} < V_c$, при която метчикът

изостава от заготовката и излиза от резбата. По подобен начин се нарязват и резби с плашка.

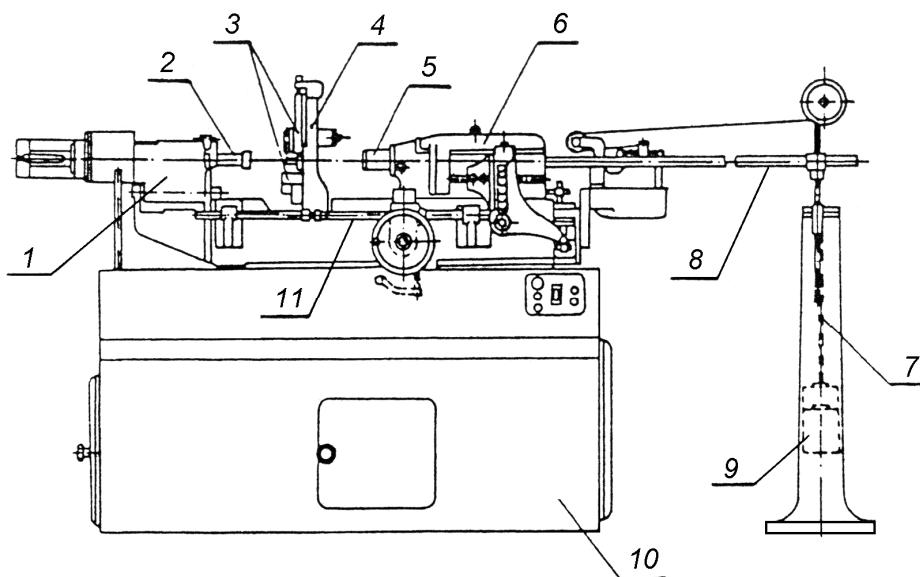


Фиг. 3.19 Технологична схема на надлъжно-профилен автомат

При някои надлъжно-профилни автомати в люлката може да се установи устройство за фрезование (напр. за фрезование по челото на канал за отвертка и др.).

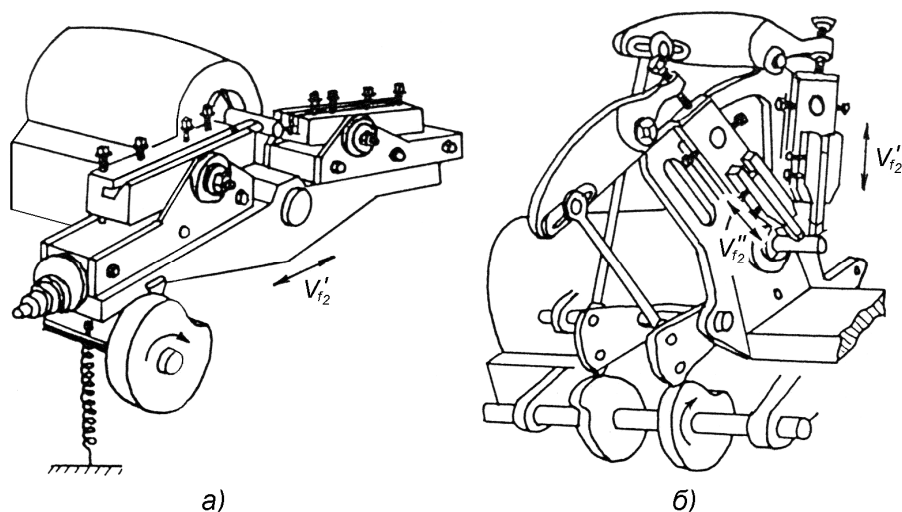
Общ вид на надлъжно-профилен автомат е показан на фиг. 3.20 [6].

На фиг. 3.21 е показана гърбично-лостовата система за управление на напречните супорти в два варианта – подаване на супортите в блок (фиг. 3.21 а) и задвижване на всеки супорт поотделно (фиг. 3.21 б) [6].



Фиг. 3.20 Общ вид на надлъжно-профилен автомат

(1 – пробивно-резбонарязващо устройство; 2 – резбонарязващо вретено; 3 – напречни супорти; 4 – мост; 5 – главно вретено; 6 – подвижно вретено седло; 7 – стоманено въже; 8 – кожух за прътовия материал; 9 – тежести; 10 – тяло; 11 – команден вал)



Фиг. 3.21 Варианти на задвижване на супортите при надлъжно-профилен автомат

•МНОГОВРЕТЕННИ АВТОМАТИ

Съществено увеличаване на производителността при надлъжно-профилните автомати може да се постигне при едновременно обработване на няколко заготовки. На тази концепция са изградени многовретенните автомати.

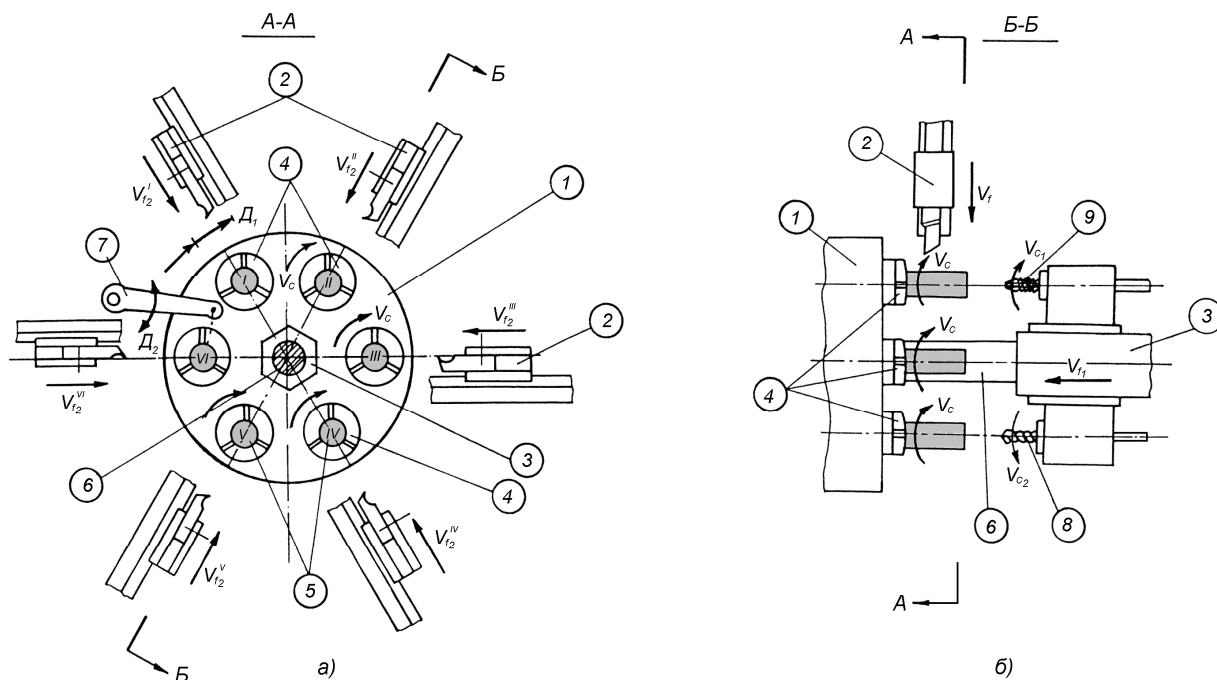
Многовретенните автомати се характеризират с наличието на многовретенен барабан (фиг. 3.22), който може да съдържа от 6 до 12 (в редки случаи до 20) вретена. Във всяко вретено е установена заготовка от прътов материал, захваната в цангови патронници 4, която извършва главното движение на рязане V_c . Барабанът 1 се завърта периодично на определен ъгъл (движение D_1), като вретената редуват местата си. Работните позиции на барабана са 6, като в последната от тях (VI) се отрязва готовият детайл. След това цангите 4 се отварят, ограничителят 7 се спуска, прътовият материал се подава на дължина, определена от ограничителя, цангите се затварят и ограничителят се изтегля нагоре (движение D_2).

В работните позиции са разположени напречните супорти 2 със стругарски ножове, които извършват напречно подавателно движение V_{f2} . Чрез тях се струговат къси профилни повърхнини, канали и фаски и се отрязва готовият детайл.

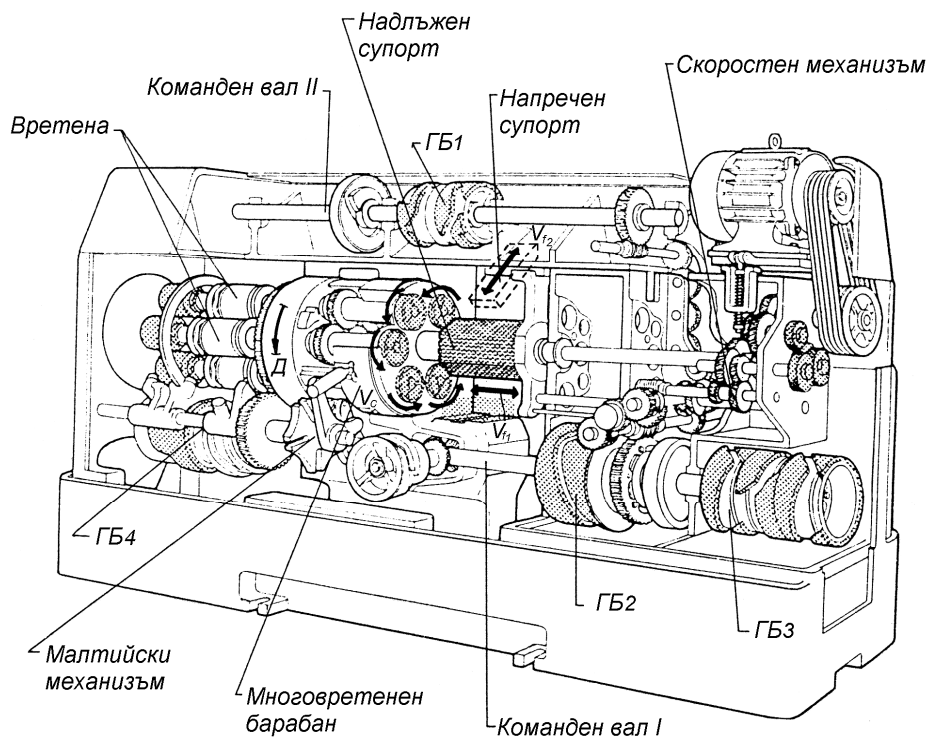
По кръглите цилиндрични направляващи 6 се премества надлъжният супорт 3. На него се разполагат предварително установени на размер свредло 8, метчик 9 и стругарски ножове за надлъжно струговане (на фиг. 3.22 не са показани). Всички тези инструменти извършват заедно надлъжното подавателно движение V_{f1} .

При нарязване на резба с метчика 9 той получава допълнително въртене V_{c1} с две скорости, при което се постига описаният при надлъжно-

профилните автомати ефект на избързване и изоставане на метчика спрямо заготовката.



Фиг. 3.22 Работна зона на многовретенен автомат



Фиг. 3.23 Общ вид на многовретенен автомат

И тук подавателните движения V_{f1} и V_{f2} се осъществява чрез гърбично-лостови механизми. Както се вижда от конструкцията на машината (фиг. 3.23) [6,23], гърбичните барабани са установени върху два

синхронно въртящи се командни вала *I* и *II*. Предназначението на отделните гърбични барабани $ГБ_j$ е:

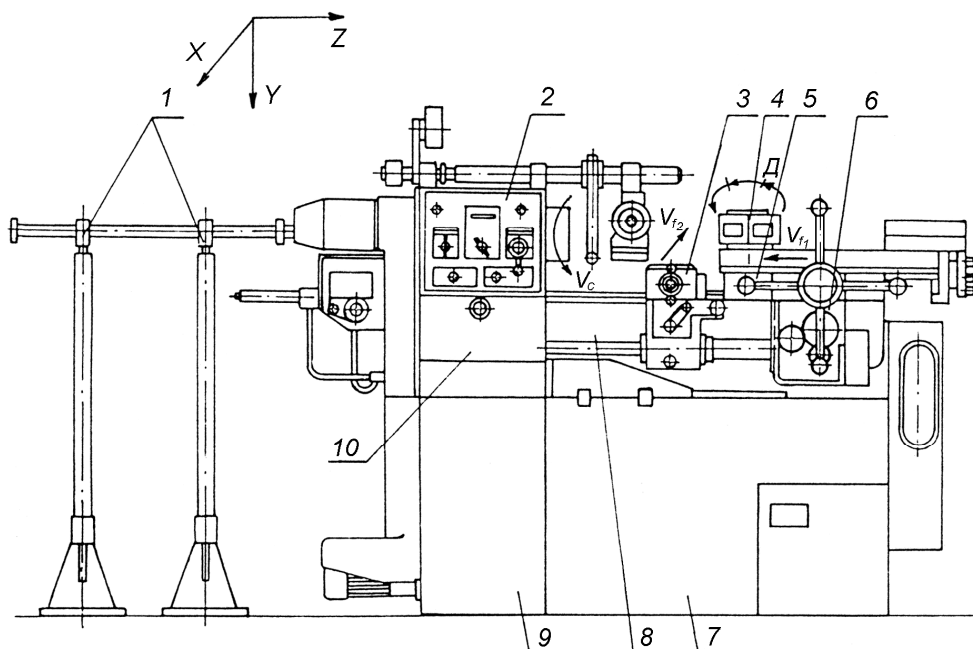
- $ГБ_1$ – за задвижване на напречните супорти (V_{f2});
- $ГБ_2$ – за задвижване на надлъжния супорт (V_{f1});
- $ГБ_3$ – за регулиране на скоростите на главните движения на рязане V_c , V_{c1} и V_{c2} чрез автоматично превключване на предавки в скоростния механизъм;
- $ГБ_4$ – за управление на цангите и прътоподаващото устройство.

Завъртането $Д$ на многовратенния барабан се осъществява от малтийски механизъм.

•РЕВОЛВЕРНИ АВТОМАТИ

Револверните автомати са съчетание между револверните стругове и гърбичните автомати. Те притежават револверни глави, върху които се установяват различни инструменти: стругарски ножове за външно и вътрешно струговане, метчици, плашки и др. Технологичните възможности на револверните автомати са идентични с тези на надлъжно – профилните автомати.

На фиг. 3.24 е даден общият вид на револверен автомат с шестпозиционна револверна глава [6]. Тук са налице същите супорти и прътоподаващо устройство, както при надлъжно-профилните автомати. Подобни са също кинематиката и начинът на управление на тези две групи машини.



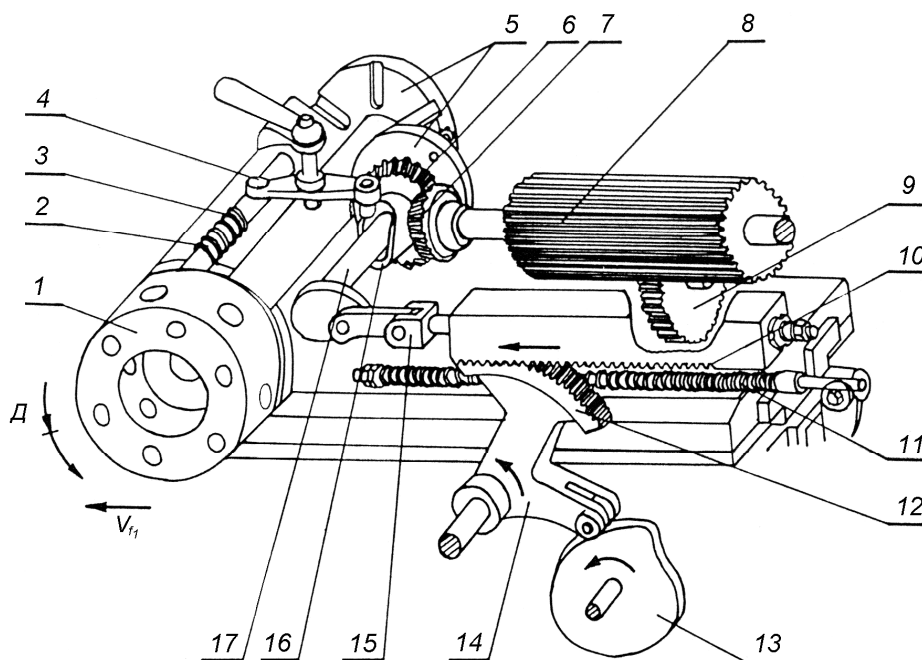
Фиг. 3.24 Общ вид на револверен стругов прътов автомат

- (1 – стойки; 2 – предно седло; 3 – напречен супорт; 4 – револверна глава;
5 – надлъжна шейна; 6 – подавателен механизъм за револверната глава; 7 – тяло;
8 – двигателен вал; 9 – скоростна кутия; 10 – подавателна кутия)

На фиг. 3.25 е показан механизмът за задвижване на револверната глава [6]. Надлъжното подаване V_{fl} на главата с инструментите се осигурява от гърбицата 13, разположена върху командния вал. При въртене в указаната посока тя завърта лоста 14, който чрез зъбния сектор 12 и зъбния гребен 10 при изправено рамо на коляно-мотовилковия механизъм 15 подава напред револверната глава 1. Връщането на главата става под действие на пружината 11.

Движението D е дискретно завъртане на главата 1 на $1/6$ оборота. То се получава от друга гърбица, монтирана върху командния вал, която включва зъбен съединител (на фиг. 3.25 не е показан), при което зъбното колело 9 получава определено количество движение. През зъбните двойки 9 - 8 и 7 - 6 то достига до вала 17, който се завърта дискретно на един оборот. Това води до следното:

- гърбицата 16 завърта лоста 4, като изтегля фиксатора 3 от съответния отвор в револверната глава 1;
- малтийският механизъм 5 завърта главата на 1 на $1/6$ оборота;
- гърбицата 16 освобождава фиксатора 3, който под действие на пружината 2 се връща назад, застопорявайки отново револверната глава 1.



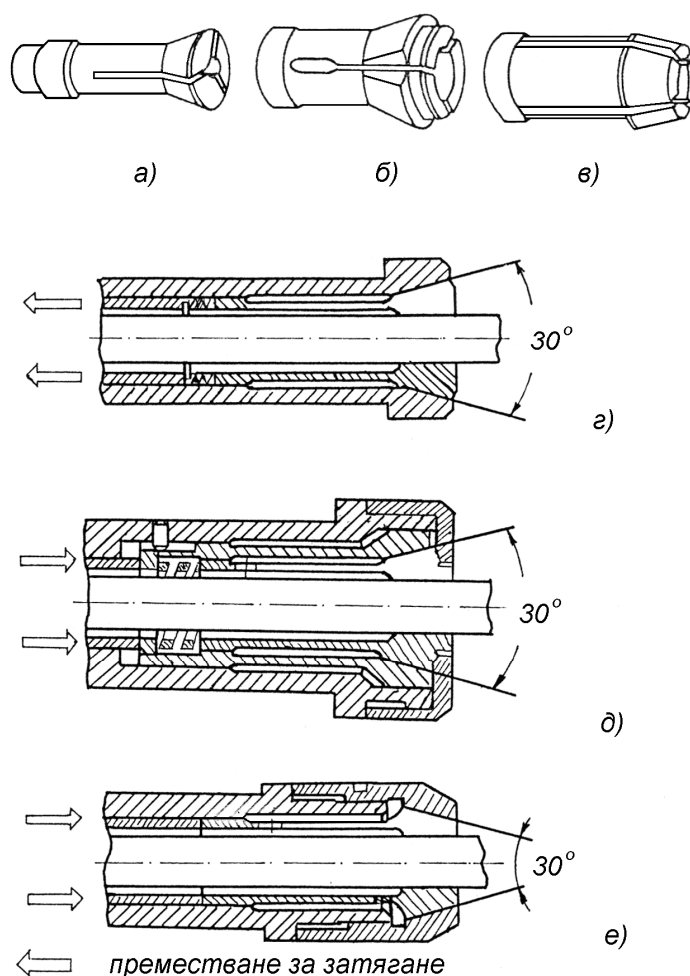
Фиг. 3.25 Механизъм за задвижване на револверната глава

• ПРИСПОСОБЛЕНИЯ КЪМ СТРУГОВИТЕ АВТОМАТИ

Основното приспособление към струговите автомати е цанговият патронник, който осигурява сигурно захващане на прътовия материала по време на работа, лесно освобождаване, автоматизирано управление и притежава висока надеждност. Предназначени са за установяване на

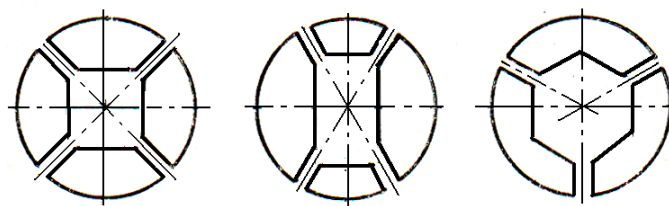
заготовки от прътов материал с повишена точност на формата и размерите. Те се комплектоват с по няколко цанги, различаващи се по размера на отвора за прътовия материал.

На фиг. 3.26 а,б,в са дадени три конструкции цанги, а на фиг. 3.26 г,д,е – съответстващите им патронници [6]. Цангите представляват радиално прорязани пружиниращи втулки от закалена стомана, които в предния край са оформени по конус 30° (прав или обратен). Цангите влизат в патронник, чийто отвор е оформен по същия конус. При издърпване на цангата назад челюстите се плъзгат по конусното легло на патронника, свиват се радиално и равномерно затягат заготовката. При обратния ход, вследствие на еластичността им, те се раздалечават и заготовката се освобождава.



Фиг. 3.26 Цанги (а,б,в) и цангови патронници (г,д,е)

Цанговите патронници се използват за установяване на заготовки не само по цилиндрични, но и по други повърхнини – с квадратна, правоъгълна, шестостенна и друга форма. За целта работните повърхнини на челюстите се оформят по съответен начин (фиг. 3.27).



Фиг. 3.27 Цангови центроваци устройства за установяване на заготовки по многостенни повърхнини

• НАСТРОЙВАНЕ НА СТРУГОВИТЕ АВТОМАТИ

Настройването на струговите автомати се отнася до смяна на някои от гърбиците, които създават подавателните движения. Те се монтират на един или повече командни вала, които се въртят съгласувано (най-често с еднакви честоти).

Според своите функции гърбиците се разделят на две групи.

А. Гърбици за създаване на подавателни движения.

При профилиране на тези гърбици се изхожда от:

- скоростта на подавателното движение, което трябва да създадат;
- големината на хода на изпълнителното звено (супорт, шейна);
- последователността на работа на отделните инструменти.

Профилът на повечето от тези гърбици зависи от геометрията на детайла и избраните параметри на технологичния режим, поради което при пренастройване на машината за обработване на други детайли се изработват нови гърбици.

Б. Гърбици за създаване на установъчни движения и движения за управление на машината.

Тези движения се отнасят до: затягане и освобождаване на заготовката; подаване на прътовия материал; задействане на ограничителя на прътовия материал; завъртане на многовратения барабан, револверната глава или люлката и т.н. Тъй като тези движения не зависят от геометрията на детайла и параметрите на режима, съответните гърбици не се променят при пренастройването на машините.

3.6. СТРУГОВЕ С ЦИФРОВО ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ

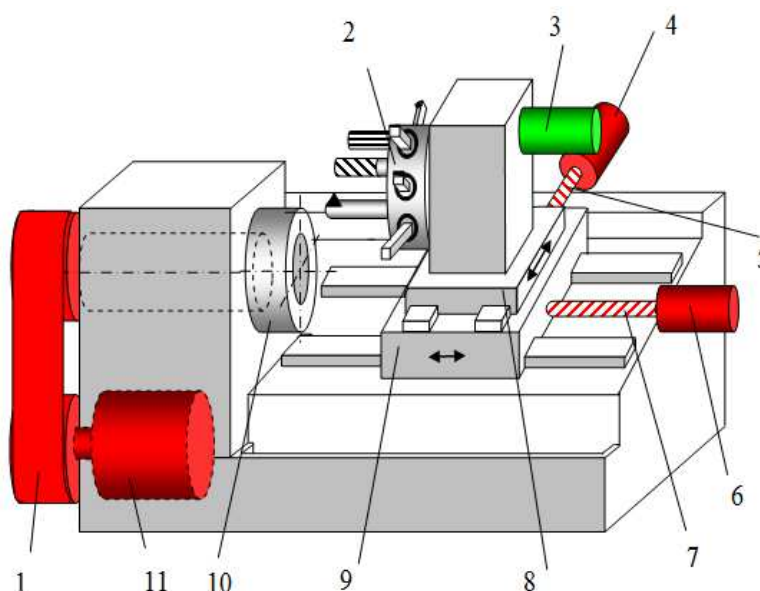
Струговите машини с ЦПУ са предназначени за обработване предимно на ротационно-симетрични детайли (РСД) като валове, оси, втулки, дискове и др. Основните технологични преходи са струговане на външни и вътрешни повърхнини с произволни контури и обработване на съосни отвори (чиято ос лежи на оста на въртене на заготовката) чрез пробиване, разстъргване, нарязване на резба и др.

Информацията, която се въвежда в струговете с ЦПУ, се разделя на геометрична, технологична и управленска. Управленската информация се

отнася не само до режещите инструменти, но и до цялата периферия на машината: манипулатори за смяна на детайлите, устройства за смяна на инструментите, устройства за мазание, охлаждане и отвеждане на стружките и др.

Важна стъпка към повишаване на експлоатационните показатели при струговете с ЦПУ са мерките за намаляване на загубите от триене и отстраняване на хлабините. Плзгащите направляващи се заменят с търкалящи направляващи, традиционната плзгаща двойка “винт-гайка” отстъпва място на сачмено-винтовата двойка (СВД). Така триенето чрез плзгане се заменя с триене чрез търкаляне, при което съпротивлението при движение е значително по-малко. Заедно с това се постига възможност за отстраняване на хлабините. Носещата способност на СВД е значително по-голяма, което създава условия за повишаване на режимите на рязане.

Общ вид на струг с ЦПУ е показан на фиг. 3.29.



Фиг. 3.29. Общ вид на стругова машина с ЦПУ

При струговите машини с ЦПУ всеки работен орган има собствен превод. Вретеното 10 се задвижва от главния електродвигател 11 чрез ремъчната предавка 1. Надлъжният 9 и напречният супорт 8 имат много опростени преводи, състоящи се съответно от електродвигателите 6 и 4 и СВД 7 и 5. Скоростта на движение на супортите се изменя и реверсира единствено чрез изменение на честотата на въртене на ротора на електродвигателя.

Коренно изменение претърпява и главното движение. Сложните кинематични вериги, присъщи на машините с ръчно управление, се заместват от опростени, които позволяват автоматично превключване на степените.

Необходимостта от автоматизиране на повече от дейностите, свързани с работата на металоорежещите машини с ЦПУ, включва автоматичната смяна на инструментите. Ножодържачът с ръчно сменяне на инструменти при струговите машини с ръчно управление се замества от револверната глава 2, която се задвижва от електродвигателя 3 и се управлява от системата за ЦПУ

За противодействие на нарасналите натоварвания при по-високите режими на работа се изменя и конструкцията на корпусите. Вместо хоризонтално разположените направляващи вече се използват корпуси, върху които направляващите са наклонени, примерно под 60° . Това позволява по-лесно отвеждане на стружките (те падат по естествен път в стружкосъбирателното устройство), по-добър обзор на работната зона, по-лесен достъп до нея при автоматизиране на процеса на зареждане със заготовки.

Независимо от конструктивната самостоятелност на отделните вериги, подавателните движения могат да се съгласуват и синхронизират по програмен път чрез т.н. *интерполация*, в резултат на което инструментът се движи по сложна траектория. Съществуват две групи интерполации: прости (линейни, кръгови и хеликоидални) и сложни (сплайнови, NURBS, трохоидални и др.). Съгласуване на надлъжното V_{fl} и напречното V_f подавателни движения чрез линейна и кръгова интерполация е показано на фиг. 3.30. Тя позволява чрез стъпково преместване на инструмента по две оси X и Z да се опишат произволни траектории. Големината на стъпките ΔX_j и ΔZ_j се управлява чрез броя на електрическите импулси, предавани към електродвигателите за надлъжно и напречно подаване. По този начин струговете с ЦПУ могат да обработват цилиндрични, челни, конусни и ротационни профилни повърхнини.

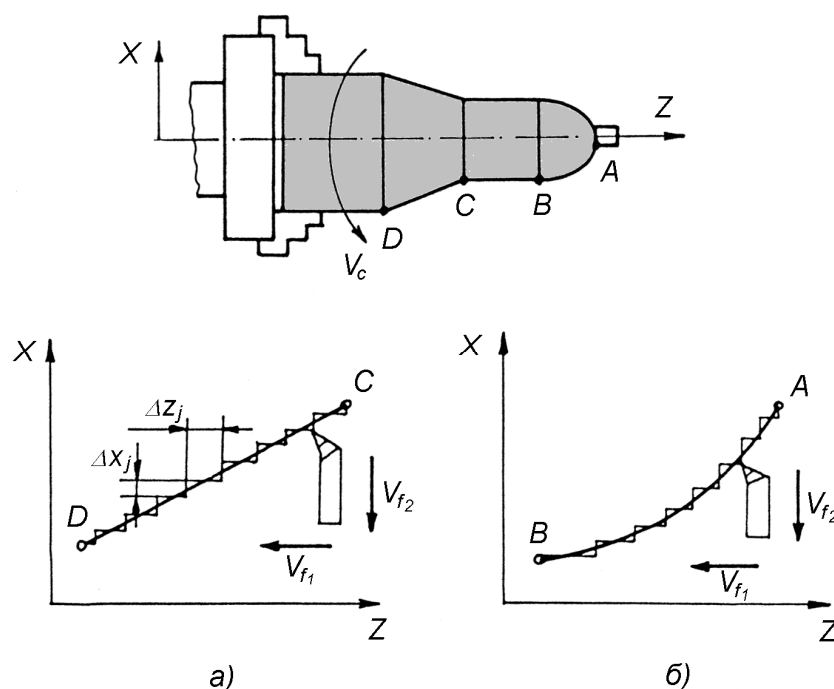
Чрез съгласуване на главното движение на рязане V_c с надлъжното подавателно V_{fl} се осигурява възможност за нарязване на резби. Това става по програмен път, като от вретеното чрез датчик за път се взема постоянно сигнал, който постъпва в управляващото устройство и след сравняване с програмираната стойност се насочва във вид на импулси към електродвигателя за надлъжно подавателно движение V_{fl} .

При струговите машини с ЦПУ с безстепенно регулиране на главното движение е възможно програмиране на *постоянна скорост на рязане*.

Известно е, че скоростта на рязане $V_{c,i}$ е свързана с текущата стойност на диаметъра D_i , по който се извършва обработката, със зависимостта

$$V_{c,i} = \pi D_i n_c / 1000, \quad (3.1)$$

където $n_c = \text{const}$ е честотата на въртене на заготовката.



Фиг. 3.30. Линейна (а) и кръгова (б) интерполация

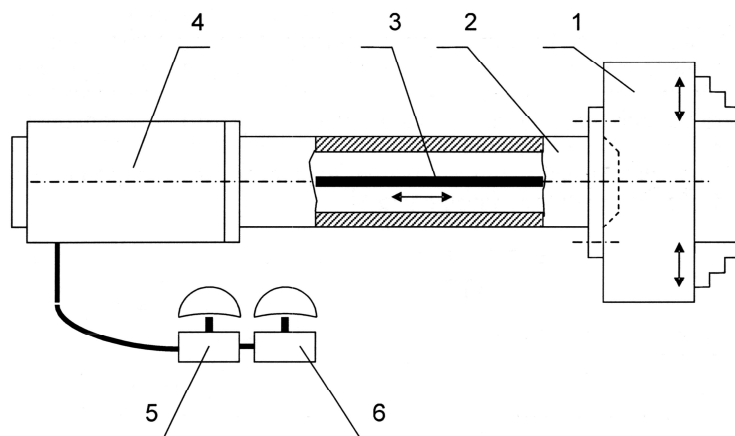
При заготовки с голям диаметър скоростта на рязане се изменя в широки граници (напр. при челно струговане на заготовка с диаметър $d = 300 \text{ mm}$ съотношението на скоростите на рязане в началото и края на обработката е повече от 30). В зоната около периферията на заготовката скоростта е значително по-висока, отколкото в зона, близка до оста на въртене. Ако режимът на рязане е изчислен на база на скоростта на рязане в зона, близка до периферията, при приближаване до оста на въртене скоростта на рязане пада, а заедно с нея и производителността на процеса рязане.

За запазване на производителността скоростта на рязане може да се поддържа постоянна ($V_c = \text{const}$) чрез изменение на честотата на въртене на вретеното n_c . Тогава

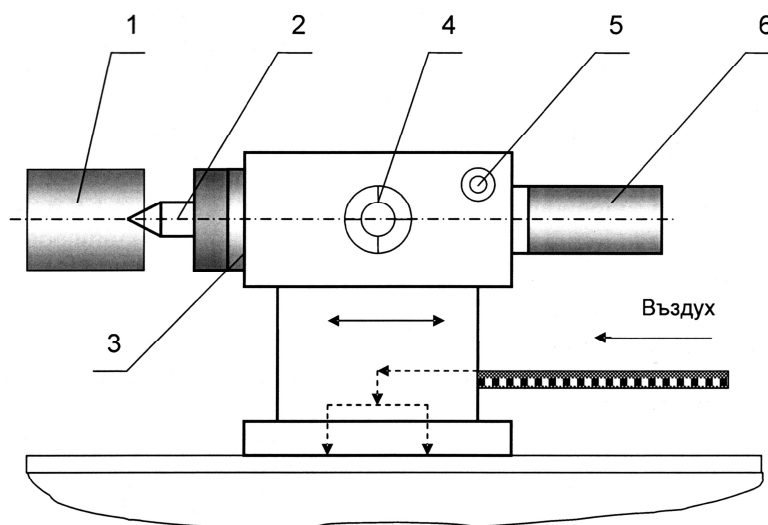
$$n_{c,i} = 1000 V_c / (\pi D_i). \quad (3.2)$$

На фиг. 3.31 а е дадена кинематична схема на струг с ЦПУ, а на фиг. 3.31б – планът на честотите на въртене на главния превод [6]. Както се вижда, кинематиката е силно опростена, но осъществява големи възможности – широк обхват от честоти на въртене на вретеното от 20 до 3000 min^{-1} с безстепенно регулиране.

определена сила до заготовката. Стойността ѝ трябва да бъде подбрана така, че заготовката да е надеждно закрепена (да не бъде изхвърлена от центробежните сили при недостатъчно притискане) и да не се деформира (при сила на затягане над допустимата). Стойността на силата се настройва чрез превключвателя 4.



Фиг. 3.32 Универсален самоцентриращ тричелюстен патронник с механизмирано задвижване на челюстите [17]

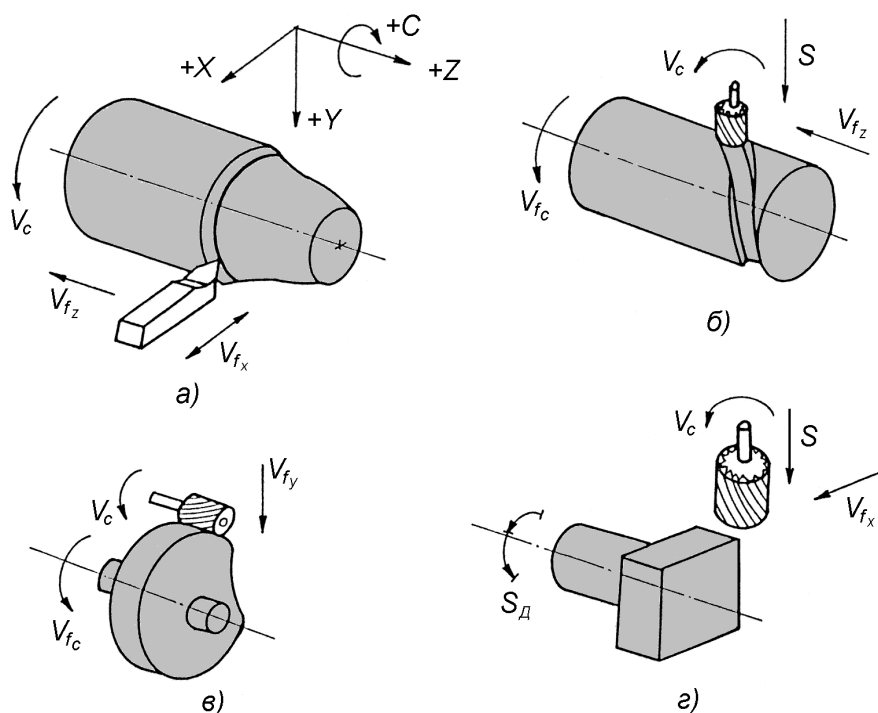


Фиг. 3.33 Настройване на положението на задното седло и задния център [17]

Ефективното комплексно обработване на ротационно-симетрични детайли в условията на дребносериенно производство, когато машинното време е над 60 - 65% от оперативното време, се постига с използването на *обработващи центри за ротационно-симетрични детайли* (ОЦ за РСД) (стругови обработващи центри). Те се изграждат на основата на струговете с ЦПУ чрез допълнително монтирани възли (агрегати), създаващи възможности за пробиване, фрезование и др. видове обработки.

На фиг. 3.34 [6] са показани основните технологически схеми при ОЦ за РСД, от които се вижда, че вretenото със заготовката трябва да изпълнява различни функции:

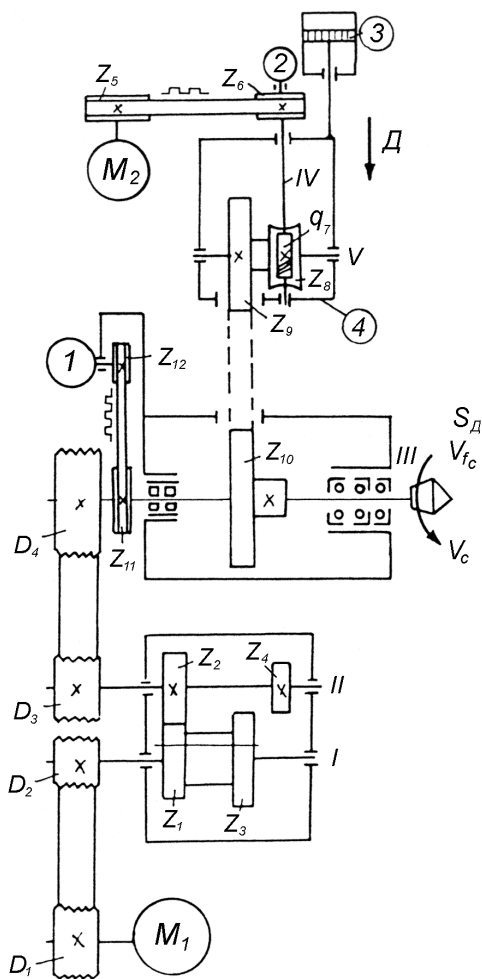
- при струговане (фиг. 3.34 а) вretenото извършва главното движение на рязане V_c , което изисква да се върти с високи честоти и да има голям въртящ момент; при струговане на конусни и профилни повърхнини двете подавателни движения V_{fx} и V_{fz} трябва да бъдат съгласувани;
- при фрезозане на винтови канали (фиг. 3.34 б) вretenото трябва да извършва кръгово подавателно движение V_{fc} , което да бъде съгласувано с надлъжното подавателно движение на инструмента V_{fz} , а при фрезозане на плоски гърбици (фиг. 3.34 в) – кръговото подавателно движение на вretenото V_{fc} трябва да бъде съгласувано с напречното движение на инструмента V_{fy} ;
- при фрезозане на равнинни повърхнини (фиг. 3.34 г), както и при обработване на нецентрални отвори, вretenото трябва да бъде застопорено; за преминаване от една повърхнина към друга то трябва да извършва позициониращо (делително) движение S_d на точно определен централен ъгъл.



Фиг. 3.34 Технологически схеми при обработващ център за ротационно-симетрични детайли

За осъществяване на схемите от фиг. 3.34 е необходимо съгласуване на движенията в три комбинации (спрямо координатната система на струга): по осите X и Z, по осите C и Z и по осите C и Y.

3.35 [6].



Фиг. 3.35 Кинематична схема на стругов обработващ център

Главното движение при струговане V_c от фиг. 3.34 а се взема от постояннотоковия електродвигател M_1 , преминава през многоклинова ремъчна предавка $D_1 - D_2$, редуцира се от двойната зъбна група с предавки $Z_1 - Z_2$ и $Z_3 - Z_4$, и през втора многоклинова ремъчна предавка $D_3 - D_4$ се предава на вретеното III, където се получават два подобхвата от честоти на въртене с безстепенно регулиране.

Кръговото подавателно движение на вретеното V_{fc} (ос С) съгласно фиг. 3.34 б,в се получава от друга верига, която започва от електродвигателя M_2 и включва зъбно-ремъчната предавка $Z_5 - Z_6$, червячната предавка $q_7 - Z_8$ и зъбната предавка $Z_9 - Z_{10}$. За по-висока кинематична точност и стабилност червячната предавка $q_7 - Z_8$ е сглобена без хлабина.

По същата верига се задвижва вretenото за получаване на позициониращото движение S_d от фиг. 3.34 г.

Задвижването на вретеното от втората верига (от електродвигателя M_2) може да се постигне, като хидроцилиндърът 3 премести корпусния елемент 4 до зацепване на зъбните колела Z_9 и Z_{10} . Тук е предвидена електрическа блокировка, която не позволява в този случай задвижване на вретеното от първата верига (от електродвигателя M_1).

При извършване на позициониращото движение S_d се използва ориентирано спиране на електромотора M_2 .

За съгласуване на движенията по отделните оси се взема сигнал от фотоелектричните преобразуватели 1 и 2.

Револверните глави при струговите центри се различават от тези при струговете с ЦПУ по наличието на превод за задвижване на въртящи се инструменти.

За задвижване на въртенето на револверната глава и въртенето на инструментите се използва един двигател (фиг. 3.36), като превключването на механизмите се извършва с хидроцилиндър.

Задвижването на револверната глава се извършва от двигателя 1, чието ъглово положение се следи от енкодера 2. От двигателя движението може да се предава по две кинематични вериги, като за завъртане на главата вилката се премества наляво посредством хидроцилиндъра 1, в резултат на което съединителят С предава движението към зъбния редуктор $Z_1-Z_2-Z_3-Z_4$. Въртенето се извършва след изключване на хиртовия съединител ХС чрез хидроцилиндъра 2. Револверната глава се завърта до програмираната позиция по сигнал на енкодера 2. След заемане на позицията се включва хиртовия съединител ХС посредством хидроцилиндъра 2.

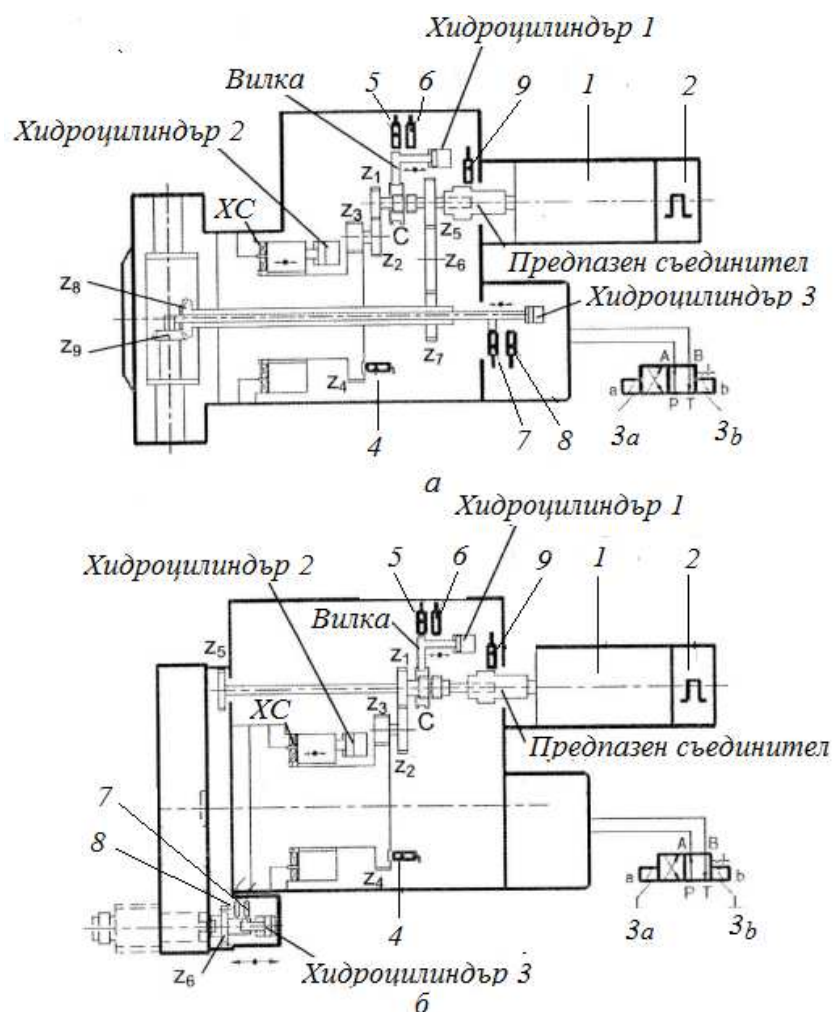
Задвижването на въртящите се инструменти при радиално разположение на гнездата (фиг. 3.36 а) се извършва, като чрез хидроцилиндъра 1 вилката се премества надясно и прекъсва кинематичната верига за задвижване на револверната глава. През редуктора $Z_5-Z_6-Z_7$ движението се предава към двойката конусни зъбни колела Z_8 и Z_9 и оттам на инструментодържача. Зъбното колело Z_9 принадлежи на всяко гнездо, докато Z_8 задвижва всички зъбни колела Z_9 . Преди завъртането на револверната глава хидроцилиндърът 3 извежда от зацепване зъбното колело Z_8 (с движение надясно) и възстановява зацепването (с движение наляво) при задвижване на въртящ инструмент.

Задвижването на въртящите се инструменти при аксиално разположение на гнездата (фиг. 3.36 б) се извършва, като чрез хидроцилиндъра 1 вилката се премества надясно и прекъсва кинематичната верига за задвижване на револверната глава. Движението се предава директно на зъбно колело Z_5 . Чрез хидроцилиндъра 3 зъбното колело Z_6 се зацепва със зъбното колело Z_5 и движението се предава на инструментодържача. Зъбното колело Z_5 и зъбното колело Z_6 задвижват всеки от инструментодържачите, заел работна позиция. Преди завъртането

на револверната глава хидроцилиндърът 3 извежда от зацепване зъбното колело Z_6 (с движение надясно) и възстановява зацепването (с движение наляво) при задвижване на въртящ инструмент.

Сензорите подават сигнали за състоянието на механизмите:

- 5 и 6 – за положението на вилката, т.е. коя от кинематичните вериги е включена;
- 7 и 8 – за състоянието на зацепване на зъбни колела Z_8 и Z_9 (фиг. 3.36 а) и Z_5 и Z_6 (фиг. 3.36 б);
- 9 – за състоянието на предпазния съединител;
- 3_a и 3_b – за състоянието на хидроразпределителя.

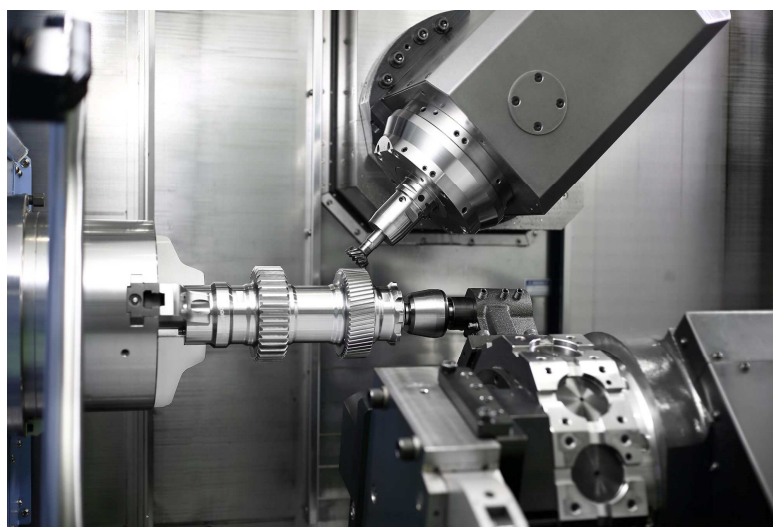
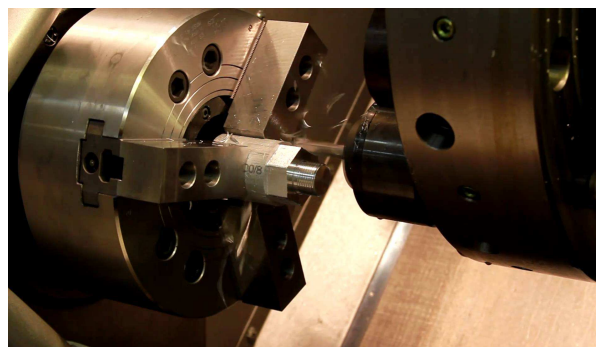


Фиг. 3.36 Задвижване на револверната глава и въртящите инструменти [17]

На фиг. 3.37 са показани стругов обработващ център ST 30 от продуктова гама на HAAS Automation (USA) (фиг. 3.37 а) и примери за обработвани повърхнини върху стругови центри (фиг. 3.37 б).



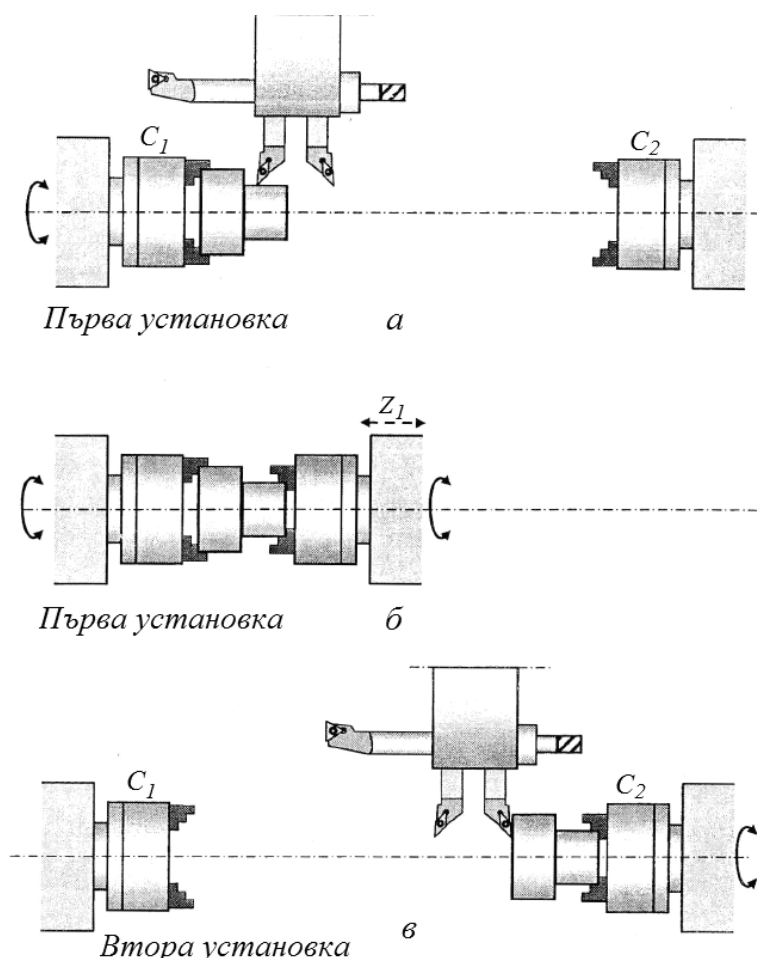
а



б

Фиг. 3.37 Стругов обработващ център ST 30 (HAAS) [24] (а) и примери за обработвани повърхнини върху стругови центри (отвори изместени от оста на детайла; многостен; нарязване на зъби по метода зъбоструговане) (б)

В последните години се налага концепцията струговете с ЦПУ и струговите центри да се изграждат с две вретена. При първото заготовката се обработва от едната страна, която е необхваната от патронника (фиг. 3.38 а). След това се преустановява върху второто вретено (фиг. 3.38 б) и се обработва останалата част (фиг. 3.38 в).



Фиг. 3.38 Схема на обработване на заготовка на двувретенен стругов център

Един от вариантите на тази концепция е вретената да бъдат вертикални, като при едното от тях заготовката е във висещо положение. Това облекчава стружкоотвеждането и се намалява топлоотдаването от стружките към корпусните елементи на машината, което намалява нейното топлинно поведение [6].

3.7. ГОЛЯМОГАБАРИТНИ СТРУГОВЕ И СТРУГОВИ ЦЕНТРИ

Голямогабаритните стругове и стругови центри се използват за нуждите на тежкото машиностроене. Като стругови машини, те притежават много от конструктивните и кинематичните особености на по-малките представители на тази група машини, но съществуват и някои принципни различия.

Детайлите, които се обработват в тежкото машиностроене, имат значителна маса (десетки, дори стотици тонове). Това създава проблеми в две направления. От една страна теглото на детайлите има определящо значение за силово-деформационното поведение на металорежещите машини, като силите на рязане остават на заден план. Така напр. при

струговете от малък типоразмер теглото на детайлите е най-често от 0,1 до 10 daN, докато силите на рязане са от порядъка на 100 daN и очевидно те са меродавни при оразмеряване на конструкциите. При тежките стругове се наблюдава обратното – силите на рязане може да достигнат най-много до $(20 \div 25) \cdot 10^3$ daN, докато теглото на детайлите – до $250 \cdot 10^3$ daN.

От друга страна, установяването на заготовките върху машините изисква специална подемно-транспортна техника, продължително време и съвместните усилия на няколко работника. Като се прибавят високата цена, голямото пространство, специалните изисквания към фундамента, трудностите при доставката на тези машини и т.н., се вижда, че използването им може да бъде ефективно, когато те притежават широки технологични възможности, т.е. когато дават възможност за комплексно обработване на заготовките. Ето защо голяма част от голямогабаритните стругове са от типа на обработващите центри за ротационно-симетрични детайли.

Уникалността на тези машини налага те да не се произвеждат серийно, а само по специална заявка от страна на потребителите. При тяхното проектиране успешно се прилага модулният принцип, описан в глава първа. Разработват се различни модулни групи, като например тела, скоростни кутии, супорти, подвижни седла, люнети и т.н., като модулите във всяка от тях се различават по своите геометрични, кинематични, мощностни, якостни и др. параметри. При окомплектоване на нова машина се подбират онези модули от всяка група, които най-добре отговарят на изискванията на клиента. Ако в някоя група липсва подходящ модул, той се проектира конкретно за случая.

При голямогабаритните металорежещи машини серийността на произвежданите детайли не е от значение – едни и същи машини се използват както в единичното, така и в масовото производство.

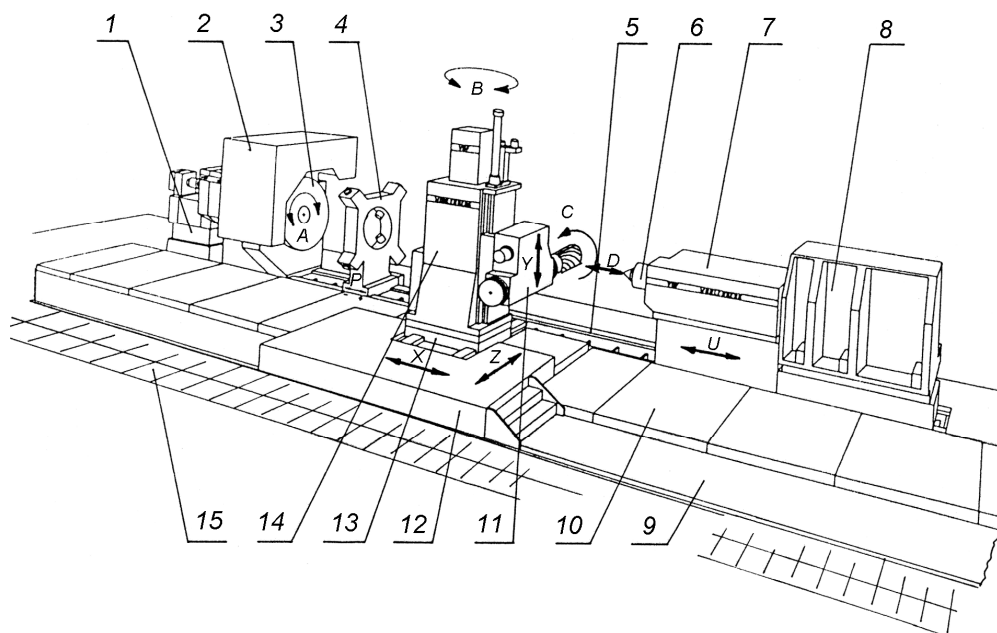
Според пространственото разположение на обработваните заготовки голямогабаритните стругове и стругови центри се разделят на хоризонтални и вертикални.

• ГОЛЯМОГАБАРИТНИ ХОРИЗОНТАЛНИ СТРУГОВЕ И СТРУГОВИ ЦЕНТРИ

Голямогабаритните хоризонтални стругове и стругови центри се използват за обработване на детайли до 3150 mm [6]. Те се разработват в гама, като повечето фирми производители се придържат към следния типоразмерен ред, според най-големия диаметър на детайлите: до 900 mm, от 900 mm до 1250 mm, от 1250 mm до 1600 mm, от 1600 mm до 2000 mm, от 2000 mm до 2500 mm и от 2500 mm до 3150 mm. Най-голямата дължина на детайла се определя според желанието на клиентите и обикновено се намира в границите от 6000 mm до 20 000 mm.

Първите типоразмери на гамата следват конструктивните особености на по-малките стругове, като по-съществени разлики се наблюдават при големите типоразмери.

На фиг. 3.39 е показан общият вид на голямогабаритен хоризонтален стругов център [6].



Фиг. 3.39 Общ вид на голямогабаритен хоризонтален стругов център

Заготовката се установява между предното 2 и подвижното 7 седло, които са монтирани върху основното тяло 5, притежаващо необходимата стабилност, за да поеме натоварванията. При необходимост тя може да се подпре допълнително от люнетите 4 (1 до 4 на брой).

Въртеливото движение на заготовката се получава от главния електродвигател 1 с безстепенно регулиране, след което преминава през скоростен механизъм, монтиран в предното седло 2 и достига до вретеното с планшайбата 3. При струговане това движение се явява главно движение на рязане V_c (ос C). При фрезови и пробивни обработки въртенето на заготовката е кръгово подавателно или установъчно (делително) движение по ос A.

Инструментът (фреза, свредло и т.н.) се установява във вретеното на фрезовия супорт 11, който може да се премества вертикално (ос Y) по направляващи на колоната 14. Тя е монтирана върху напречната шейна 13, чрез която се премества в напречно направление (ос Z).

Напречната шейна 13 е установена върху надлъжната шейна 12, която премества фрезовия супорт (ос X) по направляващи на супортното тяло 9. То поема главно силите на рязане и е по-слабо натоварено от основното тяло 5. Към супортното тяло се предявяват по-високи

изисквания по отношение на плавността на движението, поради което надлъжните направляващи са защитени чрез кожуха 10.

Разделянето на двете тела на струга изисква стабилна връзка между тях. Тя се осъществява от фундамента 15, който се явява допълнителен носещ елемент към конструкцията.

Подвижното седло 7 се премества по надлъжните направляващи на основното тяло 5 (ос U). Когато се установява заготовка между центри, това движение е позициониращо – задното седло се премества към заготовката, спира, затяга се към тялото 5, след което пинолата 6 се премества до упор (ос D) и също се затяга. Независимо от това, че всички действия се извършват по програмен път, тук не е необходимо ос U да бъде програмно управляема. Към задното седло е монтиран и инструменталният магазин 8, който съхранява широка гама от инструменти, като смяната на инструментите се извършва автоматично във вретеното на фрезовия супорт 11.

Смяната на инструментите се извършва по два начина:

- при конзолно установяване на заготовката в планшайбата 3 задното седло 7 премества инструменталния магазин 8 (ос U) в положение срещу вретеното на фрезовия супорт 11, където става смяната на инструментите;

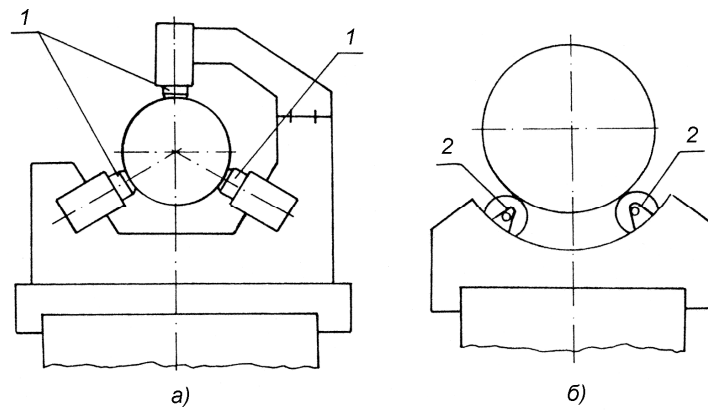
- при обработване на заготовката между центри задното седло 7 и инструменталният магазин 8 са неподвижни, а за смяна на инструментите се премества надлъжната шейна 12 (ос X).

И в двата случая обаче ос U трябва да бъде програмно управляема.

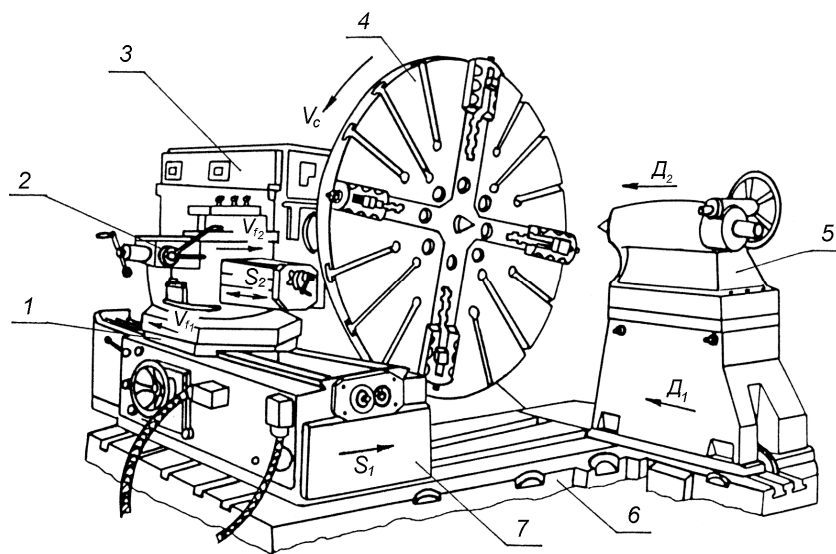
По отношение на кинематиката голямогабаритните хоризонтални стругове се срещат в различни варианти: конвенционален (както е при универсалните стругове) и програмен (включващ електродвигател с безстепенно регулиране и една–две преводни групи за увеличаване на мощността на вретеното и разширяване на обхвата от честоти на въртене).

При някои от по-мощните стругове на мястото на подвижното седло се монтира втора скоростна кутия с вретено и планшайба, разположена срещу първата. Това позволява заготовката да бъде задвижвана едновременно от двете планшайби, с което общата мощност се разделя между двата превода.

Люнетите се срещат също в различни конструктивни варианти според размерите и масата на заготовката (фиг. 3.40). Те могат да подпират заготовките чрез опорите 1 (триене при плъзгане) (фиг. 3.40 а) или чрез ролките 2 (триене при търкаляне) (фиг. 3.40 б). При някои конструкции люнети ролките 2 имат самостоятелно задвижване и предават на заготовката въртеливо движение.



Фиг. 3.40 Люнети за голямогабаритни хоризонтални стругови центри



Фиг. 3.41 Общ вид на член струг

При струговане на заготовки с големи диаметри и малки дължини се използват т.нар. *челни стругове* (фиг. 3.41) [6]. Върху стабилно закрепена

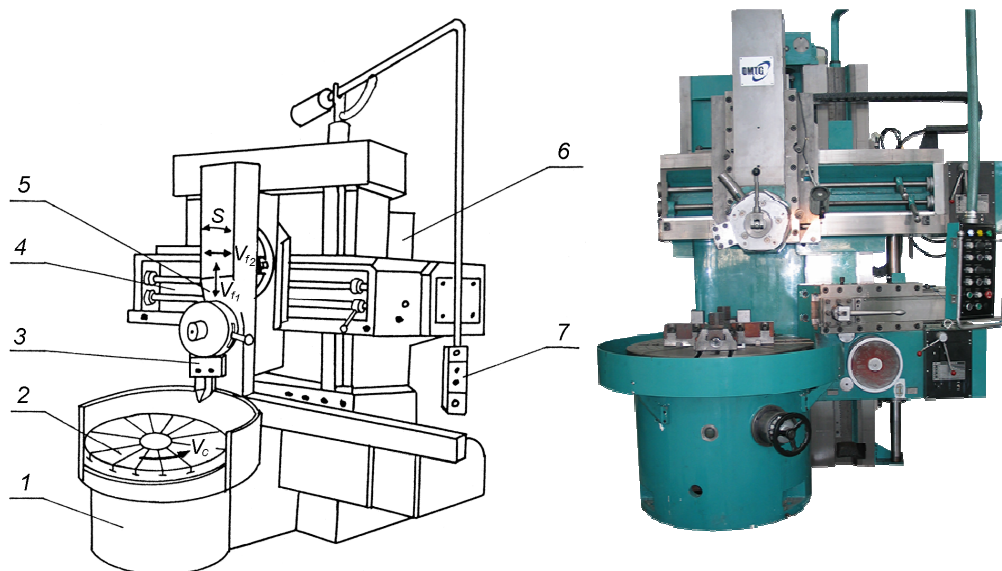
към фундамента метална плоча с Т-образни канали (плот) 6 се установяват трите основни части на струга: скоростна кутия 3, която завършва с вретено и планшайба 4; задно седло 5; тялото 7 със супорта 1.

Супортът има надлъжна и напречна шейна, чрез които се осъществяват подавателните движения V_{f1} и V_{f2} на инструмента. При настройване на машината тялото 7 се премества установъчно по плота 6 (движение S_1) съобразно размерите на заготовката. Когато се обработват челни повърхнини, тялото 7 може да се завърти перпендикулярно на оста на детайла и надлъжното подавателно движение, което по-принцип е с по-голям ход, става напречно.

• ГОЛЯМОГАБАРИТНИ ВЕРТИКАЛНИ СТРУГОВЕ И СТРУГОВИ ЦЕНТРИ

Голямогабаритните вертикални стругове, известни като каруселни, се характеризират с вертикално разположение на заготовката през време на обработването. Това води до следните предимства:

- могат да се обработват заготовки с по-големи диаметри (до 20000 mm);
- избягва се нежеланото провисване на заготовката вследствие на собственото ѝ тегло, когато е хоризонтално разположена;
- при несиметрични заготовки, при които центърът на тежестта не лежи на оста на симетрия, силите от дебаланс не оказват такова влияние, както при хоризонтална ос на въртене.



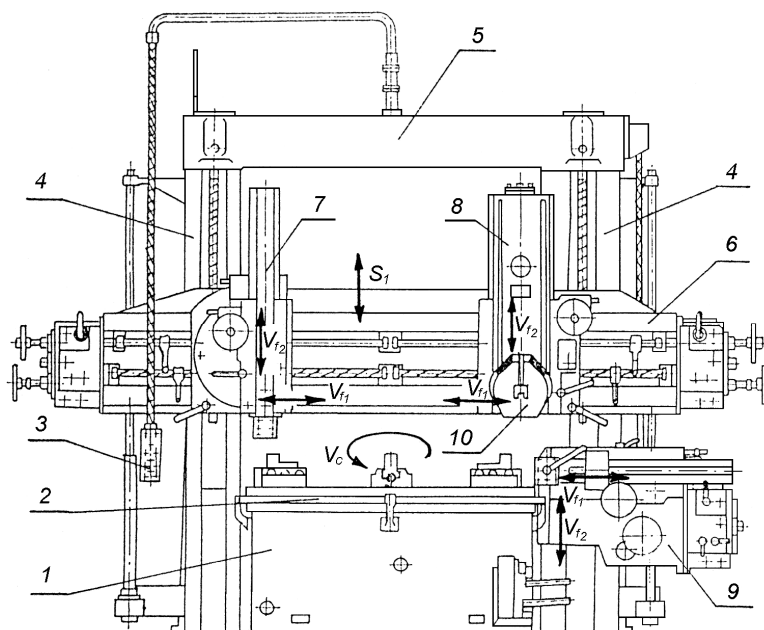
Фиг. 3.42 Едностойков вертикален струг
(1 – основа; 2 – планшайба; 3 – ножодържач; 4 – греда;
5 – надлъжна шейна; 6 – тяло; 7 – пулт за управление)

На фиг. 3.42 е даден общият вид на едностойков вертикален струг, който се използва за обработване на заготовки с диаметри до 2000 mm [12].

Заготовката се установява върху масата (планшайбата) 2 и извършва главното движение на рязане V_c . Инструментите се установяват в ножодържача 3, монтиран върху надлъжната шейна 5. Тя осъществява вертикалното подавателно движение V_{f1} , което за заготовката е надлъжно.

Ножодържачът е оформен като 5-позиционна револверна глава, в която се установяват предварително настроени на размер инструменти.

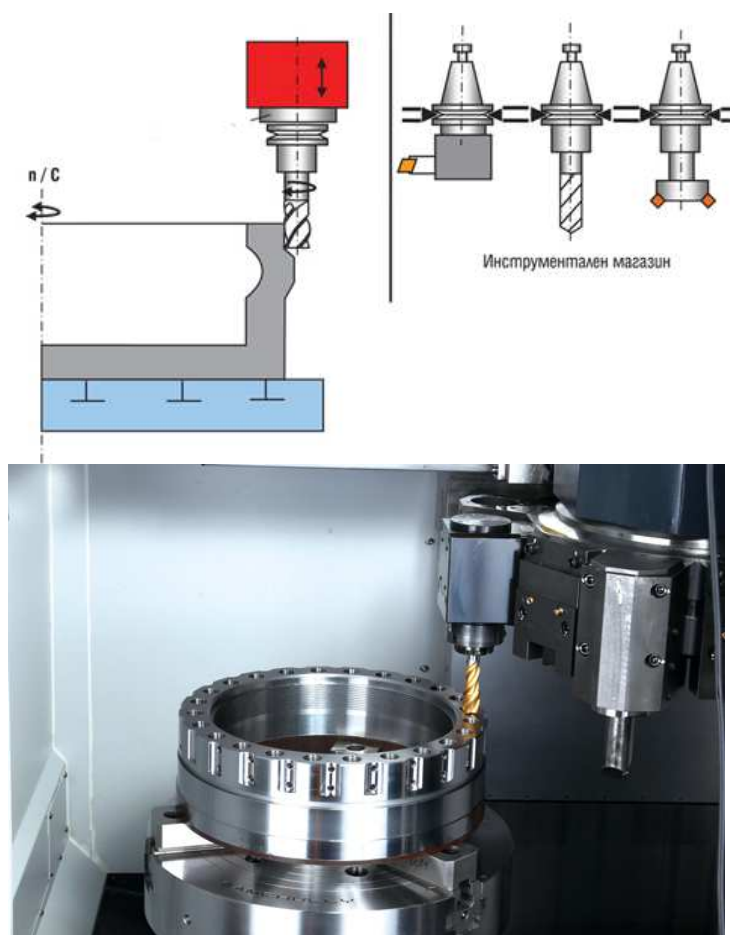
Основата на надлъжната шейна 5 се премества по направляващи на гредата 4, като това движение е подавателно V_{f2} , радиално по отношение на заготовката, и се използва за струговане на челни повърхнини.



Фиг. 3.43 Двустойков вертикален струг (1 – тяло; 2 – планшайба; 3 – пулт за управление; 4 – стойки; 5 – неподвижна гредка; 6 – подвижна гредка; 7,8 – хоризонтални супорти; 9 – вертикален супорт; 10 – револверна глава)

По-големите типопредставители на тази гама металоурежещи машини се изграждат като двустойкови вертикални стругове (фиг. 3.43) [6,12]. При тях двете стойки 4 са свързани в горния си край с неподвижната греда 5 за по голяма стабилност на конструкцията. По вертикални направляващи на стойките 4 се премества установъчно подвижната греда 6, която носи двата хоризонтални супорта 7 и 8. Скоростните кутии на големите типоразмери вертикални (каруселни) стругове обикновено се вграждат във фундамента, а работната повърхнина на планшайбата лежи в равнината на пода.

По отношение на кинематиката голямогабаритните вертикални стругове също се срещат в различни варианти. По-старите конструкции са изградени от дълги и сложни вериги и се управляват чрез ръчно превключване на зъбни колела, зъбни блокове и съединители. При новите конструкции се прилага програмно управление, като веригите започват от електродвигатели с безстепенно регулиране и са силно опростени.



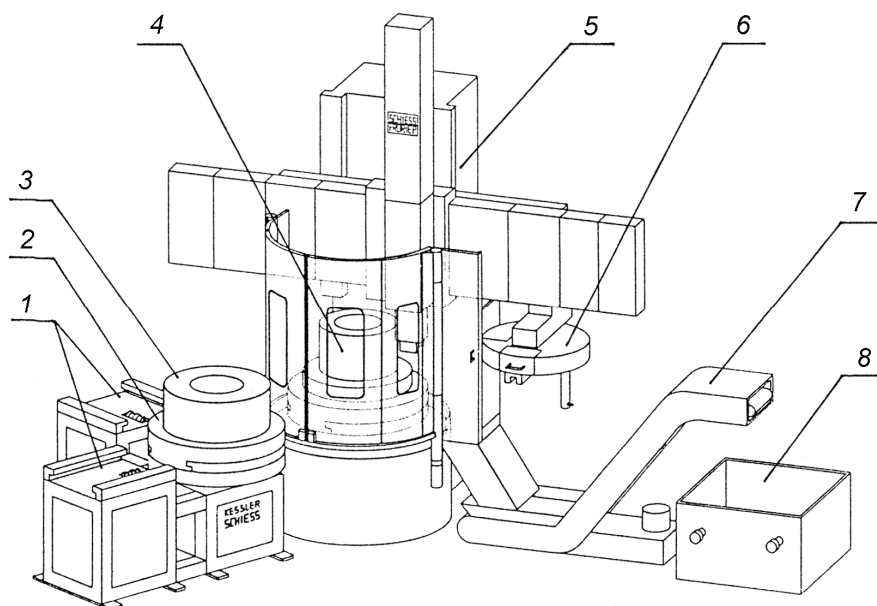
Фиг. 3.44 Комплексно обработване на детайл със сложна геометрия върху голямогабаритен вертикален стругов център

На основата на вертикалните стругове се изграждат голямогабаритни вертикални стругови центри, които позволяват комплексно обработване на една установка на детайли със сложна конфигурация, като гамата на

използваните инструменти е твърде широка: стругарски ножове, фрези, свредла, зенкери, райбери, метчици и др. (фиг. 3.44). С изключение на ножовете, всички останали инструменти имат самостоятелно задвижване (главно движение на рязане) около ос с произволна ориентация в пространството. Това се постига чрез модулно изграждане на съответните супорти с възможност върху тях да се установяват приспособления с широка гама инструментални комплекти. В случая планшайбата освен главно движение може да извършва и кръгово подавателно движение.

Въртящите се инструменти и ножовете за стругова обработка при вертикалните стругови центри се разполагат в револверни глави или инструментален магазин (фиг. 3.44). Във втория случай при струговите обработки вретеното се ориентира ъглово и се фиксира стабилно в това положение, за да се осигури стационарност на струговия инструмент.

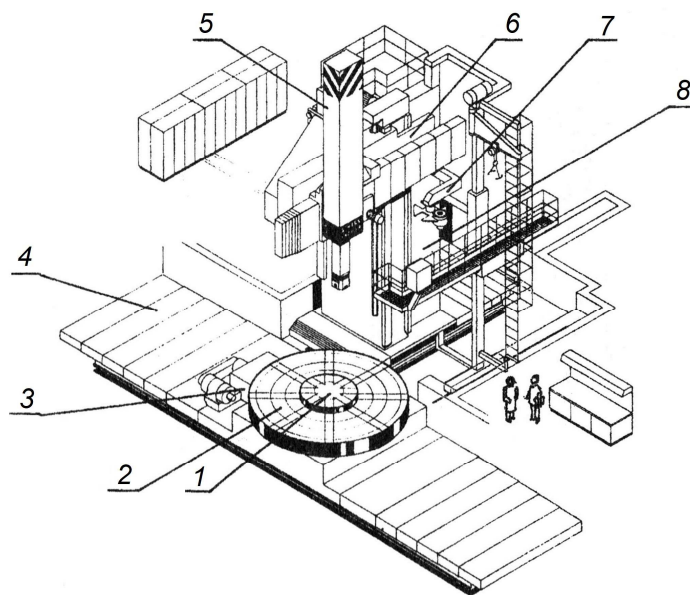
Значителна част от времето за изработване на един детайл е времето за установяване на заготовката и снемане на готовия детайл. С цел намаляване на времето заготовки могат да се установяват не директно върху планшайбата, а чрез специални приспособления - палети. Това позволява по време на обработването на един детайл върху друга палета, встрани от зоната на рязане, да се установява следващата заготовка, след което за кратко време палетите да сменят местата си. На фиг. 3.45 е показан общият вид на вертикален струг с палетна станция [6].



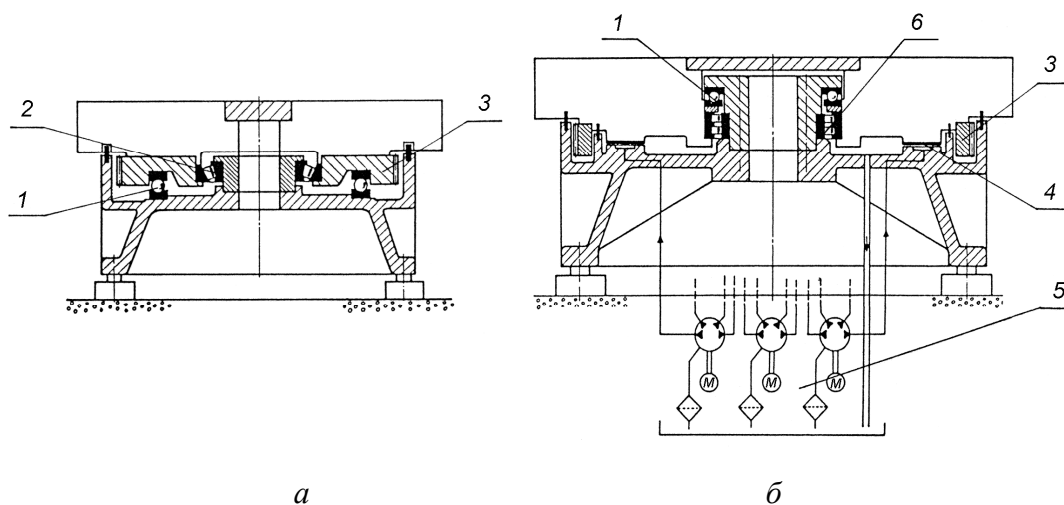
Фиг. 3.45 Палетна смяна на заготовките при вертикален струг
(1 – палетна станция; 2 – палета; 3 – заготовка; 4 – обработван детайл;
5 – стойка; 6 – устройство за смяна на инструменталния комплект;
7 – стружков транспортър; 8 – палета за стружките)

При някои от най-големите типоразмери вертикални стругове и стругови центри планшайбата е разделена на две концентрично

разположени части – централна 1 и пръстеновидна 2 (фиг. 3.46) [6,12]. Те имат самостоятелно задвижване, като могат да се въртят и заедно, с еднаква скорост. В зависимост от диаметъра си заготовките се установяват върху едната или върху двете планшайби. Така при обработване на по-малки заготовки се върти само централната планшайба 1, при средни диаметри двете планшайби се въртят в пакет, а при по-големи диаметри се върти само пръстеновидната планшайба 2, като централната 1 е спряна и върху нея могат да се поставят неподвижни опори за заготовката.



Фиг. 3.46 Общ вид на голямогабаритен вертикален стругов център
(1 – централна планшайба; 2 – пръстеновидна планшайба; 3 – главен превод;
4 – основно тяло; 5 – ножодържач; 6 – напречна греда;
7 – инструментален магазин; 8 – колона)



Фиг. 3.47 Варианти на лагериране на планшайба
(1,2,6 – търкалящи направляващи; 3 – зъбно колело (корона); 4 – хидростатични направляващи; 5 – хидравлична система)

Лагеруването на планшайбите също е различно според натоварванията и теглото на обработваната заготовка. При по-малките типоразмери (фиг. 3.47 а) [6,12] се използват търкалящи лагери - един едноросочен осов сачмен лагер 1 и радиално-аксиален лагер с конусни ролки 2. При по-големите типоразмери (фиг. 3.47 б) теглото на заготовката се поема от хидростатичните направляващи 4, в които се подава масло с определено налягане от хидравличната система 5. Това гарантира пълно отделяне на двата елемента (въртящ се и неподвижен) един от друг, с което се намаляват триенето, износването и загриването, увеличава се КПД на превода и се осигурява плавност на движението.

глава 4

ПРОБИВНИ И ПРОБИВНО-РАЗСТЪРГВАЩИ МАШИНИ

4.1.ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ СХЕМИ

Пробивните и пробивно- разстъргващите машини са предназначени за обработване на различни видове отвори: светли и глухи; цилиндрични и профилни; гладки, стъпални, резбови и други в детайли с произволна геометрия.

В табл. 4.1 [6] са дадени видовете пробивни и пробивно-разстъргващи машини, сравнени по отношение на технологическите им възможности, размерите на обработваните детайли и ефективността при използването им според типа на производството.

Обработването на отделните видове отвори може да се извърши по различни технологически схеми, най-разпространените от които са дадени на фиг. 4.2 [6].

На фиг. 4.2 а е показана технологичната схема при обработване на отвор с различни инструменти: свредло (1), райбер (2), зенкер (3), машинен метчик (4). При тази схема са необходими две работни движения:

- главно движение на рязане V_c , което е въртливо и се извършва от инструмента;
- надлъжно (осово) подавателно движение V_f , което също се извършва от инструмента.

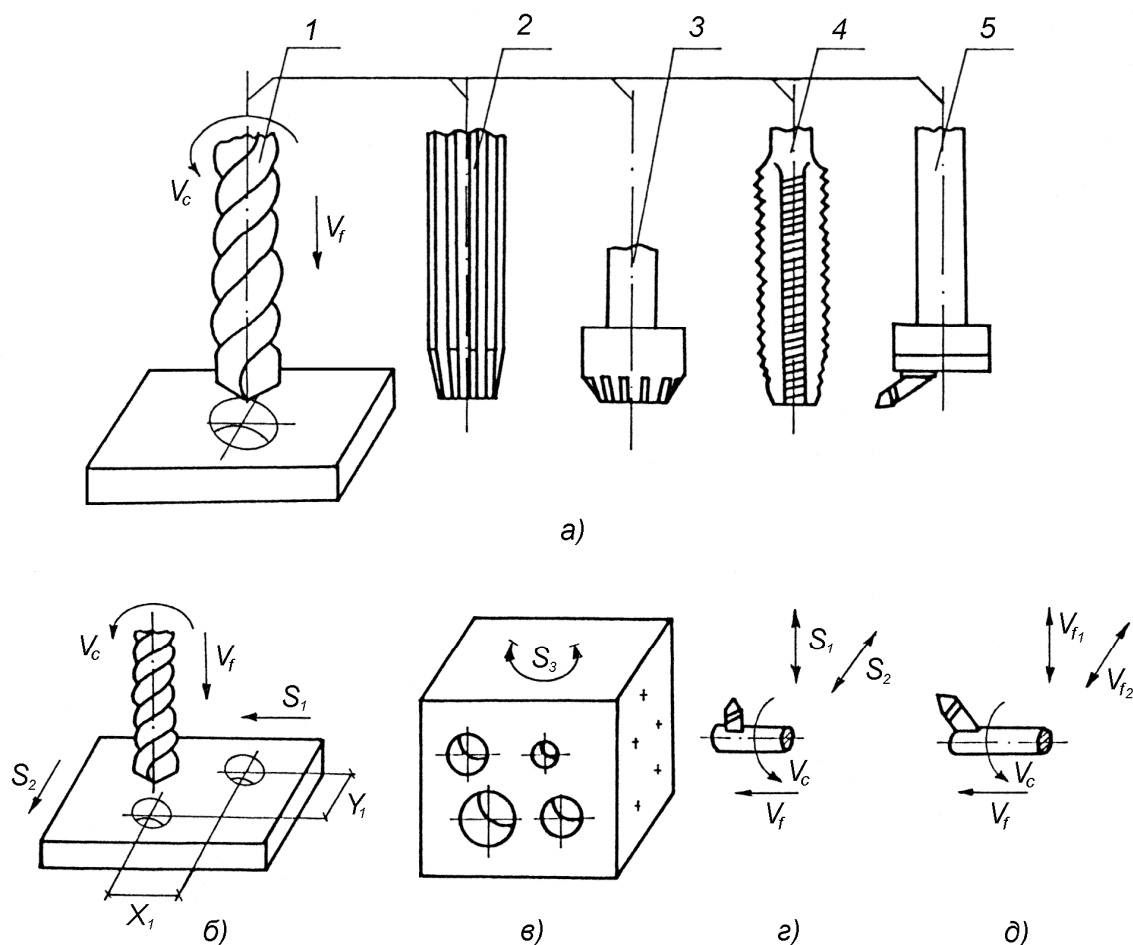
Тук не е необходимо съгласуване между двете работни движения V_c и V_f ; изключение прави нарязването на резба с метчик (4) или борщанга (5), където тези движения трябва да бъдат съгласувани по следния начин: докато инструментът се завърти на един оборот, той трябва да се премести на разстояние, равно на стъпката на P_h на винтовата линия.

Технологичната схема от фиг.4.2 а е характерна за повечето пробивни машини, като за някои от тях (настолни, едновретенни, многовретенни колонни и радиални) тя е единствена.

На фиг. 4.2 б е показана технологичната схема при обработването на координатни отвори. Тук са налице същите работни движения V_c и V_f , както при схемата, показана на фиг. 4.2 а. Новото в случая е това, че за преминаване от един към друг отвор трябва да се извършат с определена точност две установъчни движения S_1 и S_2 по двете взаимно перпендикулярни оси. Тази схема е характерна за координатните пробивни машини и пробивните машини с револверна глава.

Видове пробивни машини	Технологични възможности			Напречни размери на детайлите	Осови размери на детайлите	Ефективно прилож. според типа на производството
	Пробивни операции *)	Разстъргване с борцанга	Фрезование			
Настолни	●	○	○	■	■	ед. ■ серийно ■ мас. ■
Едновретенни колонни	●	●	○	■	■	■
Многовретенни	●	○	○	■	■	■
Радиални	●	●	○	■	■	■
С револверни глави	●	●	●	■	■	■
Хоризонтални пробивно-разстъргвачи	●	●	○	■	■	■
Координатни	●	○	●**)	■	■	■
Дълбокопробивни	●	○	○	■	■	■
*) Тук се включват: свредловане, рзсвредловане, зенкерване, ***) Само за чисто фрезование райбероване и нарязване на резби с машинен метчик						
● - Възможност за всички машини от вида ● - Възможност за някои машини ○ - липсва такава възможност						

Фиг. 4.1 Видове пробивни и пробивно-разстъргвачи машини, възможности и приложимост



Фиг. 4.2 Технологически схеми при пробивните и пробивно-разстързващите машини

На фиг. 4.2 в,г,д е дадена технологичната схема при обработване на координатни отвори в призматично–корпусен детайл. При разстъргване на отворите инструментът е борщанга (фиг. 4.2 г), а работните движения са V_c и V_f . За преминаване от един към друг отвор инструментът извършва още две установъчни движения - S_1 и S_2 , а за обработване на отвори, разположени в друга вертикална стена на заготовката, последната извършва установъчно завъртане S_3 около вертикалната ос.

Тази технологична схема, която е характерна за хоризонталните пробивно-разстързващи машини, включва и още една възможност – обработване на равнинни повърхнини с борщанга (фиг. 4.2 д) или фрезозане на равнинни повърхнини и канали, при което установъчните движения S_1 и S_2 се преобразуват в работни подавателни V_{f1} и V_{f2} .

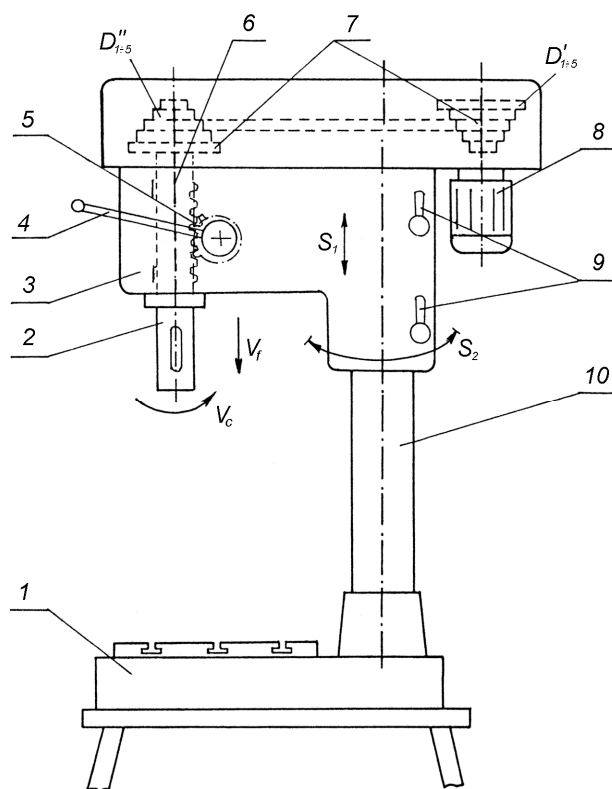
4.2 НАСТОЛНИ ПРОБИВНИ МАШИНИ

Настолните пробивни машини са предназначени за пробиване на отвори в малогабаритни заготовки. Малките размери на машините позволяват те да бъдат установени върху специални стойки или маси,

откъдето произлиза тяхното наименование. Приложението им е основно в единичното производство.

На фиг. 4.3 е показан общият вид на настолната пробивна машина Б12. Нейната кинематика е силно опростена. Главното движение на рязане V_c се взема от асинхронния електродвигател 8 и чрез петстепенна ремъчна предавка 7 се предава на вретеното 6. При настройване на машината ремъкът се прехвърля върху онази двойка ремъчни шайби, която дава необходимата честота на въртене на инструмента.

Осовото подавателно движение V_f на пинолта 2 с инструмента се извършва само ръчно чрез ръчката 4 и зъбно-гребенната предавка 5.



Фиг. 4.3 Общ вид на настолна пробивна машина Б12
(1 – основа; 2 – пинола; 3 – тяло; 4 – ръчка за осово подаване; 5 – зъбно-гребенна предавка; 6 – вретено; 7 – степенна ремъчна предавка; 8 – електродвигател; 9 – затегателен механизъм; 10 – колона)

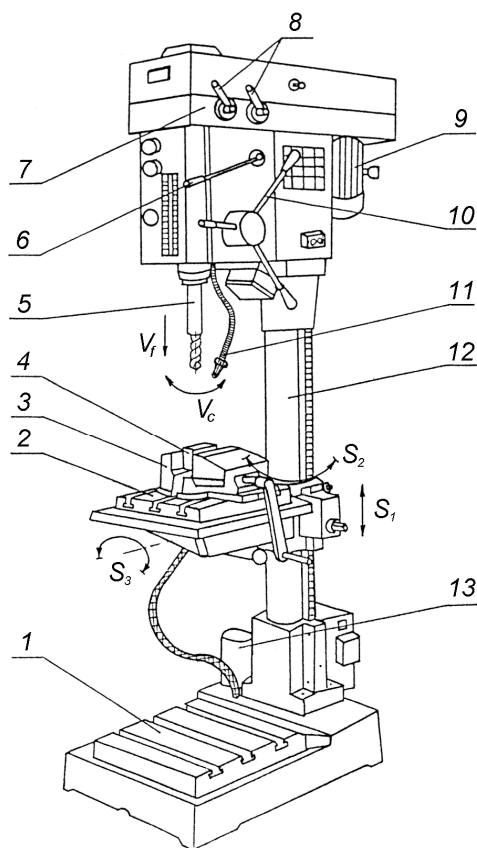
Заготовката се установява върху работната повърхнина на основата 1, като при необходимост може да се затегне в стиска, закрепена в Т-образните канали на основата. В зависимост от неговите размери тялото 3 може да се премества установъчно по височината на колоната 10 (движение S_1), след което се затяга чрез ръчките 9.

4.3 ЕДНОВРЕТЕННИ КОЛОННИ ПРОБИВНИ МАШИНИ

Едновретенните колонни пробивни машини са предназначени за пробиване на отвори в заготовки от малък и среден типоразмер, като някои

от тях позволяват и разстъргване на отвори с борщанга. Приложението им е основно в единичното и дребносерийното производство.

На фиг. 4.4 е показан общият вид на едновретенна колонна пробивна машина ПК203.



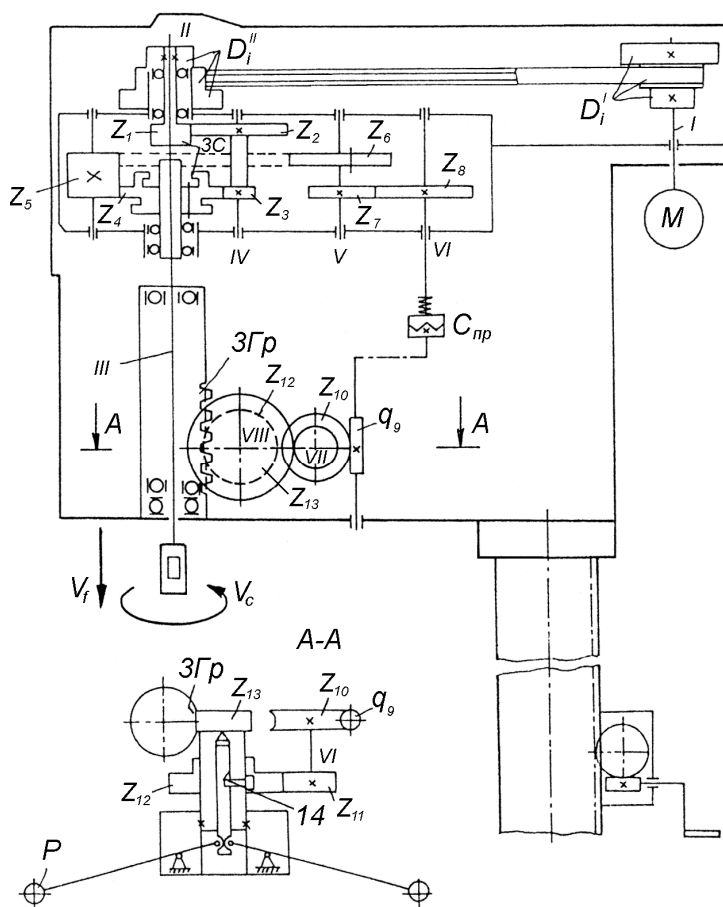
Фиг. 4.4 Общ вид на едновретенна колонна пробивна машина ПК203
(1 – основа; 2 – маса; 3 – стиска; 4 – обработвана заготовка; 5 – вретено с инструмент; 6 – ръчка за подавателния превод; 7 – главен превод; 8 – ръчки за превключване на честотите на въртене; 9 – електродвигател; 10 – колело за ръчно осово подаване; 11 – шлаух за подаване на МОТ; 12 – колона; 13 – помпа за подаване на МОТ)

Вретеното 5 с инструмента извършва двете работни движения – главното движение на рязане V_c и осовото подавателно движение V_f . Заготовката 4, когато е с малки размери, се установява в стиската 3. За предварително ориентиране между инструмента и заготовката се използват три установъчни движения: S_1 (вертикално преместване на масата 2 по колоната 12), S_2 (завъртане на масата около колоната) и S_3 (завъртане на масата около хоризонталната ос), след което тя се затяга за по-голяма стабилност.

При обработване на отвори в заготовки с по-голяма височина те могат да се установят върху основата 1, а масата се изтегля встрани (движение S_2).

За стабилно закрепване на заготовката върху машината могат да се използват и Т-образните канали на масата 2 или на основата 1.

Кинематичната схема на пробивната машина ПК203 е показана на фиг. 4.5 [6]. Главното движение V_c на вретеното III се получава от двускоростния електродвигател М, преминава през тристепенната ремъчна предавка $D_i^I - D_i^{II}$ и достига до вал I, върху който е монтирано зъбното колело Z_1 . Когато е зацепен зъбният съединител 3С, движението се предава директно на вретеното III с шест честоти на въртене. Когато зъбният блок 3С - Z_4 е изтеглен в долно положение, движението от вал I преминава през зъбните предавки $Z_1 - Z_2$ и $Z_3 - Z_4$, като на вретеното се получават нови шест честоти на въртене.



Фиг. 4.5 Кинематична схема на едновретенна колонна пробивна машина ПК203

Подавателният превод започва от вретеното III и завършва на пинолата със зъбно – гребенната предавка $Z_{12} - 3Гр$. Той осъществява три стойности на подаването в зависимост от това как преминава движението от вретеното III към вал V:

- при включен зъбен съединител 3С и зъбна предавка $Z_2 - Z_6$: от вретеното III през зъбните колела $Z_1 - Z_2 - Z_6$;

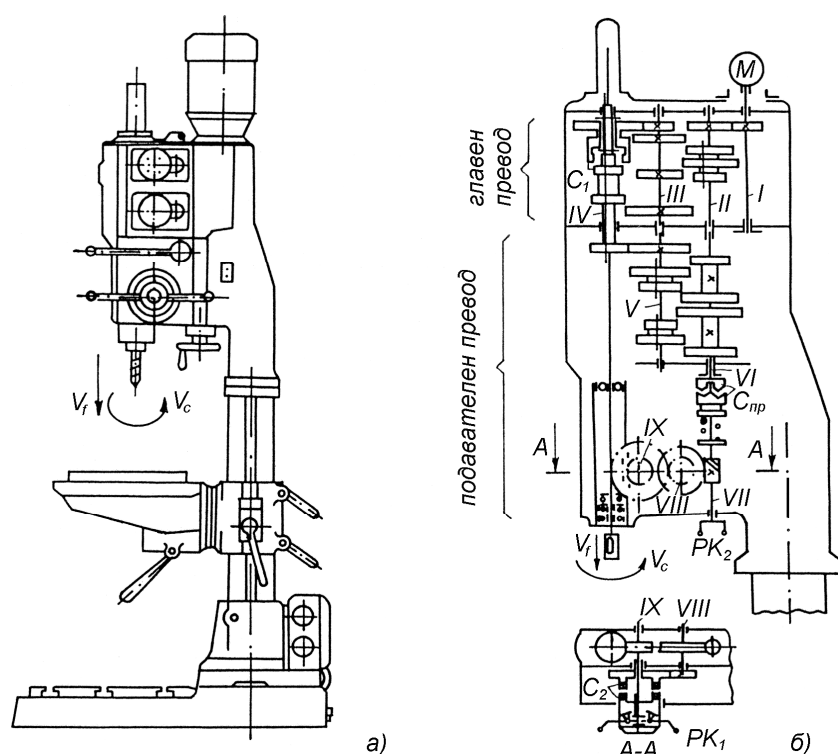
- при изключен зъбен съединител $ЗС$ и включена зъбна предавка $Z_2 - Z_6$: от вретеното III през зъбните предавки $Z_4 - Z_3$ и $Z_2 - Z_6$;

- при изключен зъбен съединител $ЗС$ и включена зъбна предавка $Z_5 - Z_6$: от вретеното III през зъбните предавки $Z_4 - Z_5$ и $Z_5 - Z_6$.

От вал V движението преминава през зъбната предавка $Z_7 - Z_8$, предпазния съединител $С_{пр}$, червячната предавка $q_9 - Z_{10}$, зъбната предавка $Z_{11} - Z_{12}$, като чрез зъбно-гребенната предавка $Z_{13} - ЗГр$ се трансформира в праволинейно подавателно движение (V_f).

Ръчно подаване на инструмента може да се извърши чрез ръчките Р и отцепен палец 14, като движението достига директно до зъбно-гребенната предавка $Z_{13} - ЗГр$.

При някои от едновретенните колонни пробивни машини, като ПК023, кинематиката е с по-големи възможности (фиг. 4.6). Главният превод е разположен между електродвигателя М и вретеното IV и осъществява главното движение на рязане V_c с шест честоти на въртене, а подавателният превод, взема движение от вретеното IV и го довежда до инструмента, като осъществява подавателното движение V_f с четири стойности на подаването.



Фиг. 4.6 Общ вид (а) и кинематична схема (б) на едновретенна колонна пробивна машина ПК032

Регулирането на скоростите и подаванията става чрез превключване на съответни зъбни предавки при използването на плоски гърбици.

Подавателното движение V_f може да се извърши по три начина:

- механизирано чрез подавателния превод, когато са включени съединителите $C_{пр}$ и C_2 ;

- ръчно грубо от ръчното колело $РК_1$ при изключен съединител C_2 ;

- ръчно фино от ръчното колело $РК_2$ при включен съединител C_2 и изключен съединител $C_{пр}$.

Реверсирането на работните движения V_c и V_f става чрез електродвигателя М.

На фиг. 4.7 са показани някои конструкции патронници за пробивни машини [6].

Свредла с цилиндрични опашки се установяват в обикновен тричелюстен патронник 1 (фиг. 4.7 а), чиито челюсти 3 се затварят чрез ключа 2. Тази конструкция притежава някои експлоатационни недостатъци, като бързо износване, малка точност на центроване на свредлото, бавно и трудно затягане, намаляване на силата на затягане с течение на времето и др.

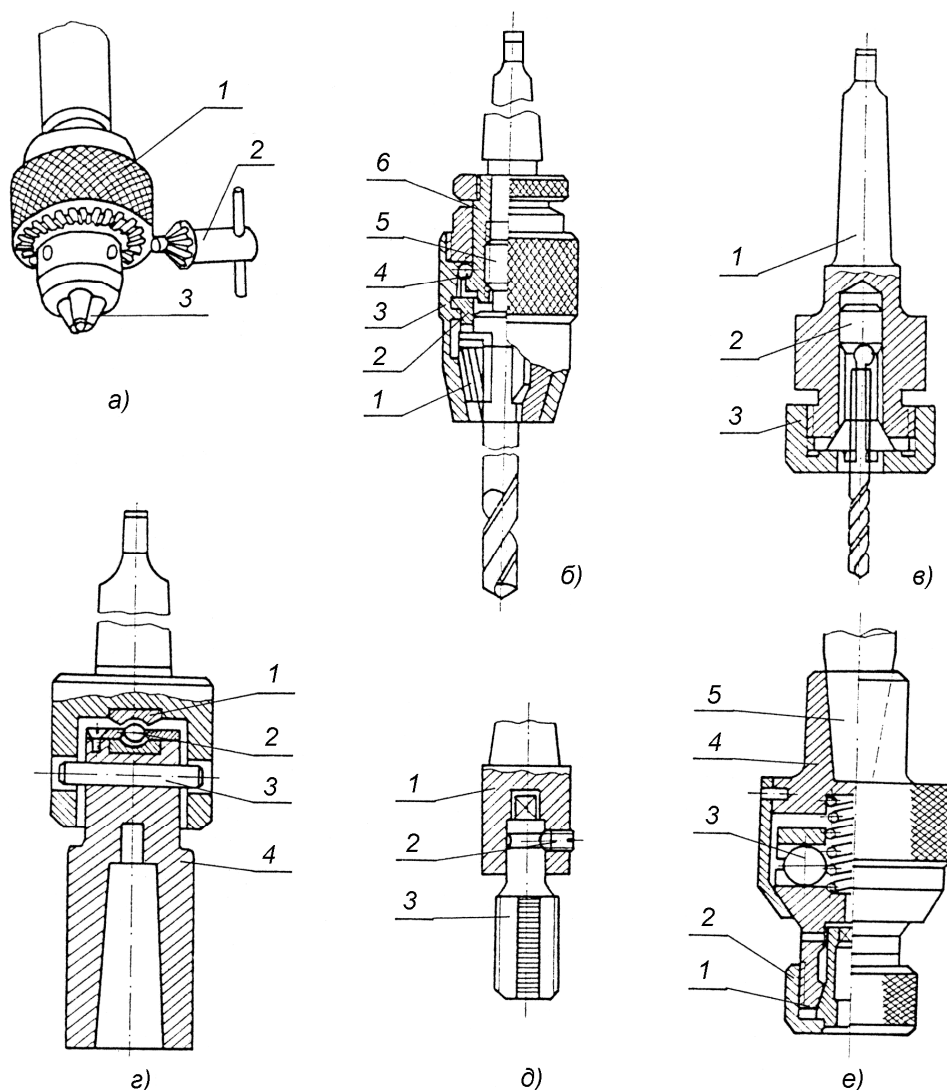
Патронникът, показан на фиг. 4.7 б, дава възможност за бързо затягане, добро центроване и надеждно закрепване на свредла с диаметри от 2 до 12 mm. При завъртане на корпуса 3 по часовниковата стрелка се завърта и втулката 2 с челюстите 1. Те предават въртене на винта 5, като го преместват по гайката 6. При движение на винта 5 надолу челюстите се затварят, а при движение нагоре – се отварят. За намаляване на силата на затягане се прилага триене при търкаляне чрез сачмите 4.

Цанговият патронник, показан на фиг. 4.7 в, се използва за установяване на свредла с цилиндрични опашки и малки диаметри. При въртене на гайката 3 цангата 2 се придвижва осово спрямо корпуса 1 и в зависимост от посоката челюстите се затварят или отварят. Така се постига точно и надеждно закрепване, но диаметърът на опашката на свредлото не трябва да се отклонява повече от 0,1 mm от номиналния диаметър на отвора на цангата. Ето защо тези патронници се окомплектоват с няколко цанги, които имат различни диаметри на отвора.

На фиг. 4.7 г е показан патронник за закрепване на райбери. Ставата 1 и сачмата 2 позволяват втулката 4, в която е установен инструментът, да се отклонява, което дава възможност за самоцентрирането му в обработвания отвор. Въртящият момент се предава чрез щифта 3.

На фиг. 4.7 д е показан патронник за твърдо закрепване на метчика 3 в корпуса 1 чрез винта 2. Този патронник може да се използва само при подаване на вретеното, точно съответстващо на стъпката на нарязваната резба. Когато такова съответствие не може да се постигне чрез настройване на машината, се използват различни предпазни патронници, като показаният на фиг. 4.7 е плаващ самоцентриращ патронник. Метчикът се установява в цангата 1 чрез затягане с гайката 2, а патронникът - във вретеното на машината чрез конусния дорник 5. Въртящият момент в патронника се предава чрез двете диаметрално разположени сачми 3, без

да се възпрепятства движението на метчика в осово направление, което компенсира несъответствието между стъпката на нарязваната резба и подаването на вретеното.



Фиг. 4.7 Патронници за пробивни машини

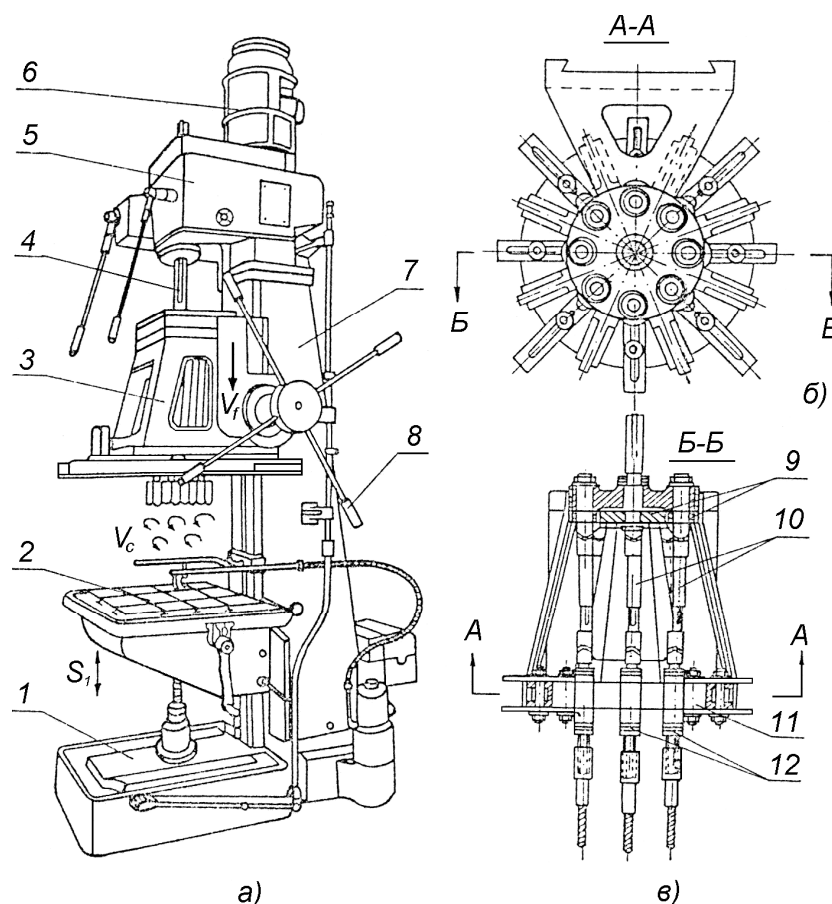
4.4 МНОГОВРЕТЕННИ ПРОБИВНИ МАШИНИ

Многовретенните пробивни машини осигуряват висока производителност, тъй като при тях се обработват едновременно няколко отвора със съответен брой инструменти.

На фиг. 4.8 е показана многовретенна пробивна машина [13], вретената на която са монтирани в многовретенната глава 3, като броят и координатното им разположение, както и размерите на инструментите се определят от конструкцията на обработваната заготовка.

Главното движение на рязане V_c се извършва от инструментите, като е възможно отделните вретена да имат различни честоти на въртене. Това

се постига чрез подбиране на подходящи предавателни отношения на зъбните предавки 9 при тяхното конструиране.



Фиг. 4.8 Общ вид на многовретенна пробивна машина (а)
и на многовретенната глава (б,в)

(1 – основа; 2 – маса; 3 – многовретенна глава; 4 – телескопичен вал; 5 – главен превод; 6 – електродвигател; 7 – стойка; 8 – ръчка за вертикално подаване; 9 – зъбни предавки; 10 – карданни валове; 11 – основна плоча; 12 – вретена)

Надлъжното подавателно движение V_f се извършва от многовретенната глава 3 чрез ръчките 8. Вретената 10 получават движение от главния превод 5 чрез телескопичния вал 4.

Тъй като координатното разположение на вретената се постига чрез специално конструиране на многовретенната глава съобразно геометрията на обработвания детайл, приложението на тези машини е ефективно в едросерийното и масовото производство.

За да се избегне този недостатък, при някои конструкции многовретенни глави вретената 12 се лагеруват в долния си край не в основната плоча 11, а в самостоятелни регулируеми опори, които позволяват бързо установяване на инструментите в ново координатно положение съобразно геометрията на следващия обработван детайл. При тези конструкции валове 10 са телескопични - карданни, което обуславя

бързото пренастройване. Така многовретенните пробивни машини могат да се използват и за обработване на детайли в по-малки серии.

Многовретенна пробивна машина BV-70/CM, производство на ELIONMOST (Русия), е показана на фиг. 4.9 [24].



Фиг. 4.9 Многовретенна пробивна машина ELIONMOST (Русия)

4.5 РАДИАЛНИ ПРОБИВНИ МАШИНИ

Радиалните пробивни машини се използват за обработване на отвори в голямогабаритни заготовки. В кинематично отношение те са подобни на едновретенните колонни пробивни машини, като и тук инструментът извършва двете работни движения V_c и V_f .

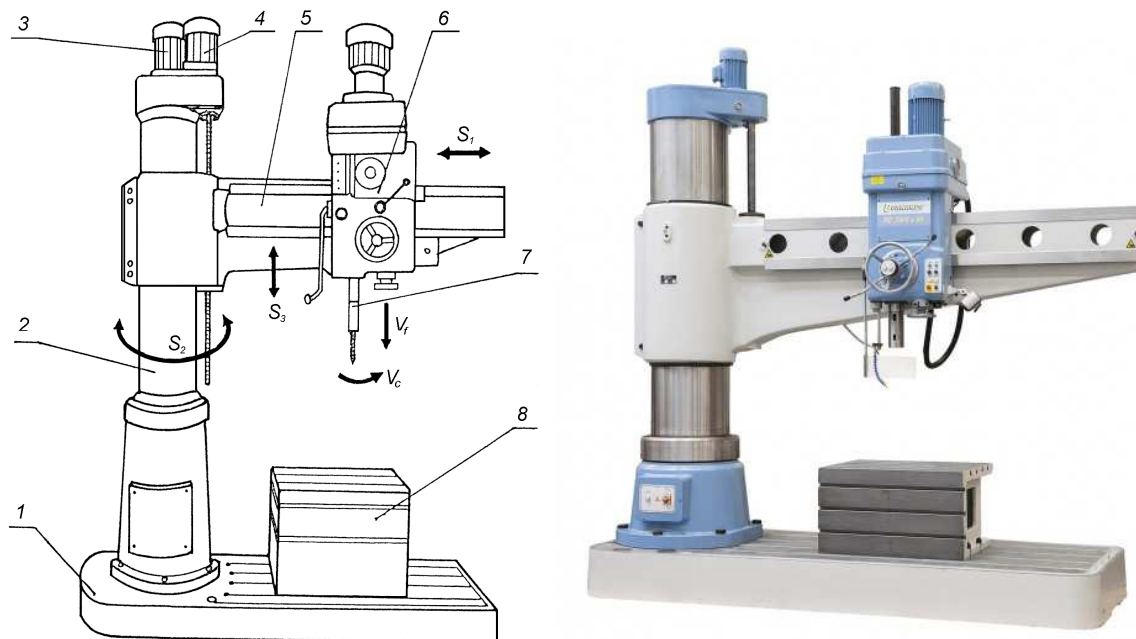
Общ вид на радиална пробивна машина е показан фиг. 4.10. Особеното при тези машини е във възможността оста на инструмента да се премества установъчно, както следва:

- чрез движение S_1 – преместване на инструмента от вретенната глава в блок със скоростната и подавателната кутия по дължината на рамото 5;
- чрез движение S_2 – завъртане на рамото около колоната 2.

Движенията S_1 и S_2 дават възможност на инструмента да достигне до различни координатни точки на повърхнината на заготовката.

Тъй като ходът на вретеното (движение V_f) е ограничен, е предвидено още едно преместване S_3 – установяване на рамото 5 по

височината на колоната 2 в зависимост от височината на заготовката. Това движение се извършва от електродвигателя 4 и винтова двойка.



Фиг. 4.10 Общ вид на радиална пробивна машина
(1 – основа; 2 – колона; 3 – електродвигател за затягане на колоната;
4 – електродвигател за вертикално преместване S_3 ; 5 – рамо;
6 – скоростна и подавателни кутии (в блок); 7 – вретено; 8 – маса)

4.6 ПРОБИВНИ МАШИНИ С РЕВОЛВЕРНА ГЛАВА

Пробивните машини с револверна глава са основно машини с програмно управление за обработване на отвори чрез свредловане, зенкерование, райберование и нарязване на резби. Съоръжаването им със системи с ЦПУ позволява и фрезование на профилни повърхнини при работа в автоматичен режим.

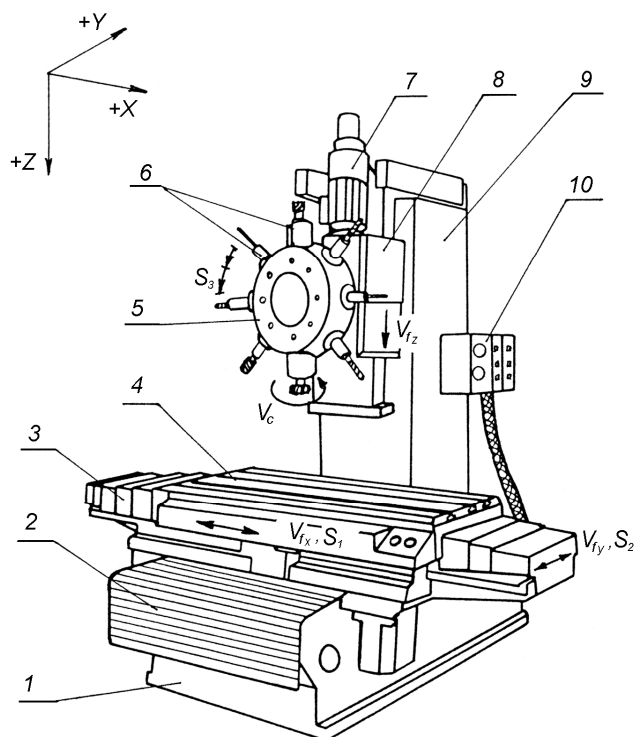
На фиг. 4.11 е показан общият вид на пробивната машина РВ002.20, производство на фирма „Металик“ - Пазарджик. Тя има 8-вретенна револверна глава 5, която чрез установъчно завъртане S_3 подвежда всяко от вретената 6 в работно положение. В шест от вретената се установяват пробивни или разстъргващи инструменти, в останалите две – фрезови инструменти. Всички инструменти са предварително настроени на размер.

Инструментът, който е в работна позиция, извършва главното движение на рязане V_c , докато останалите инструменти в това време не се въртят. Главният превод е 12-степенен, като се задвижва от двускоростния електродвигател 7. Честотите на въртене на вретената се превключват чрез хидравлично преместване на зъбни блокове.

Супортът 8, заедно с револверната глава 5, извършва вертикалното подавателно движение V_{fz} .

Заготовката се установява на масата 4, която е монтирана върху надлъжна и напречна шейна, което позволява преместването ѝ по осите X и Y.

Когато се обработват координатни отвори, движенията на масата по осите X и Y са установъчни - S_1 и S_2 . При фрезозане на профилни повърхнини движенията по същите оси са работни - V_{fx} и V_{fy} .



Фиг. 4.11 Общ вид на пробивна машина с револверна глава PB002.20 (1 – тяло; 2 – защита на напречните направляващи; 3 – защита на надлъжните направляващи; 4 – маса; 5 – револверна глава; 6 – вретена; 7 – главен електродвигател; 8 – супорт; 9 – стойка; 10 – пулт за ръчно управление)

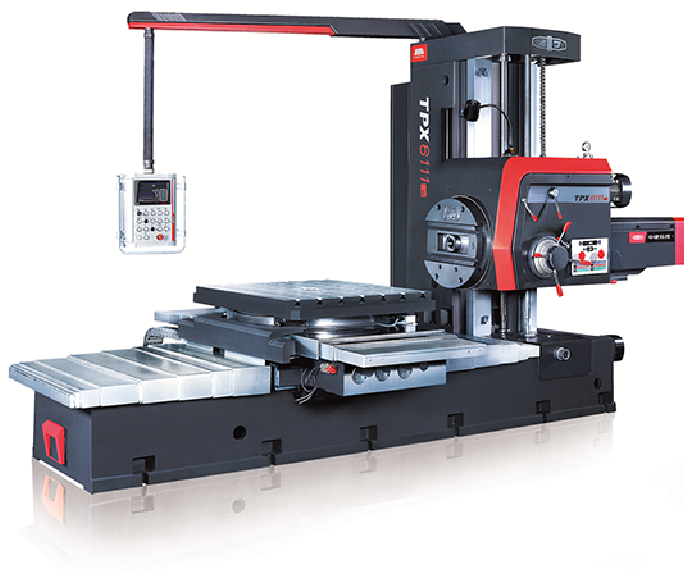
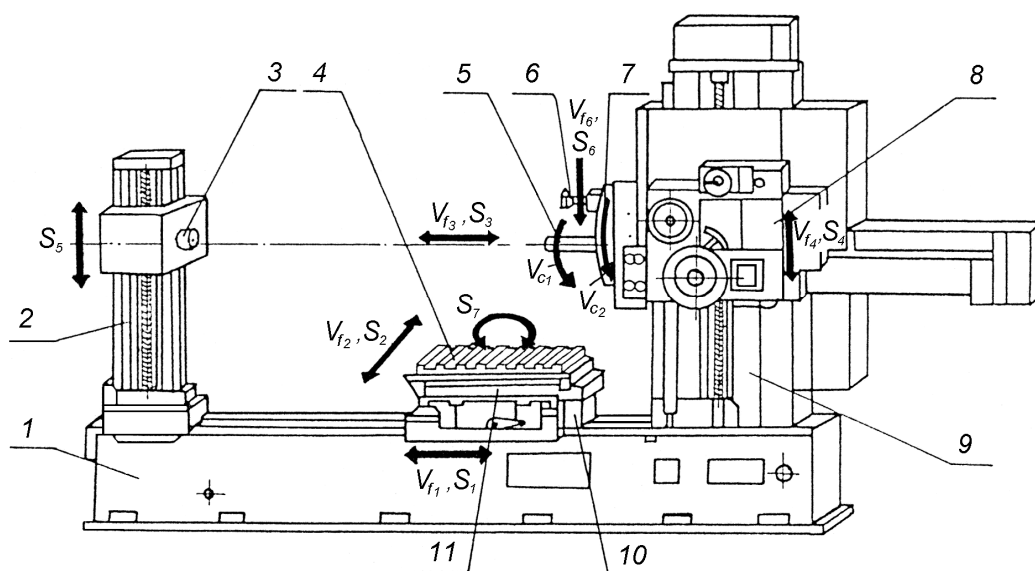
Подавателните преводи по трите оси X, Y и Z са кинематично еднакви, включват постояннотокови високомоментни електродвигатели и директно свързани с тях СВП. Тази конструкция гарантира висока точност на установъчните премествания S и плавност на подавателните движения V_f .

4.7 ХОРИЗОНТАЛНИ ПРОБИВНО-РАЗСТЪРГВАЩИ МАШИНИ

Хоризонталните пробивно-разстъргващи машини притежават универсални технологически възможности за обработване на голямогабаритни корпусни детайли (от типа на корпуси, кутии, картери и др.), поради което нямат ограничение за типа на производството. На тях могат да се извършват разстъргване, свредловане, разсвредловане, зенкерование, райберование, нарязване на резби с метчик, струговане на външни

цилиндрични и челни повърхнини, фрезование на равнинни повърхнини. Тези широки технологически възможности позволяват дори цялостно обработване на един призматично-корпусен детайл без той да се преустановява върху друга машина.

Общ вид на хоризонтална пробивно-разстъргваща машина е показан на фиг. 4.12 [6].



Фиг. 4.12 Общ вид на хоризонтална пробивно-разстъргваща машина
(1 – основа; 2 – задна стойка; 3 – люнет; 4 – маса; 5 – вретено; 6 – борцанга;
7 – планшайба; 8 – скоростна кутия; 9 – стойка; 10 – надлъжна шейна;
11 – напречна шейна)

Когато инструментите са свредла, зенкери, райбери, метчици или регулируеми разстъргващи глави, те се установяват във вретеното 5, като извършват главното движение на рязане V_c . Нерегулируемите разстъргващи инструменти, като например борщангата 6, се установяват върху планшайбата 7, която извършва главното движение на рязане V_c .

Заготовката се установява върху масата 4, монтирана върху надлъжната 10 и напречната 11 шейна. Чрез тях тя може да извършва движения по две взаимноперпендикулярни оси, които могат да бъдат работни подавателни – надлъжно V_{f1} и напречно V_{f2} , или установъчни премествания – съответно S_1 и S_2 .

Вретеното 5 също може да извършва надлъжно подавателно движение V_{f3} , (съответно установъчно преместване S_3), което е по направление на V_{f1} , но с ограничен ход.

Вретеното 5 и планшайбата 7 могат да се преместват заедно със скоростната кутия 8 по височината на колоната 9, като това движение може да бъде работно (V_{f4}) или установъчно (S_4).

За по-голяма стабилност на борщангата, установена във вретеното, когато тя е с дълга конзолна част, при някои машини е предвидена възможност за подпиране на свободния ѝ край в люнетта 3, който се установява по височината на стойката 2 (движение S_5) така, че да се осигури съосност с вретеното 5.

При подрязване на челни повърхнини с борщангата 6 на нея може да ѝ се предаде допълнително радиално подавателно движение (V_{f6}), а при разстъргване на отвори това движение е установъчно (S_6).

При някои модели масата на машината 4 е въртяща, като извършва механизирано установъчно завъртане S_7 , с което е възможно последователно обработване на отвори от всички страни на заготовката.

Големият брой движения, които се реализират на хоризонталните пробивно–разстъргващи машини, изискват сложна кинематика, която при това трябва да осигурява и съгласуваност между някои от движенията. На фиг. 4.13 е дадена кинематичната схема на машина, модел 2625 [11].

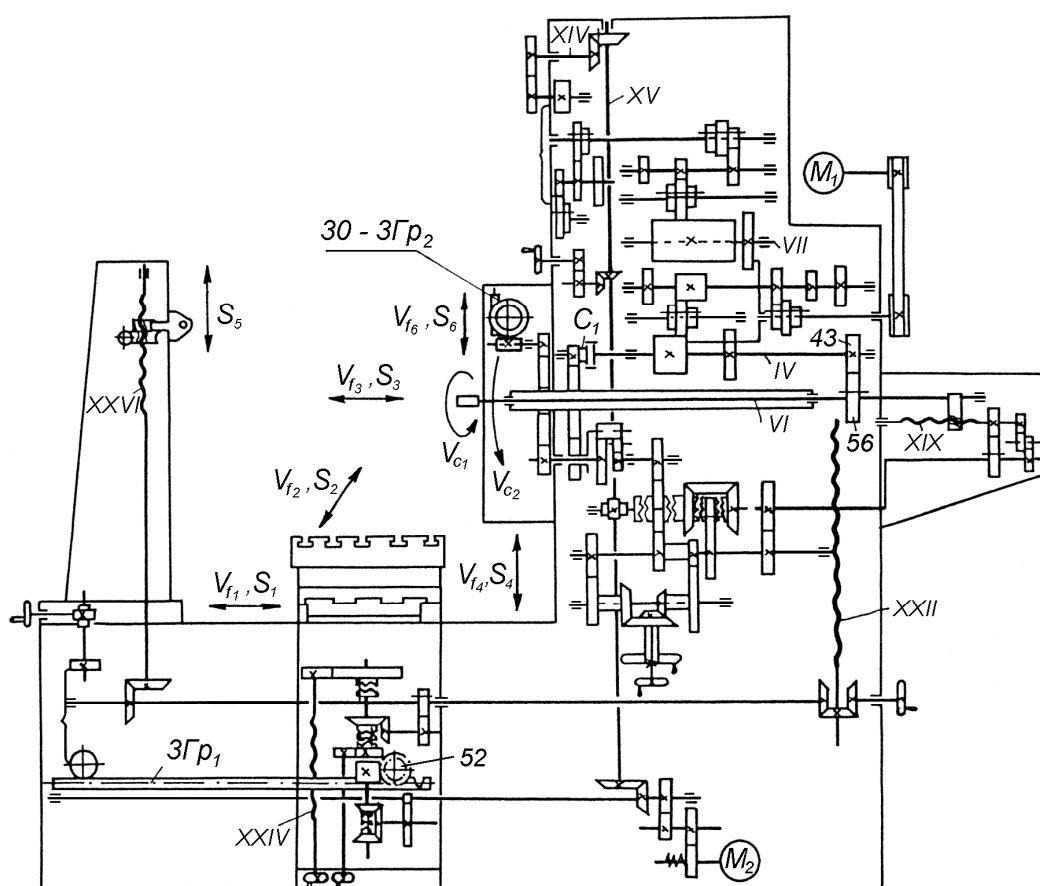
Главният превод започва от двускоростния електродвигател M_1 и през ремъчна предавка и две тройни зъбни групи предава главното движение на рязане V_c на вал IV с 18 честоти на въртене. Когато е включена зъбната двойка $Z_{43} - Z_{56}$ движението се предава на вретеното VI, а когато алтернативно е включен зъбният съединител C_1 , главното движение на рязане V_c се предава на планшайбата.

Подавателният превод взема движение от вал IV, след което го пренася през механизъм за регулиране на подаванията, разположен между валове VII и XIV. Механизмът включва две тройни и две двойни зъбни групи, с което при препокриване се постигат 30 стойности на подаването.

От вертикалния вал XV движението се предава (чрез превключване на съответни съединители) към следните звена:

- към зъбно–гребенната предавка $Z_{52} - 3Гр_1$ – за задвижване на надлъжната шейна (движения V_{f1} и S_1);
- към винта XXIV – за задвижване на напречната шейна (движения V_{f2} и S_2);
- към винта XIX – за подаване на вретеното (движения V_{f3} и S_3);
- към винта XXII – за вертикално подаване на скоростната кутия (движения V_{f4} и S_4);
- към винта XXVI – за вертикално преместване на люнета (движение S_5);
- към зъбно–гребенната предавка $Z_{30} - 3Гр_2$ – за радиално преместване на борщангата (движения V_{f6} и S_6).

Тези звена могат да се задвижват и на бърз ход от електродвигателя M_2 . Предвидена е и възможност за ръчно изпълнение на тези движения чрез голям брой ръчни колела.



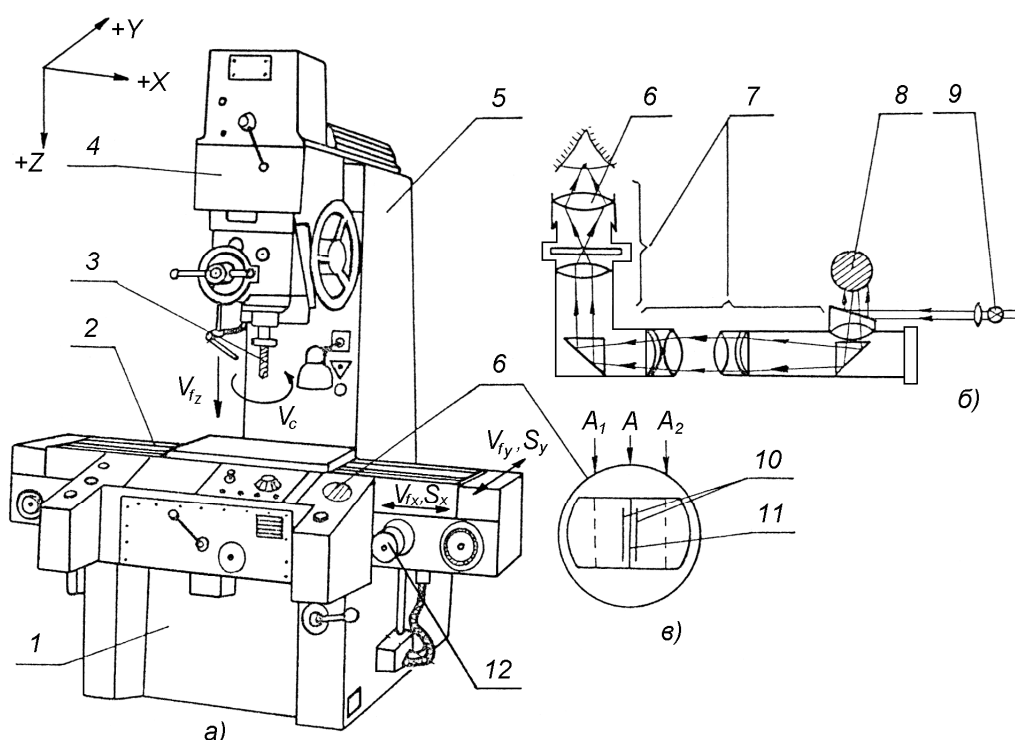
Фиг. 4.13 Кинематична схема на хоризонтална пробивно-разстъргваща машина

В новите конструкции пробивно–разстъргващи машини главното движение се извършва от постояннотокови електродвигатели, а подавателните движения – от високомоментни електродвигатели, всички с безстепенно регулиране.

4.8 КООРДИНАТНИ ПРОБИВНИ МАШИНИ

Координатните пробивни машини са предназначени за обработване на отвори с висока точност на взаимното им разположение по технологическата схема от фиг. 4.2 б. Освен пробивни и пробивно–разстъргващи обработки те позволяват и чисто фрезование, маркиране и проверка на линейни размери и междуосови разстояния, зададени в правоъгълна или полярна координатна система. При отчитане в полярни координати се използва въртяща се делителна маса. Координатните машини се използват за прецизно обработване на заготовки, обикновено в единичното и дребносерийното производство.

Общ вид на координатна пробивно–разстъргваща машина е показан на фиг. 4.14 [11].



Фиг. 4.14 Общ вид на координатна пробивно–разстъргваща машина
(1 – основа; 2 – маса; 3 – вретено с инструмент; 4 – вретенна кутия; 5 – стойка;
6 – окуляр; 7 – оптична система; 8 – огледален вал; 9 – светлинен източник;
10 – резки на окуляра; 11 – резка на огледалния вал; 12 – кръгова скала)

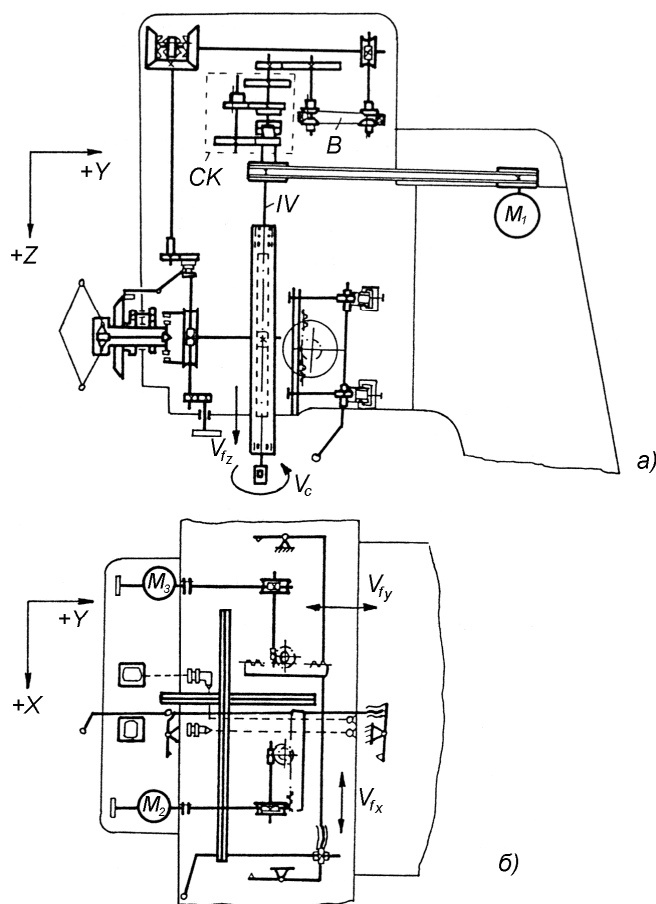
Инструментът 3 е установен във вретеното и извършва главното движение на рязане V_c и вертикалното подавателно движение V_{fz} .

Заготовката е установена върху масата 2, която извършва надлъжно (по оста X) и напречно (по оста Y) движение. Тези движения могат да бъдат работни - V_{fx} и V_{fy} или установъчни - S_x и S_y .

Кинематичната схема на машината е показана на фиг. 4.15 [6,11]. Главното движение V_c се осъществява от главния превод, който включва постоянно-токовия електродвигател с безстепенно регулиране M_1 и

тристепенна скоростна кутия СК (фиг. 4.15 а). Веригата за вертикалното подавателно движение V_{fz} започва от вретеното IV, като чрез вариатора В се постига безстепенно регулиране на подаването.

Надлъжното V_{fx} и напречното V_{fy} движения на масата се получават от две независими кинематични вериги, задвижвани от високомоментни постояннотокови електродвигатели M_2 и M_3 и завършващи със съответни зъбно-гребенни предавки (фиг. 4.15 б).



Фиг. 4.15 Кинематична схема на координатна пробивно-разстъргова машина

Точно позициониране на масата по осите X и Y се постига чрез специална оптична система, която е независима от подавателните вериги и поради това не се влияе от кинематичните неточности и износването в тях. Това осигурява точност на отчитане на размерите в правоъгълни координати до 0,001 mm и в полярни – до 5".

Координатите се определят чрез оптични измервателни системи (по една за всяка от осите X и Y), състоящи се от точен огледален вал 8 и наблюдателна оптична система (фиг. 4.13 б). Огледалните валове 8 са изработени от хромови стомани с гладки до блясък цилиндрични повърхнини, по които са нанесени тънки винтови резки с точна стъпка. Те са монтирани към масата по съответните направления на движение и се

преместват заедно с нея. Светлинните източници 9 насочват сноп лъчи, които се отразяват от огледалните повърхнини на валове 8 и през оптичните системи 7 попадат в окулярите 6. Там резките се появяват като белег 11 (фиг. 4.13 в), който може да заема произволно положение в прозорчето на окуляра - между A_1 и A_2 . Чрез маховиците за ръчно преместване масата 2 се придвижва дотогава, докато белегът 11 застане между двете деления 10 на прозорчето в положение А.

глава 5

ФРЕЗОВИ МАШИНИ

Фрезовите машини са предназначени главно за обработване на призматично-корпусни заготовки. На тях могат да се изпълняват голям брой обработки – фрезование на равнинни, ротационни и профилни повърхнини, прорязване на прави и винтови канали, обработване на отвори, на зъби на зъбни колела и др.

На фиг. 5.1 са показани различни технологически схеми за обработване на равнинни (фиг. 5.1 а,б,в,л) и профилни (фиг. 5.1 д,н,о) повърхнини, канали (фиг. 5.1 г,е,ж,з,и,к) и отвор (фиг. 5.1 м) с фрези от различен тип: цилиндрична (а), челна (б), тристранна дискова (в,г), профилна вдлъбната (д) и изпъкнала (ж), дискова зъбонарезна (н), шпонкови (и,к), челно-цилиндрични (л,м), палцова зъбонарезна (о) и циркулярна (з).

От схемите се вижда, че инструментът може да работи с хоризонтална или вертикална ос на въртене, като извършва главното движение на рязане V_c . Заедно с това, в зависимост от вида на обработката, се извършват и премествания по една от трите взаимноперпендикулярни оси X , Y и Z , които могат да бъдат работни (V_{fx} , V_{fy} , V_{fz}) или установъчни (S_x , S_y , S_z). При това не винаги се налага едновременно подаване по две оси, както и съгласуване на две или повече движения. Тези особености са заложили при проектирането на повечето фрезови машини.

Класификация на фрезовите машини по отношение на технологичните и експлоатационните им възможности и ефективното им приложение според типа на производството е показана на фиг. 5.2 [6].

Трябва да се отбележи, че към групата на специализираните фрезови машини, освен посочените на фиг. 5.2 копирни и шпонкови машини, се отнасят и някои други видове, като зъбофрезови, резбофрезови, шлицофрезови и др.

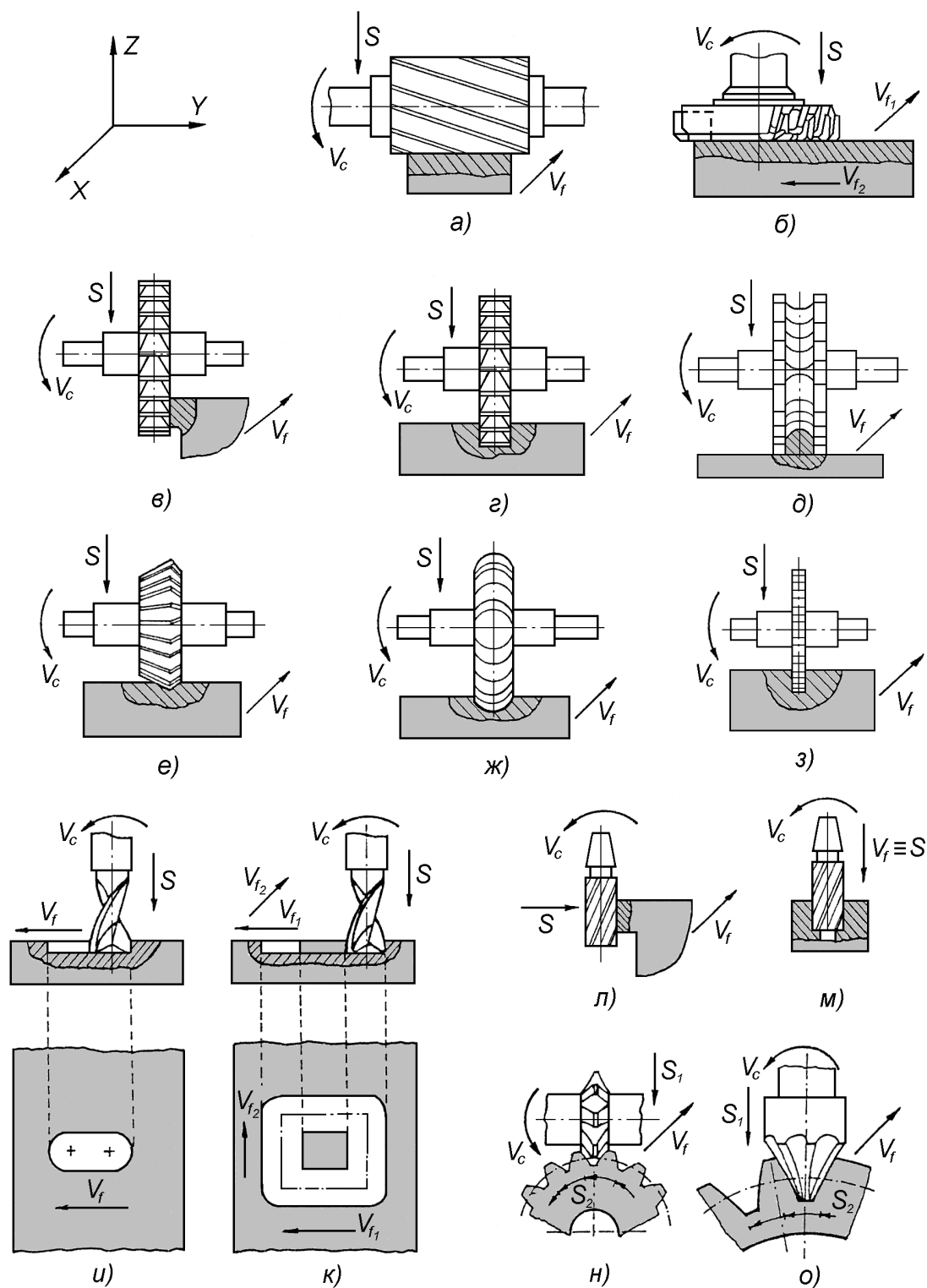
5.1 ФРЕЗОВИ МАШИНИ С ОБЩО ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ

• КЛАСИФИКАЦИЯ НА ФРЕЗОВИТЕ МАШИНИ С ОБЩО ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ

Към фрезовите машини с общо предназначение се отнасят (фиг. 5.2): хоризонтални, вертикални, универсални, широкоуниверсални, надлъжни фрезови и каруселни. Някои конструктивни схеми на фрезови машини са показани на фиг. 5.3 [6], като те се различават по признаците:

- ориентация на инструмента – хоризонтални и вертикални;

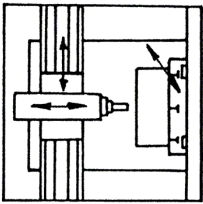
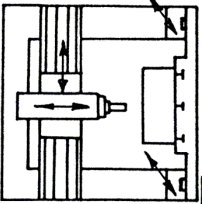
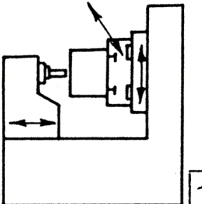
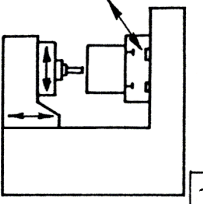
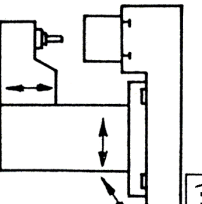
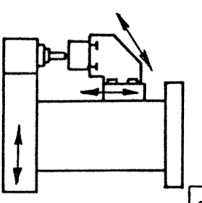
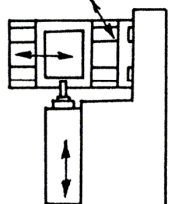
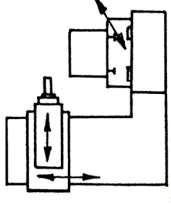
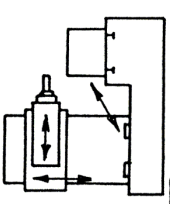
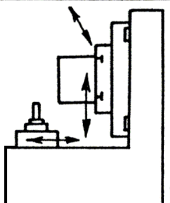
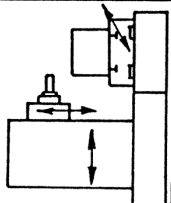
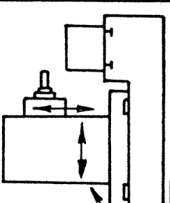
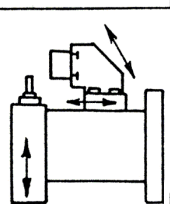
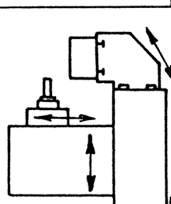
- конструкция на машината – конзолни, безконзолни и надлъжни фрезови – едностойкови и двустойкови (портални);
- разпределение на подавателните движения между инструмента и заготовката - с едно, две или три подавателни движения на инструмента и съответен брой подавателни движения на заготовката.



Фиг. 5.1 Технологически схеми при фрезовите машини

Видове фрезови машини	Бр. едно- времен- но рабо- тели инструм.	Видове повърхнини обработвани чрез обхождане		Възможност за обработване на други повърхнини	Възможност за автоматична смяна на		Ефективно прилож. според типа на производството
		равнинни	профилни		инструм.	детайла	
С общо пред- назна- чение	1	●	○	винтови канали, зъбни гребени, гърбици, зъбни колела (чрез копиране) и др. – само чрез допълнителни приспособления	○	○	■
	1-4	●	○		○	○	■
	1-2	●	○		○	○	■
Специа- лизирани	1-2	●	●		○	○	■
	1	●	○		○	○	■
ОЦ за ПКД	1	●	●	зъбни гребени, гърбици и др. – без допълнителни приспособления	●	●	■
● - възможност във всички случаи		● - възможност в някои случаи		○ - липсва такава възможност			

Фиг. 5.2 Видове фрезови машини и приложимост

		Брой подавателни движения на инструмента		
		три	две	едно
ВЕРТИКАЛНИ	Портални		 н)	 о)
	Безконзолни	 к)	 л)	 м)
	Конзолни	 и)		
ХОРИЗОНТАЛНИ	Безконзолни	 е)	 ж)	 з)
		 в)	 г)	 д)
	Конзолни	 а)	 б)	

Фиг. 5.3 Възможни конструктивни схеми на фрезови машини с общо предназначение

Конзолните фрезови машини се използват за обработване на заготовки от по-малък типоразмер. За по-големи и тежки заготовки се използват безконзолни машини, които имат по-голяма стабилност на масата със заготовката. За обработване на още по-големи и тежки

заготовки се използват надлъжни фрезови машини (варианти *н* и *о*), които са портален тип.

Броят на движенията, които извършва масата със заготовката, също зависи от нейното тегло. Тенденцията е: колкото заготовката е по-голяма и по-тежка, толкова по-малък брой движения трябва да извършва. Крайният случай на тази тенденция илюстрират варианти *д*, *з*, *м* и *о*, при които заготовките се установяват върху неподвижни маси, а всички движения се извършват от инструмента.

Освен показаните на фиг. 5.3 варианти, съществува още един, широко разпространен в практиката вариант, при който инструментът извършва само главното движение на рязане V_c , а заготовката се премества (работно V_f или установъчно S) по трите взаимно перпендикулярни оси. Този вариант е характерен за много модели хоризонтални, вертикални, универсални и широкоуниверсални фрезови машини.

• ХОРИЗОНТАЛНИ ФРЕЗОВИ МАШИНИ

При *хоризонталните фрезови машини* (фиг. 5.4) инструментът се установява чрез дорник във вретеното 6 с хоризонтална ос на въртене. За по-голяма стабилност дорникът може да се закрепя в свободния си край чрез подвижните опори 7, които могат да се преместват установъчно по направляващите на гредата (хобота) 5. Нейната стабилност може да се увеличи чрез закрепване в свободния ѝ край с допълнителните опори 8.

Главното движение на рязане V_c на инструмента се осъществява чрез главния превод, монтиран в стойката 2.

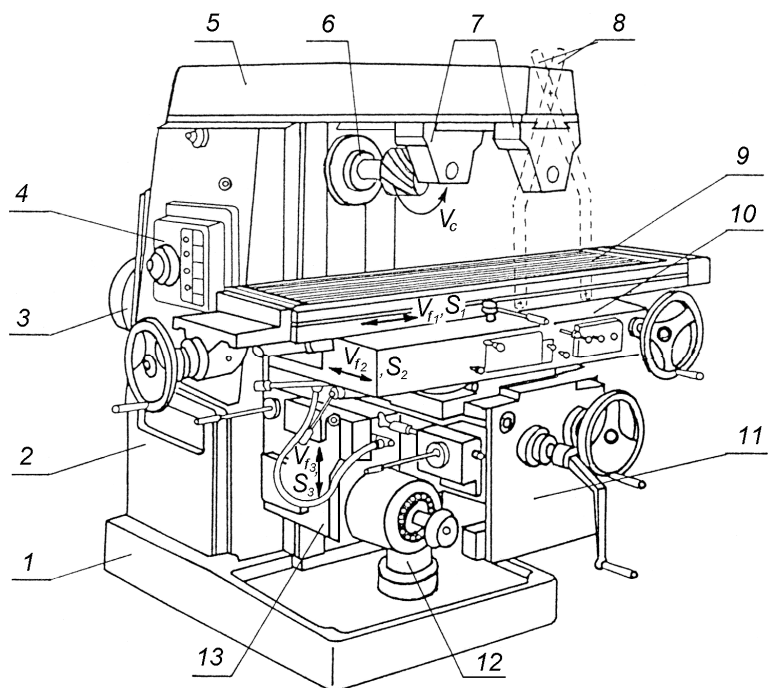
Заготовката се установява върху масата 9, чрез която може да извършва следните движения:

- надлъжно подаване V_{f1} или съответно установъчно преместване S_1 чрез надлъжната шейна 9;
- напречно подаване V_{f2} или съответно установъчно преместване S_2 чрез напречната шейна 10;
- вертикално подаване V_{f3} или съответно установъчно преместване S_3 чрез конзолата 11.

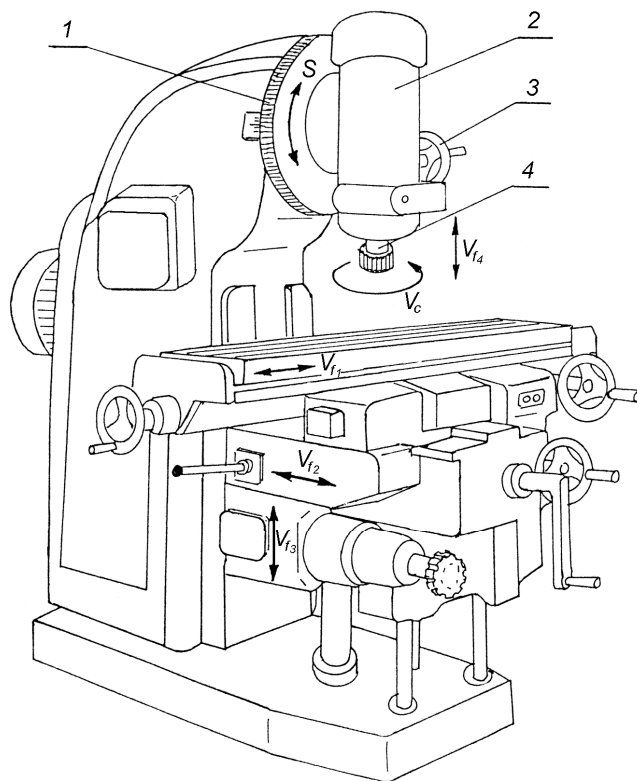
• ВЕРТИКАЛНИ ФРЕЗОВИ МАШИНИ

Вертикалните фрезови машини се различават от хоризонталните по разположението на вретеното, което е лагерирано във фрезовата глава 2, като извършва главното движение на рязане V_c около вертикална ос на въртене (фиг. 5.5). Фрезовата глава може да се завърта установъчно около хоризонтална ос (движение S), при което ъгълът се отчита по кръговата скала 1. Това позволява инструментът да заема наклонено положение спрямо масата.

Вретеното завършва с пинолата 4 и чрез ръчното колело 3 инструментът може да се подава осово (движение V_{f4}).



Фиг. 5.4 Общ вид на хоризонтална конзолна фрезова машина
(1 – основа; 2 – стойка; 3 – главен електродвигател; 4 – скоростен механизъм;
5 – гредка (хобот); 6 – вретено; 7 – подвижни опори; 8 – допълнителни опори;
9 – надлъжна шейна с маса; 10 – напречна шейна; 11 – конзола;
12 – вертикален винт; 13 – подавателна кутия)



Фиг. 5.5 Общ вид на вертикална конзолна фрезова машина
(1 – кръгова скала; 2 – фрезова глава; 3 – ръчно колело; 4 – пинола)

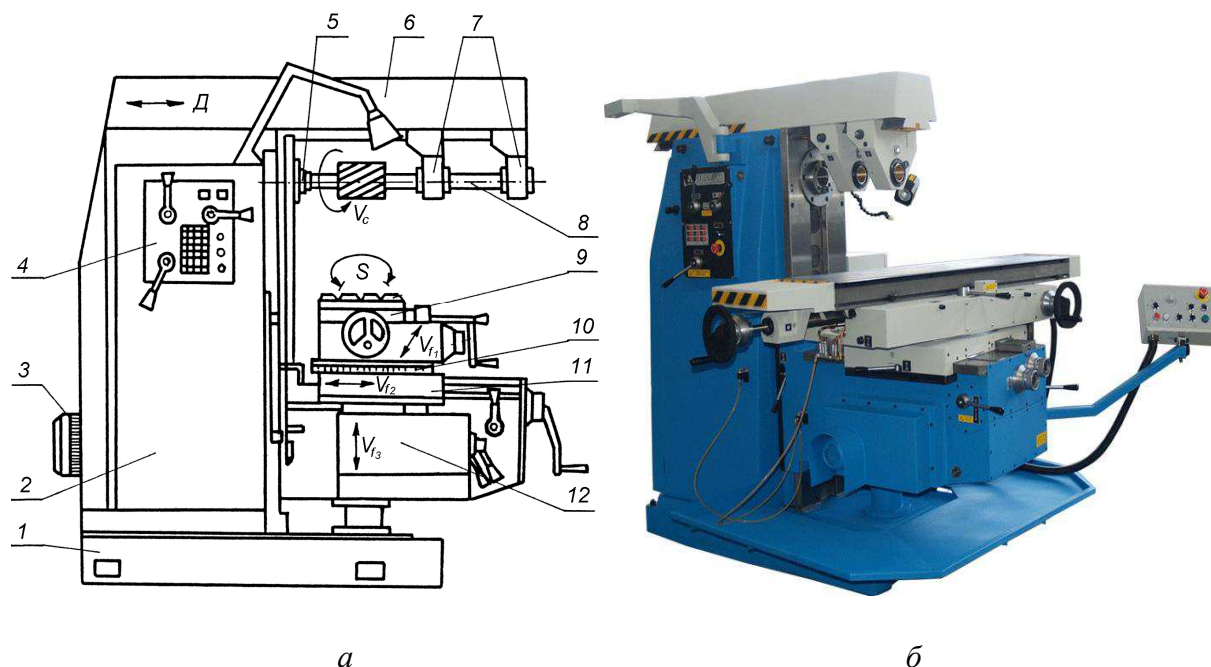
• УНИВЕРСАЛНИ ФРЕЗОВИ МАШИНИ

Общ вид на универсална конзолна фрезова машина ФУ321 е показан на фиг. 5.6 а [11]. Тя е подобна на хоризонталната фрезова машина от фиг. 5.4. Новото при тези машини е:

- допълнителните опори 7 и дорникът 8 с инструмента може да се демонтират, гредата 6 да се изтегли назад (движение D) и към предния край на вретено 5 да се монтира вертикална фрезова глава, подобна по конструкция на фрезовата глава 2 от фиг. 5.5;

- чрез въртящата маса 10 надлъжната шейна 9 може да се завърта установъчно (движение S) на ъгъл в обхвата $\pm 45^\circ$.

На фиг. 5.6 б е показана универсална конзолна фрезова машина ФУ321М, производство на „Арсенал” АД – Казанлък, която е с безстепенно честотно регулиране на главния и подавателния превод.



Фиг. 5.6 Общ вид на универсална конзолна фрезова машина (а) и универсална конзолна фрезова машина ФУ321М (б)

(1 – основа; 2 – стойка; 3 – главен електродвигател; 4 – скоростна кутия;
5 – вретено; 6 – гредка (хобот); 7 – дорник; 8 – надлъжна шейна с маса;
10 – кръгова скала с нониус; 11 – напречна шейна; 12 – конзола)

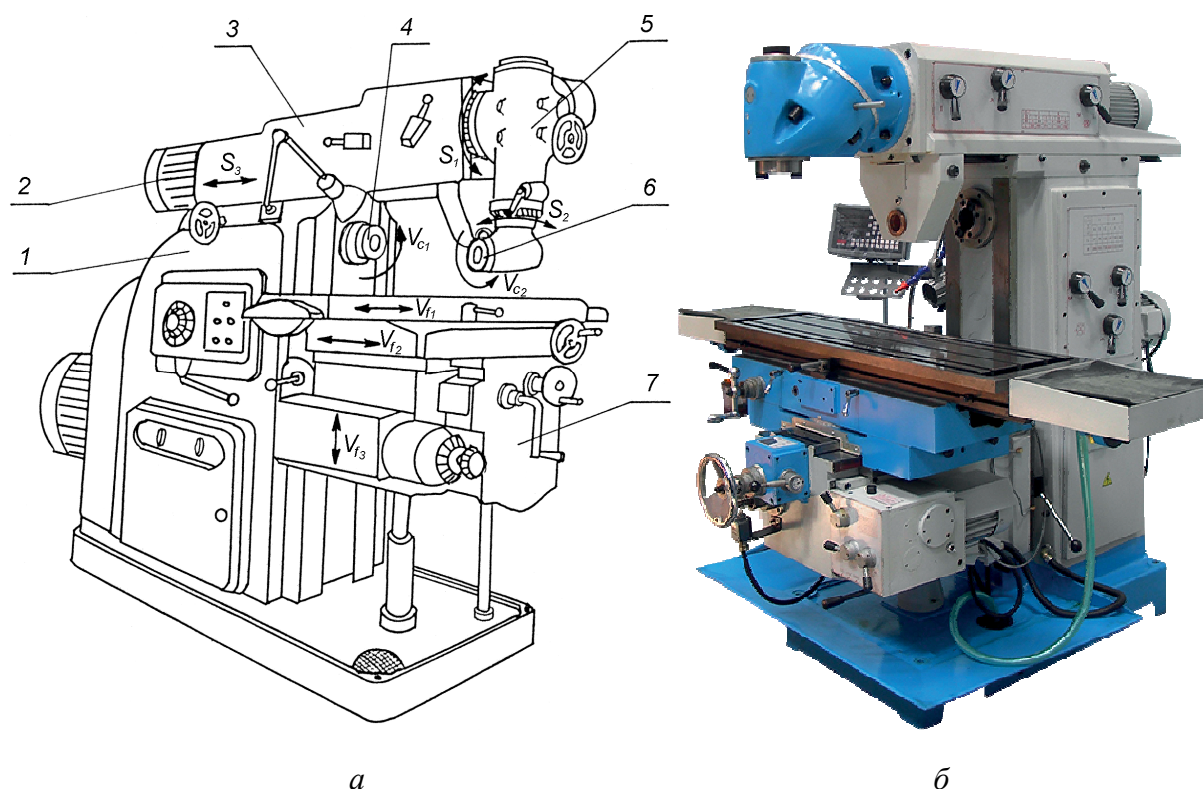
• ШИРОКОУНИВЕРСАЛНИ ФРЕЗОВИ МАШИНИ

Общ вид на широкоуниверсална конзолна фрезова машина е показан на фиг. 5.7 а [6]. Тя също да работи с хоризонталното вретено 4, с което инструментът извършва главното движение на рязане V_{c1} , но допълнително разполага и с универсална фрезова глава 5, която завършва с второто вретено 6, осъществяващо главното движение на рязане V_{c2} . Фрезовата глава 5 има две степени на свобода – установъчните движения S_1 и S_2 ,

които дават още по-големи възможности за ориентиране на инструмента във второто вретено 6 спрямо повърхнината на заготовката.

Задвижването на вретеното 6 се осъществява от самостоятелен превод, който включва асинхронния електродвигател 2, скоростната кутия 3 и универсалната фрезова глава 5. Този превод е монтиран в хобота върху тялото 1 на машината и по направляващи може да извършва установъчно движение S_3 .

На фиг. 5.7 б е показана широкоуниверсална конзолна фрезова машина X6436A, производство на „Полимета“ АД – София.



Фиг. 5.7 Общ вид на широкоуниверсална конзолна фрезова машина (а и б) и широкоуниверсална конзолна фрезова машина X6436A (б)
(1 – стойка; 2 – електродвигател за второто вретено; 3 – скоростна кутия на второто вретено; 4 – главно вретено; 5 – универсална фрезова глава; 6 – второ вретено; 7 – главен превод)

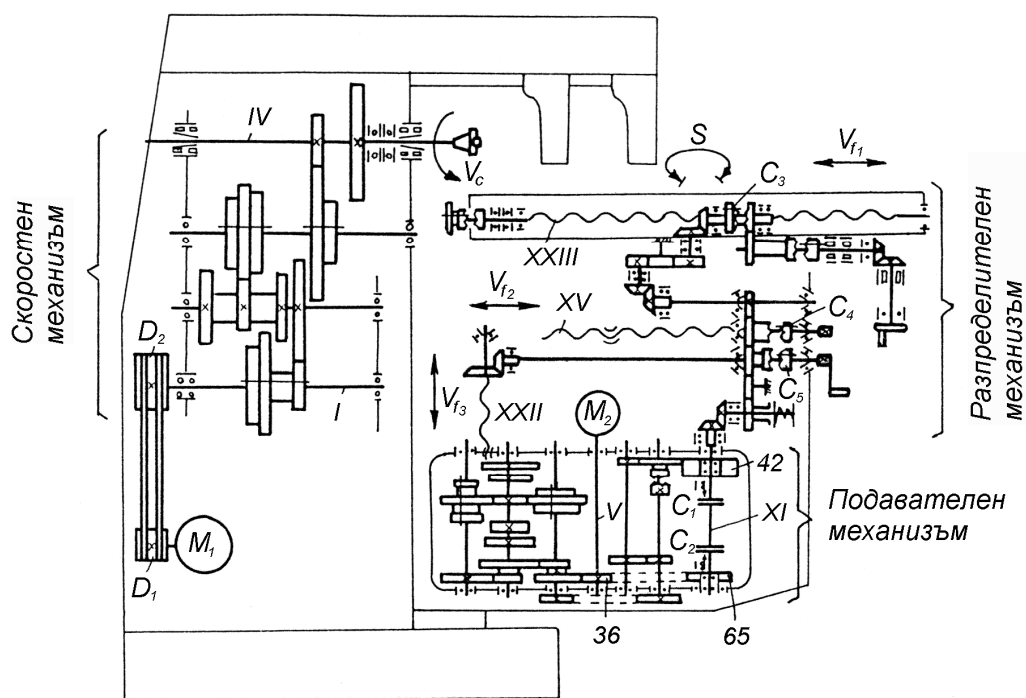
• КИНЕМАТИКА НА УНИВЕРСАЛНИ ФРЕЗОВИ МАШИНИ

Кинематиката на разгледаните четири типа фрезови машини е еднотипна. На фиг. 5.8 е показана кинематичната схема на универсалната фрезова машина ФУ321.

Главният превод взема движение от асинхронния електродвигател M_1 и през ремъчна предавка $D_1 - D_2$ го предава на скоростния механизъм. Той включва две тройни и една двойна зъбна група, разположени между вал I и вретеното IV. Така инструментът получава главното движение на

рязане V_c с $3.3.2 = 18$ честоти на въртене, подредени в геометрична прогресия.

Подавателният превод е монтиран в конзолата и е изграден от два механизма – *подавателен* и *разпределителен*. Движението се взема от асинхронния електродвигател M_2 и се пренася през подавателния механизъм, разположен между вал V и вал XI . Този механизъм включва две тройни и една двойна зъбни групи, чрез които на зъбно колело 42, лагерирувано свободно на вал XI , се предава движение с $3.3.2 = 18$ подавателни скорости, подредени в геометрична прогресия. Чрез предавката $Z_{36} - Z_{65}$ движението от вал V достига директно до зъбното колело Z_{65} , лагерирувано свободно върху вал XI , със скорост (бърз ход), значително превишаваща тази на зъбно колело Z_{42} . Тези 18 работни и една бърза честоти на въртене се предават на вал XI чрез алтернативното включване на съединителите C_1 и C_2 .



Фиг. 5.8 Кинематична схема на универсална конзолна фрезова машина ФУ321

От вал XI движението постъпва в разпределителния механизъм, който включва три паралелни вериги, завършващи със съответни винтови двойки. Това дава следните възможности:

- при включен съединител C_3 движението достига до винт $XXIII$ (ориентиран перпендикулярно на равнината на чертежа), откъдето се получава надлъжното подавателно движение V_{f1} на масата;
- при включен съединител C_4 - до винта XV за получаване на напречното подавателно движение V_{f2} ;

- при включен съединител C_5 - до винта XXII за получаване на вертикалното подавателно движение V_{f3} .

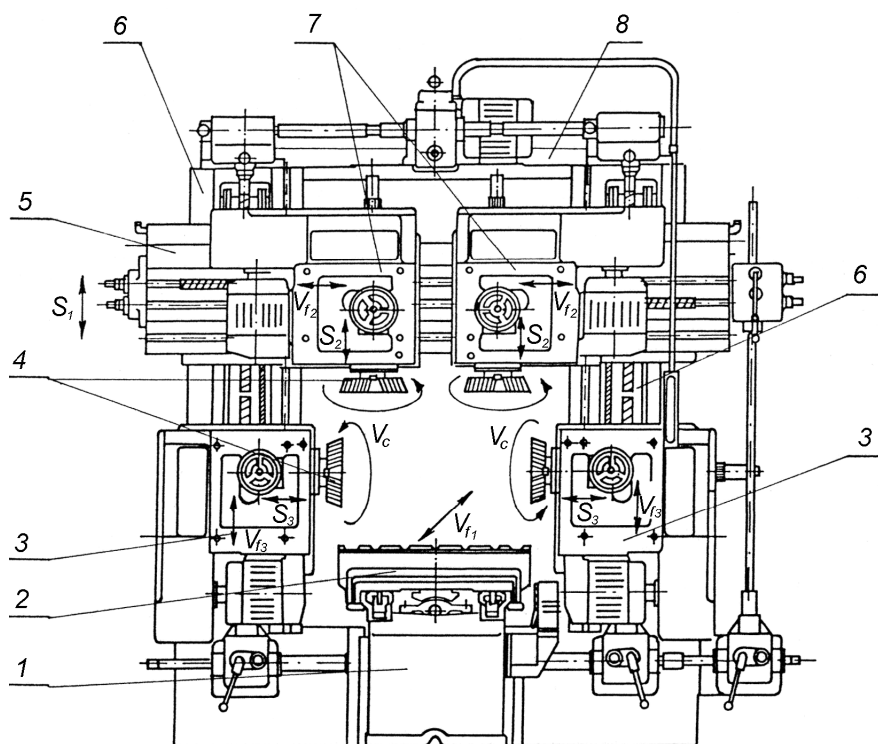
В системата за управление е предвидена блокировка, която позволява в даден момент да се включва само един от съединителите C_3 , C_4 или C_5 , т.е. масата със заготовката да се подава само по една ос.

Установъчното завъртане S на масата се извършва ръчно.

• НАДЛЪЖНО-ФРЕЗОВИ МАШИНИ

Надлъжно-фрезовите машини (фрезхобели) са предназначени за обработване на равнинни и профилни повърхнини предимно на голямогабаритни заготовки. Тяхната уникалност по отношение на размерите ги прави приложими във всякакъв тип производство (от единично до масово).

Общ вид на надлъжно-фрезова машина е показан на фиг. 5.9 [6].



Фиг. 5.9 Общ вид на надлъжно-фрезова машина

(1 – тяло; 2 – маса; 3 – хоризонтални супорти; 4 – вретена с инструменти;
5 – подвижна греда; 6 – стойки; 7 – вертикални супорти; 8 – неподвижна греда)

Заготовките се установяват по дължината на масата 2 и извършват надлъжното подавателно движение V_{f1} (перпендикулярно на равнината на чертежа).

Инструментите, челни и челно-цилиндрични фрези, се установяват във вретената 4 и извършват главното движение на рязане V_c .

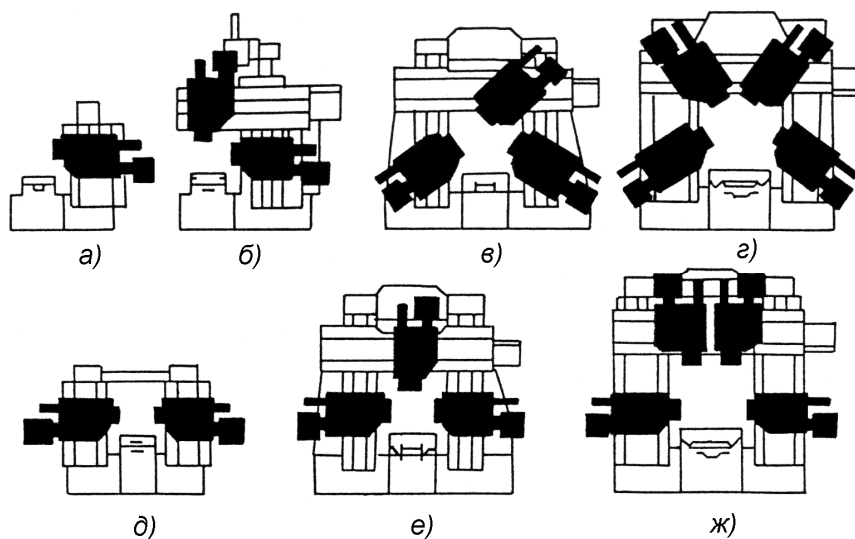
Двата супорта 7 са вертикални и са установени в супортната гредка 5, като чрез предвижване по нея осъществяват напречното подавателно движение V_{f2} . Гредата 5 може да се установява по височината на стойките 6 (движение S_1). Освен това всяко от вретената 4 задвижва пинола, която заедно с инструментите може да се установява във вертикално направление (движение S_2).

Другите два супорта 3 са хоризонтални и могат да се преместват по височината на стойките 6, с което осъществяват вертикалното подавателно движение V_{f3} , а чрез пинолите се извършва напречното установъчно движение S_3 на инструментите.

За по-голяма стабилност на конструкцията стойките 6 са свързани в горния си край чрез неподвижната гредка 8.

Главното движение на рязане V_c на всеки от инструментите се получава от отделен главен превод със степенно регулиране на скоростта. Напречните V_{f2} и вертикалните V_{f3} подавателни движения се получават от други преводи със степенно, а в по-новите конструкции и с безстепенно регулиране на подавателните скорости.

Надлъжното подавателно движение V_{f1} на масата със заготовката се осъществява от друг превод, който обикновено включва постояннотоков електродвигател с безстепенно регулиране, скоростен механизъм и механизъм за трансформиране на въртеливото движение в праволинейно. В скоростния механизъм е монтирано звено за реверсиране на посоката на движение на масата с повишена скорост. Механизмът за трансформиране на въртеливото движение в праволинейно е най-често от типа на червячно-гребенните предавки, които осъществяват голямо предавателно отношение. Това позволява при определена скорост на масата V_{f1} валове от скоростния механизъм да се въртят с по-високи честоти на въртене, с което ще пренасят по-малък въртящ момент.



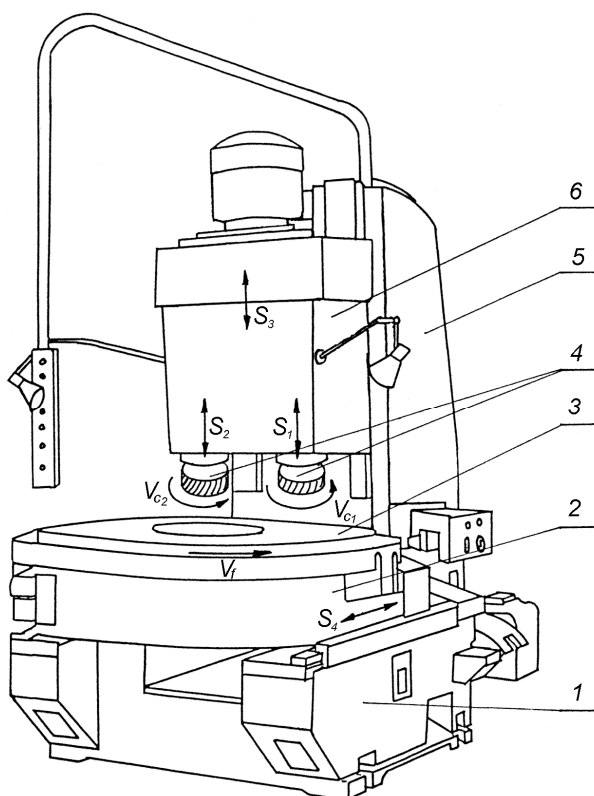
Фиг. 5.10 Варианти на компоноване на надлъжно-фрезови машини

По отношение на надлъжното подавателно движение V_{f1} надлъжно-фрезовите машини се изграждат по две принципно различни концепции според това кой работен орган го извършва. Освен показаната на фиг. 5.9 машина съществуват такива, при които надлъжното подавателно движение се извършва от портала с инструменталните супорти (фиг. 5.3 о). Предимство на втората концепция са по-малките габарити на машината (височината се намалява с около 20%, а дължината – с около 40%).

На фиг. 5.10 са показани различни варианти на надлъжно-фрезови машини, притежаващи от един до четири супорта [18]. Първите два варианта (фиг. 5.10 а,б) са едностойкови, а останалите - двустойкови (портални). Както се вижда, някои от супортите могат да се завъртат установъчно около хоризонталната си ос, с което се постига подходяща ориентация на инструмента спрямо обработваната повърхнина на заготовката.

• КАРУСЕЛНИ ФРЕЗОВИ МАШИНИ

Каруселните фрезови машини са предназначени за обработване на корпусни детайли в условията на серийно и масово производство. Характерна особеност при тях е въртящата маса 3 (фиг. 5.11), върху която се установяват заготовките [6]. Тъй като те са сравнително големи и тежки, каруселните фрезови машини се изграждат като безконзолни.



Фиг. 5.11 Общ вид на каруселна фрезова машина
(1 – основа; 2 – напречна шейна; 3 – маса; 4 – инструменти; 5 – стойка; 6 – супорт)

Режещите инструменти 4, които основно са челни фрези, извършват главното движение на рязане V_c . Тук функциите на вретената са разделени - едното е за грубо, а другото за чисто фрезозване, поради което скоростите на рязане при двете вретена са различни.

Супортът 6 може да се установява по височина на тялото (движение S_3) според габаритите на заготовката. Всяко от вретената задвижва пинола, чрез която инструментите се установяват по височина (движения S_1 и S_2) за задаване на необходимата дълбочина на рязане при двата прехода – за грубо и чисто фрезозване.

Заготовката с масата 3 извършва кръгово подавателно движение V_f . Тя е така ориентирана върху масата, че фрезозваният участък преминава първо под първото вретено (за грубо фрезозване), а след това под второто (за чисто фрезозване). Така се обработва ивица от дъга по окръжност с широчина, определена от диаметъра на инструментите. След това напречната шейна 2 се премества установъчно по направляващите на основата 1 (движение S_4), с което се преминава към фрезозване на нова ивица.

На каруселните фрезозови машини се извършва непрекъснато фрезозване, като след извеждане от работната зона обработените заготовки веднага могат да бъдат заменени с нови, т.е. имаме припокриване на спомагателното време на операцията с основното и оттам намаляване на времето за обработване на една заготовка.

5.2 ПРИСПОСОБЛЕНИЯ КЪМ ФРЕЗОВИТЕ МАШИНИ

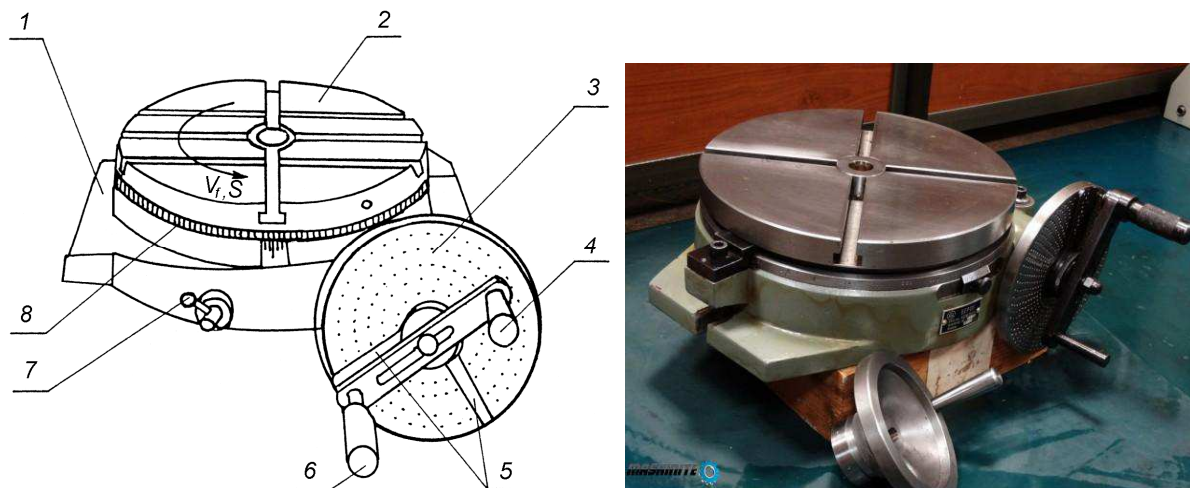
Технологическите възможности на фрезозовите машини с общо предназначение могат да се разширят с помощта на редица приспособления (универсални, специализирани и специални), като най-използваните универсални приспособления са *кръглата делителна маса (КДМ)* и *универсалният делителен апарат (УДА)*.

Общ вид на *кръгла делителна маса* е показан на фиг. 5.12 [6,10]. Заготовка се установява върху масата 2 на КДМ, която може да се завърта около вертикалната ос на симетрия (движения S и V_f). Тези движения се извършват с помощта на ръчката 4 и червячна предавка ($i = 1/90$).

Когато движението е установъчно (S), централният ъгъл може да се отчита от скалата 8. За по-точно позициониране се използва делителният диск 3, по двете чела на който има изработени отвори, разположени по концентрични окръжности, които са изработени с много висока точност на окръжната стъпка. Така се постига точно завъртане на ръчката на желания централен ъгъл, а с това и на масата 2 със заготовката.

За да се улесни многократно повторемното позициониране на ръчката, се използва ножицата 5, чиито две рамена се установяват на необходимия централен ъгъл.

При някои конструкции на КДМ въртенето на масата 2, когато е работно подавателно движение (V_f), може да се осъществи механизирано. За тази цел движението се взема от подавателния превод на машината и чрез лира се довежда до червячното колело на КДМ.



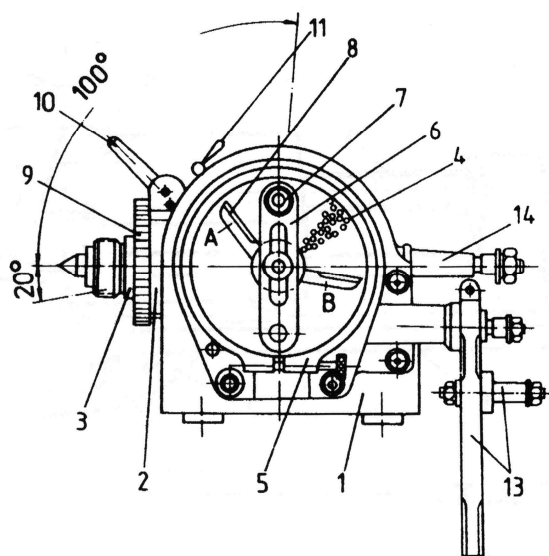
Фиг. 5.12 Общ вид на кръгла делителна маса
(1 – корпус; 2 – маса; 3 – делителен диск; 4 – ръчка; 5 – ножица;
6 – фиксатор; 7 – стопорна ръчка; 8 – скала)

На фиг. 5.13 са показани други конструкции делителни маси. Конструкцията от фиг. 5.13 а е с две базови повърхнини и позволява установяване на заготовката в хоризонтално и вертикално положение. Делителната маса от фиг. 5.13 б позволява установъчно завъртане на малък ъгъл спрямо хоризонталната ос ($\pm 30^\circ$), а тази от фиг. 5.13 в – завъртане на ъгъл $\pm 90^\circ$.

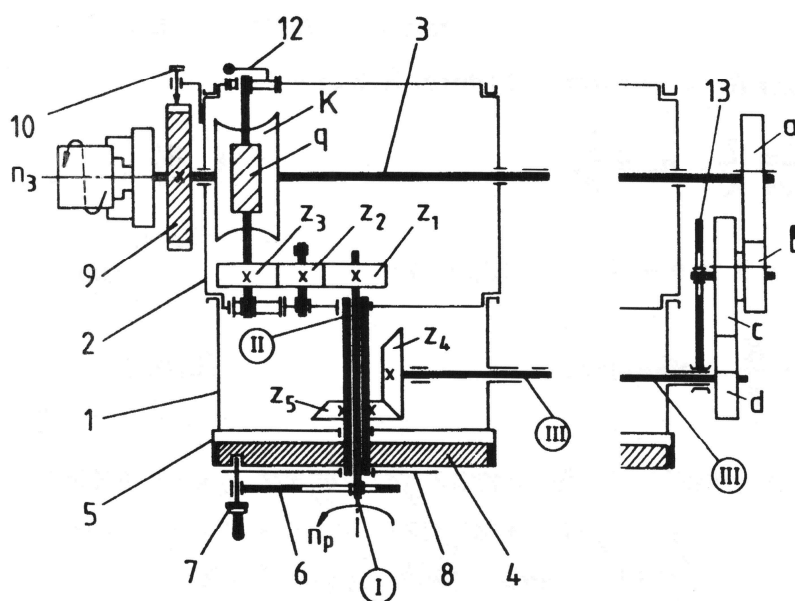


Фиг. 5.13 Други видове кръгли делителни маси

Общ вид на универсален делителен апарат УДА150 е показан на фиг. 5.14 [10].



a



б

в

Фиг. 5.14 Универсален делителен апарат УДА 150 – *a* – общ вид (1 – седло; 2 – тяло; 3 – вретено; 4 – делителен диск; 5 – разрязан пръстен; 6 – ръчка; 7 – фиксиращ палец; 8 – ножица; 9 – фиксаторен диск; 10 – спомагателен фиксиращ палец; 11 – спирачна ръчка; 12 – ръчка за отцепване на червяка; 13 – люлка; 14 – вал); *б* – кинематична схема при индиректно просто деление; *в* – кинематична схема при индиректно диференциално делене

Корпусът на апарата се установява върху масата на фрезовата машина, а обработваната заготовка - в патронник, установен към вретеното

3. В неподвижното седло 1 са поставени тялото 2 и вретеното 3, които могат да се завъртат около оста на делителната ръчка 6 на ъгъл от -20° до $+100^\circ$. В седлото 1 и тялото 2 са поместени механизмите на апарата (червячна и зъбни предавки). На делителната ръчка 6 е поставен фиксиращият палец 7, с който тя се установява в желано положение спрямо делителния диск 4. От двете страни на делителния диск има изработени глухи отвори, разположени по 11 концентрични окръжности на всяка страна. Броят на отворите на всяка страна е показан в табл. 5.1.

Табл. 5.1

Окръжност	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 страна	24	25	28	30	34	37	38	39	41	42	43
2 страна	46	47	49	51	53	54	57	58	59	62	66

Делителният диск се застопорява към тялото с разрязания пръстен 5. Между диска и ръчката на вала на делителния диск е поставена ножицата 8 с рамената А и В. Към тялото 2 са поставени ръчките 10 и 11. На вретеното неподвижно е установен дискът 9 за директно деление и подвижно се установява удължителният вал 14 за свързване със сменна лира. Към цилиндричната конзола на седлото 1 се поставя люлката 13 за сменната лира.

Кинематичната схема на УДА 150 е показана на фиг. 5.14 б,в. Заготовката, която се установява неподвижно към вретеното, се завърта при въртене на ръчката 6 след издърпване на фиксиращия палец 7 чрез вала I, зъбната предавка $z_1 - z_2 - z_3$ и червячната предавка $q - K$. Делителният диск е закрепен към кухия вал II, на който неподвижно е монтирано конусното зъбно колело z_5 , зацепено с конусното зъбно колело z_4 . Валът III на последното излиза през конзолата. Зъбната предавка $z_4 - z_5$ може да бъде и винтова. Червячното колело има 40 зъба, а червякът е едноходов. Броят на зъбите на червячното колело К се нарича *характеристика на делителния апарат* и показва колко завъртания трябва да направи ръчката 6, за да се завърти заготовката на един оборот. Към апарата има сменна лира, която се използва при различните му приложения.

Универсалният делителен апарат може да се използва за случаите:

1. Установъчно завъртане на заготовката на определен ъгъл

Този случай, който се прилага най-често за разделяне на окръжност на равни части, може да се извърши чрез:

А. Директно делене

Директното делене се извършва, когато броят на деленията z , на които трябва да се раздели окръжността, е число, кратно и по-малко от 24.

За целта се използва фиксаторният диск 9 (фиг. 5.14), имащ 24 равномерно разположени по периферията трапецовидни канали, и спомагателният фиксиращ палец 10. Каналите са номерирани и спомагателният фиксиращ палец 10 влиза плътно във всеки от тях като остава при работа включен. Вретеното допълнително се застопорява със спирачната ръчка 11 (фиг. 5.14).

Б. Индиректно просто (обикновено) делене

Индиректното просто делене се прилага, когато броят на деленията, на които трябва да се раздели окръжността, е равен или кратен на характеристиката K или на броя на отворите на някоя от $22^{\text{те}}$ окръжности на делителния диск. В този случай най-напред се определят честотите на въртене на ръчката n_p за завъртане на заготовката на $n_z = \frac{1}{z}$ оборота. Това става като се използва уравнението на кинематичната верига *ръчка 6 – вретено 3* (фиг. 5.14 б)

$$n_p \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{q}{K} = n_z = \frac{1}{z} \quad (5.1)$$

Като се замести $\frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} = 1$ и $q=1$, се получава

$$n_p = \frac{K}{z} \text{ оборота.} \quad (5.2)$$

Получените обороти на ръчката n_p могат да бъдат цяло число (напр C), дробно число (напр. $\frac{A}{B}$ правилна дроб при $K \leq z$) или смесено число (напр. $C \frac{A}{B}$, неправилна дроб при $K > z$).

Когато оборотите на ръчката n_p са:

- *цяло число* C , ръчката се завърта на толкова пълни оборота, колкото е C ;

- *дробно число* $\frac{A}{B}$, ръчката се завърта на брой отвори, съответстващи на A , отчетени по една от окръжностите на делителния диск с брой на отворите B ;

- *смесено число* $C\frac{A}{B}$, ръчката се завърта на толкова пълни оборота, колкото е С и допълнително на брой отвори, съответстващи на А, отчетени по една от окръжностите на делителния диск с брой на отворите В.

Практически разделянето се осъществява, като се изтегли фиксиращият палец 7, завърта се ръчката на определените обороти n_p и фиксиращият палец отново се постави в определения отвор на избраната окръжност с отвори върху делителния диск.

При простото делене делителният диск е неподвижен – застопорен е към тялото 2 чрез разрязания пръстен 5.

Пример 1.

Да се настрои УДА150 за извършване на делене на 8 равни части (напр. фрезование на многостен с брой на страните $z = 8$).

$$n_p = \frac{K}{z} = \frac{40}{8} = 5 \text{ оборота.}$$

Полученият резултат показва, че след обработването на първата страна трябва да се завърти ръчката 6 на $n_p = 5$ оборота, след това още на 5 и т.н. Отчитането на броенето се извършва върху делителния диск (независимо по коя окръжност), като за начало на отчитането се приема положението на едно от рамената А или В на ограничителя (ножицата).

Пример 2.

Да се настрои УДА150 за извършване на делене на 64 равни части (напр. фрезование по метода на копиране на цилиндрично зъбно колело с $z = 64$ зъба).

$$n_p = \frac{K}{z} = \frac{40}{64} = \frac{5}{8} = \frac{10}{16} = \left[\frac{15}{24} \right] = \frac{20}{32} = \frac{25}{40} = \frac{30}{48} = \dots\dots\dots \text{т.н. оборота}$$

Тъй като делителният диск няма окръжност с брой на отворите 8, трябва получената дроб да бъде разширена (умножаване на числителя и знаменателя с едни и същи числа). При разширяването трябва да се намери такова число в знаменателя, което да бъде равно на броя на отворите на някоя от окръжностите на делителния диск. По тази окръжност се извършва настройването.

За разглеждания пример се приема $n_p = \frac{15}{24}$, т.е. избрана е окръжност 1 с 24 отвора, по която трябва да бъдат отброени 15 отвора при въртене на ръчката.

За облекчаване на отчитането се разтварят рамената А и В на ножицата на 15 отвора (или да обхванат 16 отвора) и ако фиксиращият палец 7 на ръчката 6 опира отдясно на А, рамената А и В ще заключат дъга от окръжност, равна на $\frac{15}{24}$ (т.е. $\frac{5}{8}$) оборота. При това положение се изработва първото междузъбие. След това ръчката 6 се завърта така, че фиксаторът ѝ да опре в рамото В, а рамената на ножицата заедно се завъртат, така че рамото А да опре във фиксатора на ръчката. Така рамената ще заемат положение, необходимо за следващото отчитане. Обработва се следващото междузъбие и операцията за делене се повтаря до пълното обработване на заготовката.

Пример 3.

Да се настрои УДА150 за извършване на делене на 16 равни части (т.е. $z = 16$).

$$n_p = \frac{K}{z} = \frac{40}{16} = \frac{5}{2} = 2\frac{1}{2} = \dots = 2\frac{12}{24} = 2\frac{14}{28} = 2\frac{15}{30} = 2\frac{17}{34} = 2\frac{19}{38} = \left[2\frac{21}{42}\right] = \\ = 2\frac{23}{46} = 2\frac{27}{54} = 2\frac{29}{58} = 2\frac{31}{62} = 2\frac{33}{66} \text{ оборота.}$$

В този случай има 11 възможности. Избираме примерно 10^{-та} окръжност с брой на отворите 42.

Числото $2\frac{21}{42}$ показва, че за разделянето трябва ръчката да се завърти на 2 пълни оборота плюс 21 интервала (отвора) от окръжност с 42 отвора.

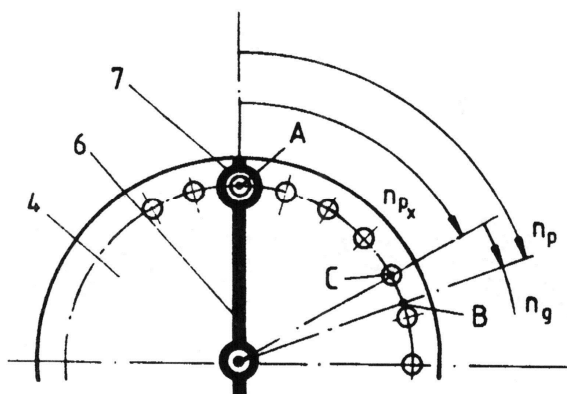
И в този случай за удобство на отчитането на 21 интервала могат да използват рамената на ножицата.

В. Индиректно диференциално делене

Простото делене не може да задоволи всички срещани се в практиката случаи, тъй като делителният диск 4 има ограничени възможности – отвори само по 22 окръжности. При всички останали случаи се използва диференциалното делене.

Оборотите на ръчката са известни, но не могат да се отработят, защото отговарят на дъгата АВ (фиг. 5.15), а в точка В липсва отвор за фиксиращия палец 7. За да се извърши разделянето, се избира помощно число z_x , което може да бъде по-голямо или по-малко от z , но задължително с него делителният апарат да може да се настрои за индиректно просто делене. Тогава действителното завъртане на ръчката е

$$n_{px} = \frac{K}{z_x} \text{ оборота.} \quad (5.3)$$



Фиг. 5.15 Използване на универсалния делителен апарат при индиректно просто (а) и индиректно диференцирано (б) делене

С това за настройване се използва отворът от делителния диск, намиращ се в точка С (фиг. 5.15). Допуснатата умишлено грешка отговаря на дъгата СВ, откъдето следва

$$n_p = n_{px} + n_d . \quad (5.4)$$

Делителният диск получава въртливо движение от вретеното 3, което е свързано чрез сменната лира а – б, с – d със зъбното колело z_4 (фиг. 5.14 б). Завъртането на диска на n_d оборота става за времето на завъртане на заготовката на $n_3 = 1/z$ оборота, откъдето може да се запише

$$\frac{1}{z} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{z_4}{z_5} = n_d . \quad (5.5)$$

Като се заместят (5.3) и (5.5) в (5.4), и се вземе под внимание, че $z_4 = z_5$, за лирата се получава

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{K}{z_x} \cdot (z_x - z) = i_{cm} . \quad (5.6)$$

Изразът в скобите може да е положително или отрицателно число в зависимост от избора на z_x . Знакът определя посоката на въртене на диска спрямо посоката на въртене ръчката 6. Когато $z_x > z$ и $z_x - z > 0$, дискът и ръчката се въртят в еднаква посока, а при $z_x < z$ и $z_x - z < 0$ – в противоположни посоки. Обръщането на посоката на въртене се постига чрез поставяне на паразитно зъбно колело в сменната лира. За да се върти, делителният диск се освобождава от разрязания пръстен 5.

Пример 4.

Да се настрои УДА150 за извършване на делене на 121 равни части (т.е. $z = 121$).

Директно и просто делене в случая е невъзможно.

Избира се помощно число деления, например $z_x = 120$. В този случай

$$n_{px} = \frac{K}{z_x} = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} = \frac{8}{24} = \frac{10}{30} = \frac{13}{39} = \frac{25}{40} = \left[\frac{14}{42} \right] = \frac{17}{51} = \frac{18}{54} = \frac{19}{57} = \frac{22}{66}.$$

В този случай има осем възможности. Избираме например 10^{-та} окръжност от 1^{-вата} страна на делителния диск с 42 отвора.

Това означава, че ръчката се завърта на 14 отвора по делителния диск и по кръг с 42 отвора.

$$i_{cm} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{K}{z_x} \cdot (z_x - z) = \frac{40}{120} (120 - 121) = -\frac{1}{3} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1,5} = \frac{28}{56} \cdot \frac{32}{48}.$$

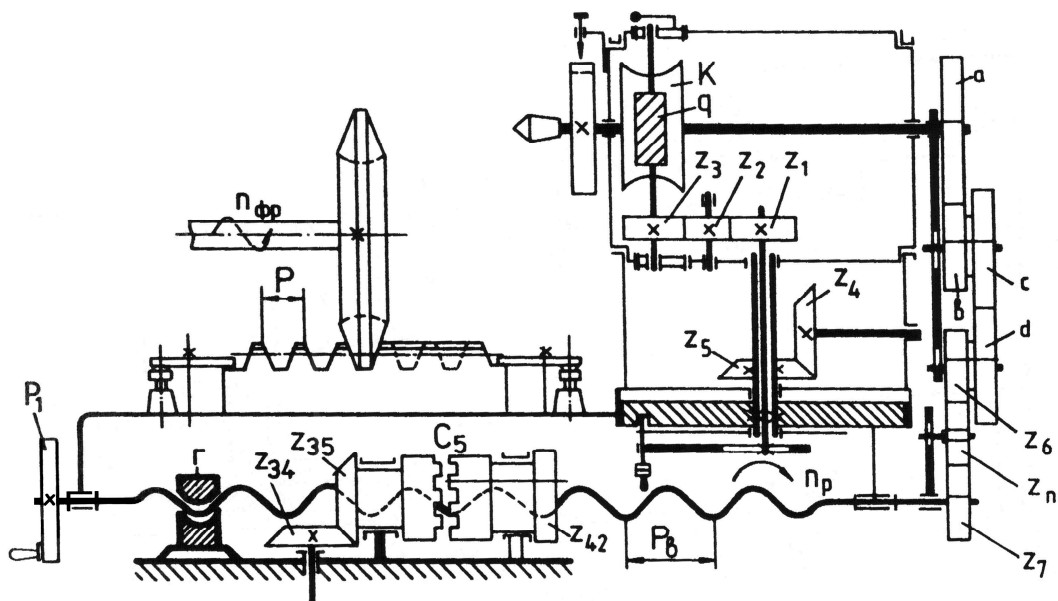
Знакът „–“, показва, че със завъртане на ръчката дискът трябва да се завърти в противоположна посока, т.е. необходимо е прибавяне в лирата на паразитно зъбно колело.

2. Установъчно преместване на заготовката на определено разстояние

Настройването на универсалния делителен апарат в този случай е показано на фиг. 5.16. Заготовката се установява върху масата на фрезовата машина. Ходовият винт за надлъжното подавателно движение на масата е свързан с вretenото 3 на УДА (фиг. 5.14 б) чрез лирата а - b, c - d и зъбните предавки $Z_6 - Z_{II} - Z_7$. Така чрез завъртане на ръчката 6 (фиг. 5.14 б) се завърта и винтът, откъдето масата получава преместване на необходимата стъпка Р. Делителният диск е застопорен от пръстена 5. Уравнението за настройване на кинематичната верига е

$$n_p \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{q}{K} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{z_6}{z_{II}} \cdot \frac{z_{II}}{z_7} \cdot P_B = P, \quad (5.7)$$

откъдето след избиране на предавателното отношение $a/b \cdot c/d$ се пресмята по уравнение (5.7) големината на n_p или по избрано n_p се пресмята $a/b \cdot c/d$.



Фиг. 5.16 Схема на делителния апарат при обработване на зъбен гребен

3. Обработване на винтови канали

Настройването на универсалния делителен апарат е показано на фиг. 5.17. Режещият инструмент се разглежда като материална точка, която трябва да опише по повърхнината на заготовката винтова линия със стъпка H . За тази цел трябва да се съгласуват въртеливото движение на заготовката с надлъжното подавателно движение на масата по закона: докато заготовката се завърти на един оборот, масата трябва да се премести на разстояние H .

За съгласуване на тези движения вал III (фиг. 5.14 б) на апарата се свързва чрез лирата $a - b$, $c - d$ с надлъжния ходов винт на масата, делителният диск е освободен, а ръчката е блокирана чрез фиксатора към диска. Кинематичната верига започва от ходовия винт, който се върти с честота n_b , минава през сменната лира, през механизмите на УДА и завършва на заготовката, въртяща се с честота n_3 . Уравнението на кинематичната верига е

$$n_b \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{z_4}{z_5} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{q}{K} = n_3 \quad (5.8)$$

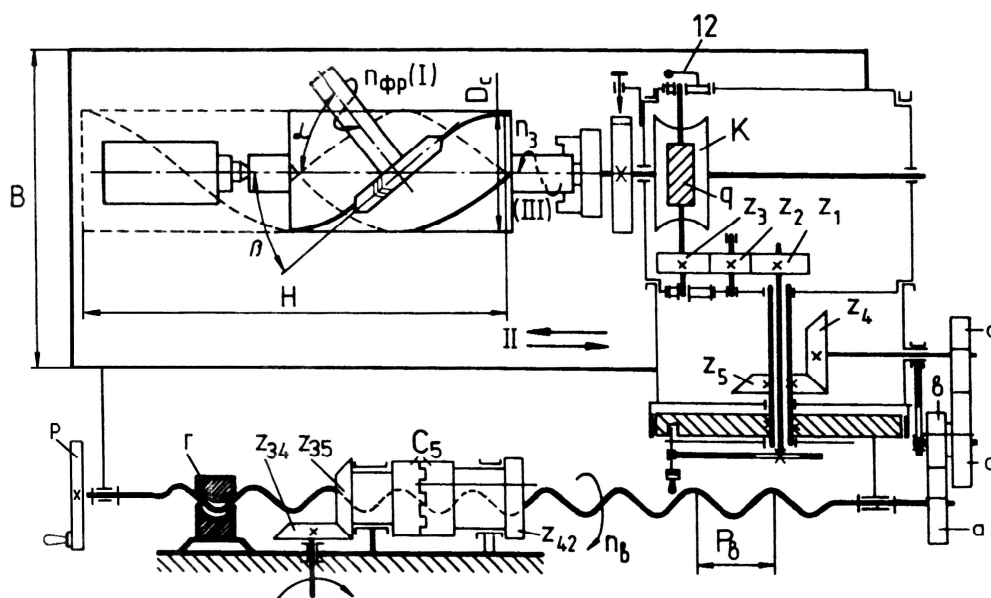
За да се получи винтова линия с ход H , трябва да е изпълнено условието

$$n_3 H = n_b P_b \quad (5.9)$$

Като се решат съвместно (5.8) и (5.9) се получава зависимостта за определяне на предавателното отношение на сменната лира

$$i_{\text{см}} = \frac{K.P_B}{H} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}. \quad (5.10)$$

Фиксиращият палец по време на работа се използва за предаване на въртящия момент от делителния диск на делителната ръчка, затова стремежът е той да е поставен в отвор на най-външната окръжност на делителния диск.



Фиг. 5.17 Схема на делителния апарат при обработване на винтов канал

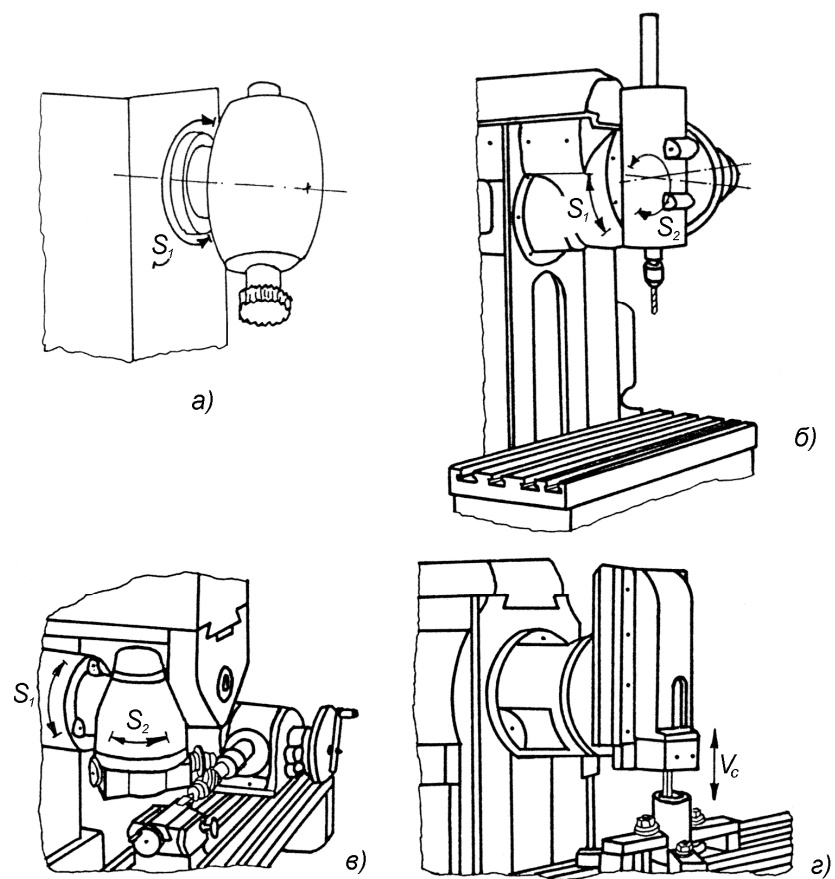
На фиг. 5.18 е показана друга екипировка, която може да се използва при универсалните фрезови машини [6].

Вертикалната фрезова глава (фиг. 5.18 а) позволява установяване на инструмента във вертикалното вретено, което установъчно може да се завърта (движение S) на определен ъгъл в границите $\pm 90^\circ$.

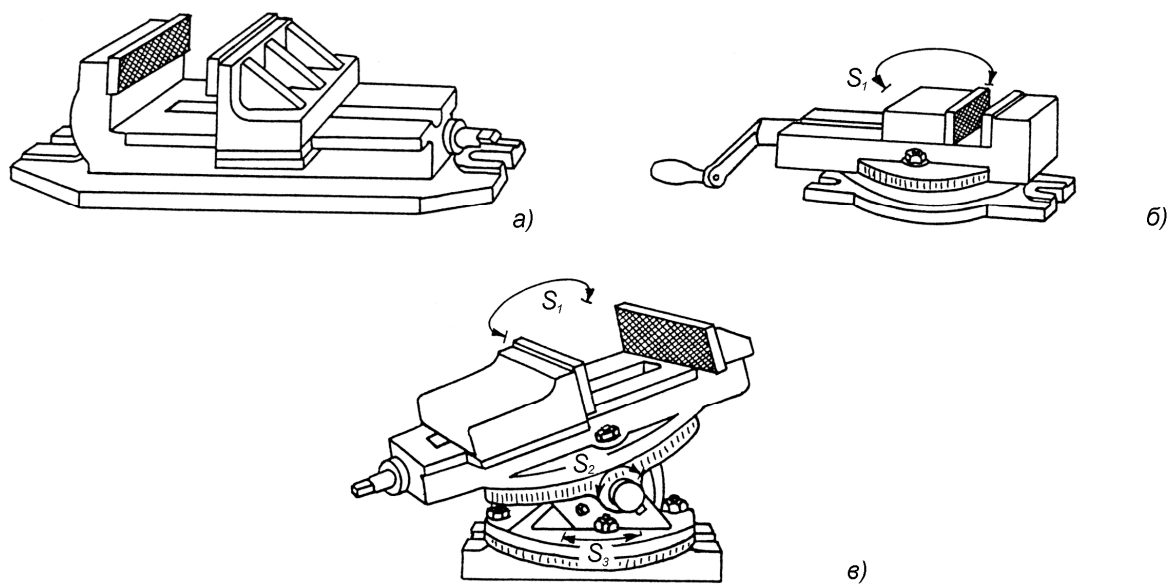
Универсалните вретенни глави (фиг. 5.18 б,в) позволяват установъчни движения (S_1 и S_2) на вретеното около две взаимно-перпендикулярни оси, с което се получават още по-големи възможности за ориентиране спрямо повърхнината на заготовката.

При дълбачната глава (фиг. 5.18 г) движението на рязане от въртеливо се трансформира в праволинейно-възвратно V_c на плъзгача с инструмента, чрез което на фрезовите машини могат да се извършват и дълбачни обработки.

Заготовки с малки размери се установяват върху масата на фрезовата машина чрез стиски [6]. На фиг. 5.19 са дадени три различни конструкции: неподвижна (фиг. 5.19 а), въртяща (фиг. 5.19 б), която позволява едно установъчно завъртане на заготовката S_1 и универсална (фиг. 5.18 в), която позволява съответно три установъчни движения S_1 , S_2 и S_3 [6].



Фиг. 5.18 Принадлежности към фрезерните машини



Фиг. 5.19 Стиски за фрезерни машини

5.3 СПЕЦИАЛИЗИРАНИ ФРЕЗОВИ МАШИНИ

• КОПИРНИ ФРЕЗОВИ МАШИНИ

Копирните фрезови машини са специализирани машини за обработване на повърхнини със сложен профил. И тук подобно на копирните стругови машини, информацията за обработваната повърхнина се получава от копир (шаблон) и чрез специална копирна система се предава на изпълнителното звено (вретеното с инструмента или масата със заготовката). Скъпото, трудоемко и продължително настройване на тези машини ги прави ефективни в условията на едросерийното и масовото производство.

При фрезовите машини се извършва два вида копиране - *контурно* и *обемно*.

Контурното копиране се прилага при фрезоване на равнинни криви, като например канал със сложна траектория в равнината (фиг. 5.20 а) или сложна крива А – В (фиг. 5.20 б). За тази цел трябва да се съгласуват двете подавателни движения V_{f1} и V_{f2} .

Системите за контурно копиране са механични, хидравлични и електрични.

На фиг. 5.21 а е показана механична копирна система (пантограф) [6]. Осезателят 4 обхожда контура на копира (шаблона) 5 и чрез лостовите предава необходимото подавателно движение на инструмента, установен във вретеното 2. Пантографът позволява мащабиране на контура чрез промяна на рамената на отделните лостове, като мащабът е $K = L_1/L_2$. Предимство на механичните копирни системи е тяхната опростена конструкция. Те обаче притежават следните недостатъци:

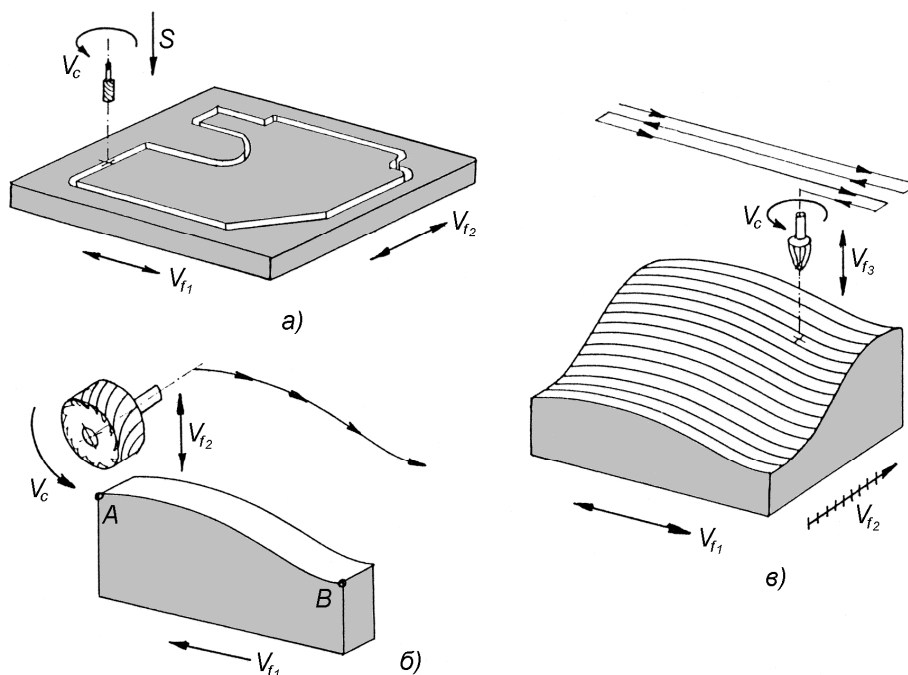
- силите на рязане се пренасят в обратен мащаб (L_1/L_2) върху копира, което води до износването му;
- лостовата система допуска трептене на инструмента, което се отразява на качеството на обработваната повърхнина.

Поради тези причини механичните копирни системи се прилагат при фрезоване с малки сили на рязане (напр. при гравирание на фигури, надписи и др.).

Хидрокопирна система при фрезоване е показана на фиг. 5.21 б [6]. Заготовката 4 и копирът 6 се установяват върху масата 3 на машината и извършват заедно надлъжното подавателно движение V_{f1} . Плунжерът 9 чрез лоста 8 притиска осезателя 7 така, че той винаги е в непрекъснат контакт с повърхнината на копира 6. Системата е в равновесие, когато се постигне определена хлабина h_0 в хидравличния разпределител 10.

Когато осезателят 7 започне изкачване по повърхнината на копира, лостът 8 притиска плунжера 9. Това увеличава хлабината, т.е. $h > h_0$, при което разпределителят 10 ще пропусне по-голям дебит масло и съответно ще намалее дебитът на маслото, постъпващо в хидроцилиндъра 2. В

результат на това масата 3 ще започне спускане надолу (движение V_{f2}), а инструментът 5 ще фрезова възходящ участък от повърхнината на заготовката 4.



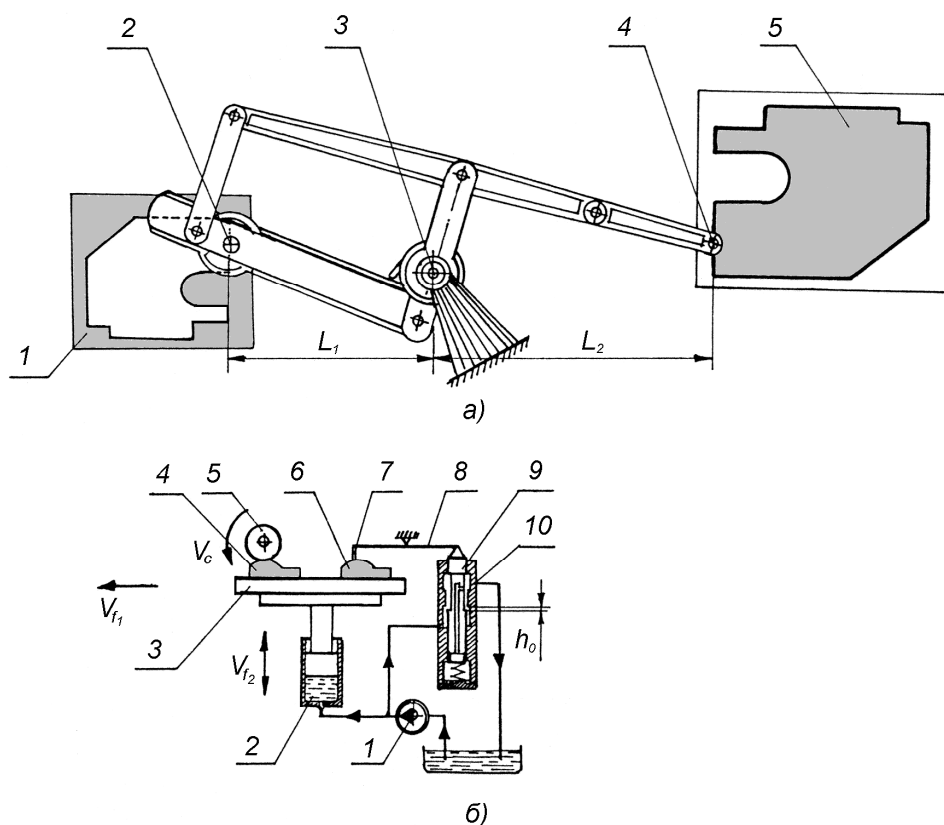
Фиг. 5.20 Схеми при копирно фрезование

Когато осезателят 7 започне спускане по повърхнината на копира, се получава обратният ефект, в резултат на което инструментът 5 ще фрезова низходящ участък от повърхнината на заготовката 4.

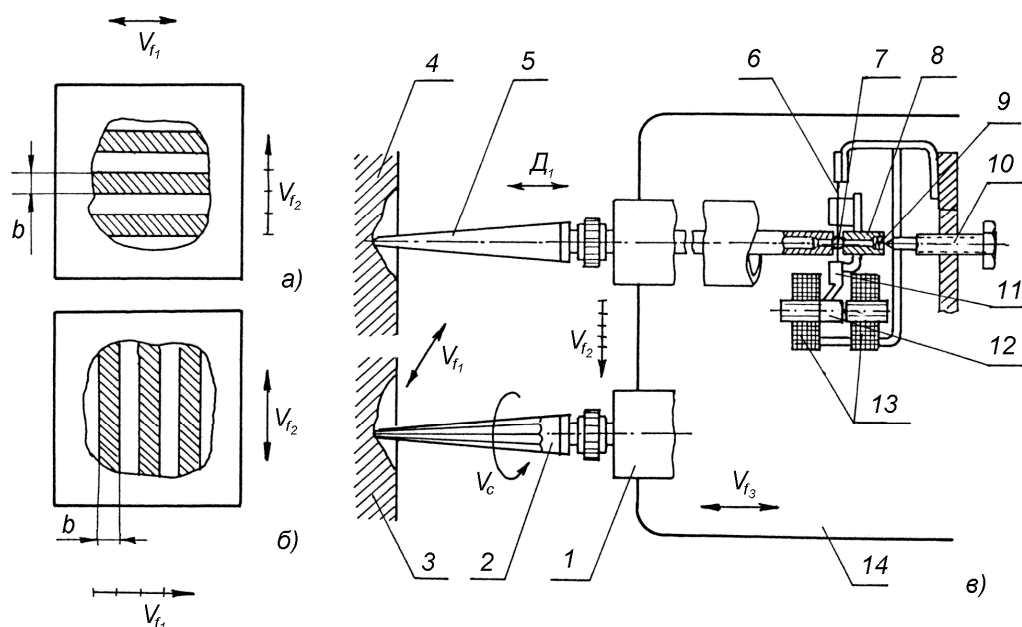
Устойчивостта на системата се дължи на обстоятелството, че и в двата случая вертикалното движение на масата V_{f2} обуславя възстановяване на равновесната хлабина h_0 .

Обемното копиране се прилага при фрезование на обемни профилни повърхнини (фиг. 5.20 в). Тъй като те се описват с три координати, обхождането им трябва да става по две оси. За тази цел повърхнината на копира, съответно на заготовката, се разделя на ивици с широчина, съизмерима с тази на режещата част на инструмента. Ивиците по дължина се описват с подавателното движение V_{f1} , което е възвратно-постъпателно. В края на всеки ход се извършва подавателно движение V_{f2} , което е прекъснато. Сигналят от осезателя се обработва от копирна система и се предава на инструмента, който извършва подавателно движение V_{f3} .

Принципът и схемата на работа на електрокопирната система са показани на фиг. 5.22 [6]. Повърхнината на копира 4 се разделя на ивици с широчина b , които могат да са хоризонтално (фиг. 5.22 а) или вертикално (фиг. 5.22 б) ориентирани. Подавателното движение по дължината на ивиците е непрекъснато възвратно-постъпателно, а подавателното движение напречно на ивиците – прекъснато.



Фиг. 5.21 Копирни системи: а) механична (1 – заготовка; 2 – вретено с инструмент; 3 – шарнир; 4 – осезател; 5 – копир); б) хидравлична (1 – помпа; 2 – хидроцилиндър; 3 – маса на машината; 4 – заготовка; 5 – инструмент; 6 – копир; 7 – осезател; 8 – лост; 9 – плунжер; 10 – хидравличен разпределител)

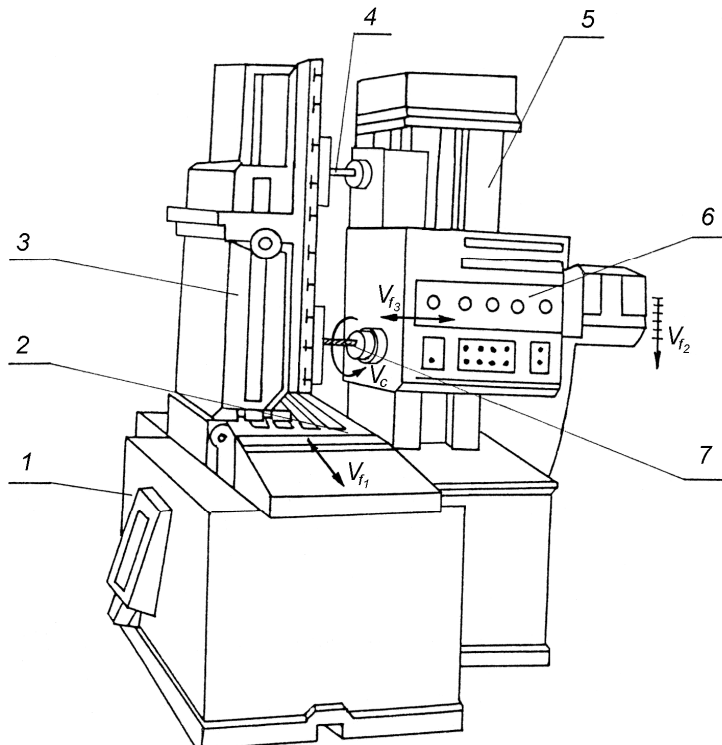


Фиг. 5.22 Принцип на работа (а,б) и схема (в) на електрокопирна система за обемно фрезование (1 – вретено; 2 – инструмент; 3 – заготовка; 4 – копир; 5 – осезател; 6 – лента; 7 – сачма; 8 – втулка; 9 – пружина; 10 – регулиращ винт; 11 – тежест; 12 – котва; 13 – ел. трансформатор; 14 – вретенна кутия)

Когато осезателят 5 (фиг. 5.22 в) обхожда повърхнината по съответната ивица, той се притиска към копира от пружината 9. В зависимост от обхождания профил осезателят се премества вляво или вдясно (движение D_1), което води до съответно преместване на котвата 12 в електромагнитното поле на трансформатора 13. Така променените електромагнитни импулси постъпват в усилващо устройство, което управлява електродвигателя за осовото подавателно движение V_{f3} на вретенната кутия 14. По такъв начин инструментът 2 описва ивица по повърхнината на заготовката 3 с профил, идентичен с този на копира.

Устойчивостта на електрокопирните системи се дължи на обстоятелството, че движението V_{f3} на вретенната кутия обуславя възстановяване на равновесието в електромагнитното поле на трансформатора.

Общ вид на електрокопирна фрезова машина 6441Б [13] е показан на фиг. 5.23. Върху масата 2 е монтирана стойката 3, по която един над друг са установени обработваната заготовка и копирът. Осезателят 4 обхожда повърхнината на копира, а инструментът 7 фрезова повърхнината на заготовката. Масата 2 извършва надлъжното възвратно-постъпателно движение V_{f1} , а инструментът 7, заедно със скоростната кутия – вертикалното (прекъснато) подавателно движение V_{f2} . Електрокопирната система управлява напречното подавателно движение V_{f3} .

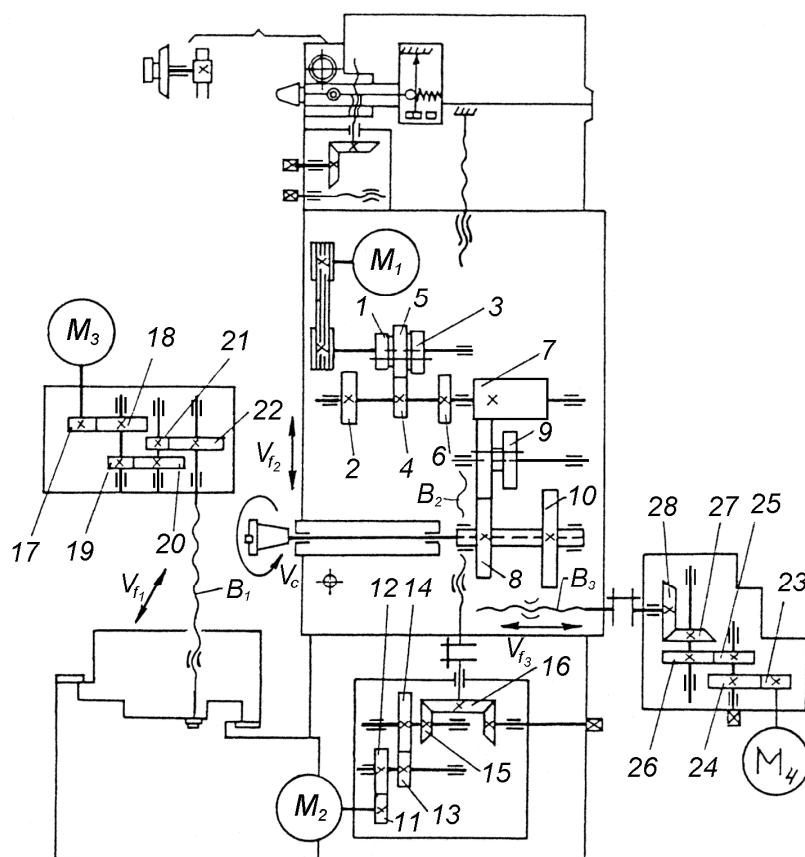


Фиг. 5.23 Общ вид на електрокопирна фрезова машина
(1 – тяло; 2 – маса; 3 – стойка; 4 – осезател; 5 – стойка;
6 – скоростна кутия; 7 – инструмент)

Кинематичната схема на електрокопирната фрезова машина 6441Б е показана на фиг. 5.24 [6]. Главното движение на рязане V_c се осъществява от главния превод, който включва двускоростния асинхронен електродвигател M_1 , тройна и двойна зъбни групи, при което на въртенето се получават 12 честоти на въртене подредени в геометрична прогресия.

Трите подавателни движения се получават от три независими кинематични вериги, изградени от постояннотокови електродвигатели с безстепенно регулиране (M_2 , M_3 , M_4), редуктори и винтови предавки.

Електрокопирната система управлява електродвигателя M_4 на веригата за напречното подавателно движение V_{f3} .



Фиг. 5.24 Кинематична схема на електрокопирна фрезова машина

• ШПОНКОВО-ФРЕЗОВИ МАШИНИ

Шпонково-фрезите машини са предназначени за фрезове на шпонкови канали в ротационни заготовки. Предимството им се изразява във възможността за работа в автоматизиран режим. Приложението им е ефективно в едросерийното и масовото производство.

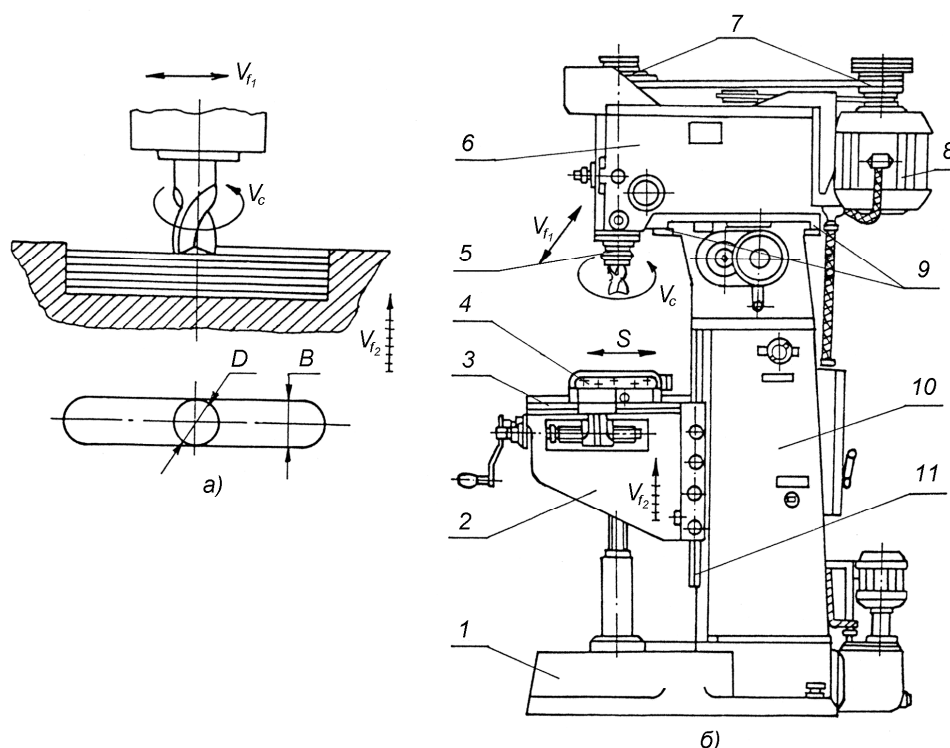
Технологическата схема на фрезове на шпонков канал е показана на фиг. 5.25 а. Инструментът е шпонкова фреза с диаметър $D = B$. Освен главното движение на рязане V_c той извършва и възвратно-постъпателно подавателно движение V_{f1} с дължина на хода, съответстваща на дължината

на канала. В края на всеки работен ход се извършва вертикално подавателно движение V_{f2} за преминаване към следващия работен ход.

Общ вид на шпонково-фрезова машина е показан на фиг. 5.25 б [13]. Главното движение на рязане V_c на инструмента се регулира в три скорости чрез степенна ремъчна предавка. Заедно с корпуса на главния превод инструментът извършва и надлъжно подавателно движение V_{f1} .

Заготовката се установява върху масата и извършва вертикално подавателно движение V_{f2} . Чрез ръчка масата може да се премества установъчно в напречно направление (движение S).

Надлъжното V_{f1} и вертикалното V_{f2} подавателно движение се осъществяват по хидравличен път с възможност за безстепенно изменение на скоростите им и за работа в автоматичен цикъл.



Фиг. 5.25 Технологична схема (а) и общ вид (б) на шпонково-фрезова машина (1 – основа; 2 – конзола; 3 – напречни направляващи; 4 – маса; 5 – вретено; 6 – корпус на главния превод; 7 – степенна ремъчна предавка; 8 – главен електродвигател; 9 – надлъжни направляващи; 10 – стойка; 11 – вертикални направляващи)

5.4 ФРЕЗОВИ МАШИНИ С ЦИФРОВО ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ

Независимо от голямото разнообразие, в което са се развили фрезовите машини с ЦПУ, те могат да се разделят на три основни групи:

- фрезови машини с 3 CNC – управляеми оси;
- фрезови машини с 5 CNC – управляеми оси;
- обработващи центри за призматично–корпусни детайли.

• ФРЕЗОВИ МАШИНИ С 3 CNC-УПРАВЛЯЕМИ ОСИ

Фрезовите машини с 3 CNC-управляеми оси са първите възникнали машини с ЦПУ. При тях по програма се управляват праволинейните движения по три взаимно-перпендикулярни оси. Тези машини се срещат в различни варианти – хоризонтални и вертикални, конзолни и безконзолни и т.н. Наличието на система с ЦПУ ги прави ефективни в условията на дребно- и средносериенно производство.

Както и при струговите машини с ЦПУ, важно качество на програмното управление е възможността да бъдат съгласувани определени двойки движения, за да се възпроизведат по-сложни траектории.

Нека за пример да се разгледа случаят от фиг. 5.20 а – фрезование на канал със сложна траектория в детайл от типа на плочите. За да се получи желаната траектория при обработване на канала, е необходимо да се съгласуват по подходящ начин двете хоризонтални подавателни движения V_{f1} и V_2 . Когато това се постига чрез ЦПУ, се говори за управление по 2 CNC-оси, т.е. за контурно управление или още „2C - управление“ ($C \equiv contour$). За да бъде фрезован обаче каналът до пълната му дълбочина, в общия случай инструментът след всеки работен ход трябва да се подава на нова дълбочина чрез движението S , което е установъчно. Това при машините с ЦПУ става също по програмен път, но това движение вече не е съгласувано с останалите две, а е координатно – инструментът се подава на нова координата по вертикала. Това движение се нарича координатно и се означава с L ($L \equiv line$). В такъв случай ЦПУ дава управление по две контурни и една координатна ос, което се означава като 2,5 CNC-управляеми оси или още 2CL.

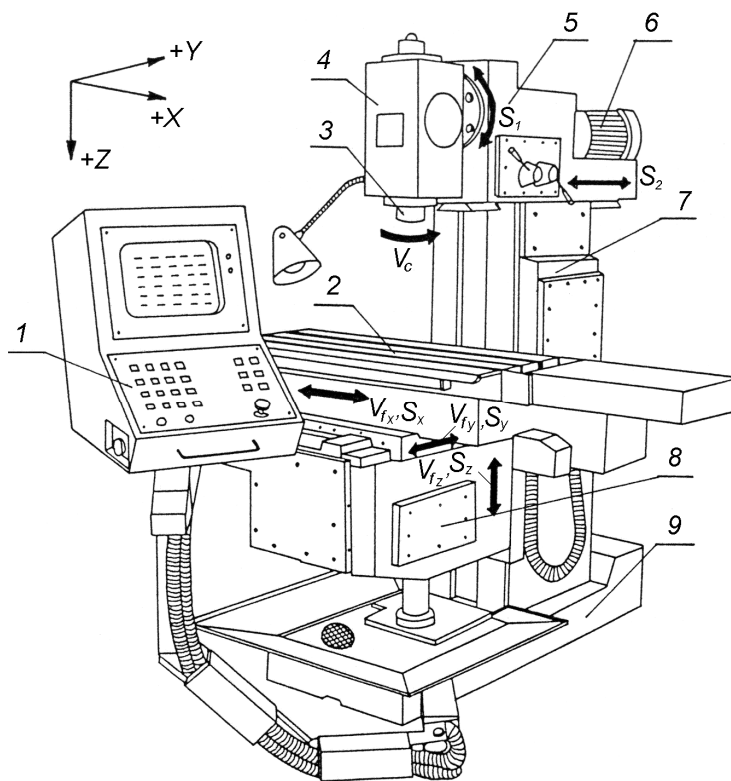
Ето защо, когато се говори за фрезови машини с 3 CNC – управляеми оси, трябва да се има предвид, че всъщност става въпрос за 2,5 CNC – управляеми оси. На този принцип са изградени по-голямата част от фрезовите машини, защото това напълно задоволява реализацията на технологическите схеми, по които те работят.

Общият вид на вертикалната конзолна фрезова машина с ЦПУ ФВ325.03, производство на „Арсенал“ АД – Казанлък, е показан на фиг. 5.26. Тя е представител на цяла серия модификации на фрезови машини с ЦПУ.

Главното движение на рязане V_c се извършва от вретеното 3 с инструмента. Главният превод е със степенно регулиране и осъществява 18 честоти на въртене, подредени в геометрична прогресия. Регулирането на скоростите се извършва чрез превключване на зъбни блокове от ръчки с вилки.

Вертикалната фрезова глава 4 може да се завърта установъчно (движение S_1) на ъгъл в обхвата $\pm 45^\circ$. Корпусът на главния превод може да се премества установъчно по направляващите на тялото 7 (движение S_2).

Подавателният превод е монтиран в конзолата 8. Той взема движение от постоянноходов високмоментен електродвигател с безстепенно регулиране, пренася го през подавателен механизъм, включващ тройна зъбна група за разширяване на обхвата на електродвигателя и чрез разпределителен механизъм го довежда до сачмено-винтовите предавки на надлъжния, напречния и вертикалния винтове. Така се получават подавателните движения по трите оси V_{fx} , V_{fy} и V_{fz} .



Фиг. 5.26 Общ вид на вертикална конзолна фрезова машина с ЦПУ ФВ325.03
(1 – пулт за управление; 2 – маса; 3 – вретено; 4 – фрезова глава; 5 – скоростна кутия; 6 – главен електродвигател; 7 – стойка; 8 – конзола; 9 – основа)

Системата за ЦПУ позволява надлъжното V_{fx} и напречното V_{fy} подавателно движение да се извършват съгласувано, което дава възможност за контурно обработване в равнината „X - Y“. По този начин могат да се фрезуват в автоматичен режим следните видове повърхнини:

- равнинни повърхнини с широчина, по-голяма от тази на инструмента;
- канали с произволен контур.

Високата точност на позициониране по хоризонталните оси X и Y прави машината подходяща за обработване на координатни отвори в заготовката, при което надлъжното и напречното премествания на масата 2 са установъчни (S_x и S_y).

Хоризонталните направляващи по осите X и Y са покрити с пластмасови ленти, което намалява триенето и подобрява плавността на движението (избягва се т.нар. стик – слип ефект). По хидравличен път се постига затягане на шейните по X и Y (когато не се извършва подаване по тези оси), което увеличава стабилността на конструкцията.

На фиг. 5.27 е показана фреза двувретенна с ЦПУ UWF 150 с 3 CNC–управляеми оси, производство на BERNARDO (Австрия). Машината е с два главни превода, завършващи съответно с хоризонтално вретено и универсална фрезова глава, която има две степени на свобода – установъчни движения, които дават още по-големи възможности за ориентиране на инструмента във второто вретено спрямо повърхнината на заготовката. И трите праволинейни движения се извършват от масата, която може и да се завърта около вертикална ос на $\pm 45^\circ$.



Фиг. 5.27 Фреза универсална с ЦПУ BERNARDO UWF 150 (Австрия)

Съгласуваното управление по координатните оси дава нови възможности на фрезовите машини, напр. обработване на отвори в наклонени стени чрез движение на инструменталния супорт, съгласувано чрез интерполация по две от осите.

В случай че машината има управление едновременно по трите оси X, Y и Z, т.е. тя е от вида 3С, на нея може да се нарязва резба с палцова резбонарязваща фреза.

- **ФРЕЗОВИ МАШИНИ С 5 CNC-УПРАВЛЯЕМИ ОСИ**

Фрезовите машини с 5 CNC-управляеми оси решават най-сложните проблеми на съвременното машиностроене – от една страна позволяват обработването на корпусни детайли със сложна геометрия (фиг. 5.28), а от друга – изработването на инструменти за обемно щамповане, леене и др.

Обработването на сложни повърхнини може да се извърши и на копирни фрезови машини (вж. т. 5.3). Тук трябва да се изясни разликата в тези обработки.

Подготовката и настройването на фрезовите машини с ЦПУ се извършва с по-малък разход на време, труд и материали спрямо копирните фрезови машини, което ги прави ефективни в условията на дребносерийното производство. Това обуславя все по-малкото търсене и производство на класическите копирни фрезови машини.

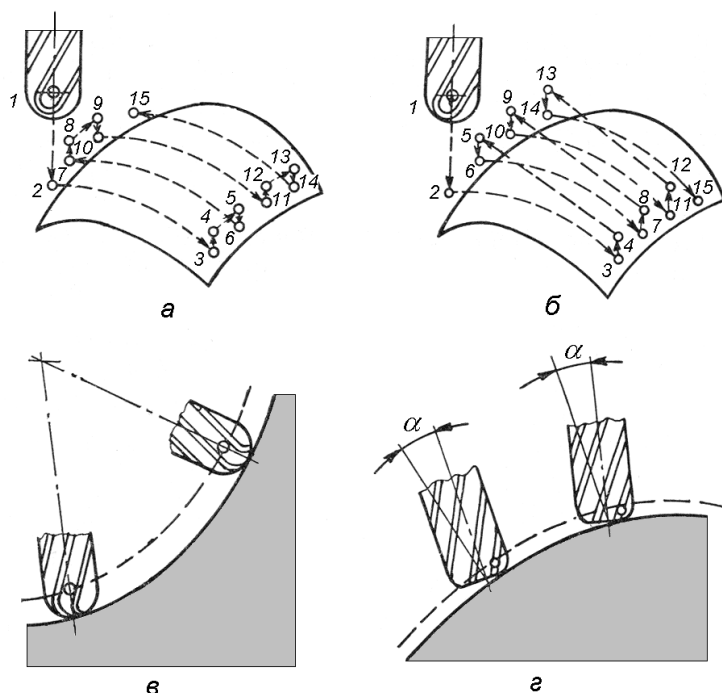
От технологичната схема за копирно фрезование (фиг. 5.20 в) се вижда, че инструментът – палцова фреза наред с главното движение V_c извършва и надлъжно подавателно движение V_{f1} . При това той запазва винаги своето положение – строго перпендикулярно спрямо базовата повърхнина на заготовката. За да се получи реална повърхнина с минимално възможни отклонения от идеалната, режещата част на инструмента трябва да е с минимална широчина. Това означава, че процесът на фрезование няма да бъде продуктивен, защото тесният инструмент ще има малка стружкова производителност.



Фиг.5.28 Обработване на обемна профилна повърхнина
върху фрезова машина с ЦПУ (МАНО МН-С700NC)

Този проблем може да се реши успешно, ако инструментът е с по-широка режеща част, но му се даде възможност да се ориентира спрямо повърхнината на заготовката във всяка нейна точка според геометрията ѝ.

Това означава, че при обработване на сложни повърхнини инструмента трябва да извършва не само постъпателни движения, но и да променя ориентацията си (фиг. 5.29). Най-често се използва обработване на повърхнини със завъртане оста на инструмента около някоя фиксирана точка (фиг. 5.29 в) и обработване с постоянен ъгъл α между оста на инструмента и нормалата на обработваната повърхнина (фиг. 5.29 г). Така се стига до идеята за изграждане на фрезови машини с 5 CNC–управляеми оси [3].



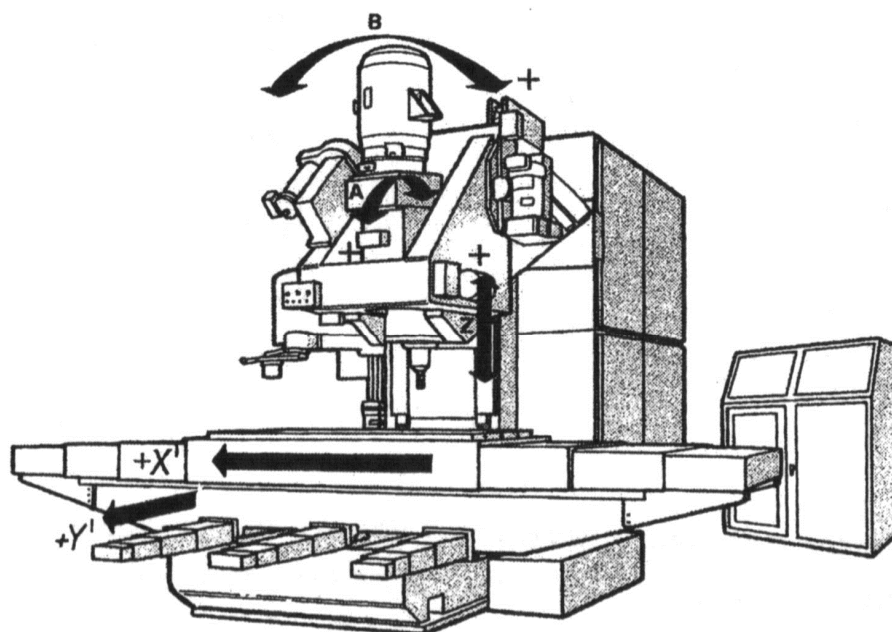
Фиг. 5.29 Схеми за обемно обработване на повърхнини

Фрезовите машини с 5 CNC–управляеми оси се изграждат по три принципно варианта: двете въртеливи движения се извършват от инструмента, като заготовката е установена върху масата с праволинейни движения по осите X, Y и Z; едното въртеливо движение се извършва от инструмента, а другото – от заготовката, която е установена върху въртяща маса и извършва праволинейните движения по осите X, Y и Z; двете въртеливи движения се извършват от заготовката, която е установена върху люлка, извършваща също и праволинейните движения по осите X, Y и Z.

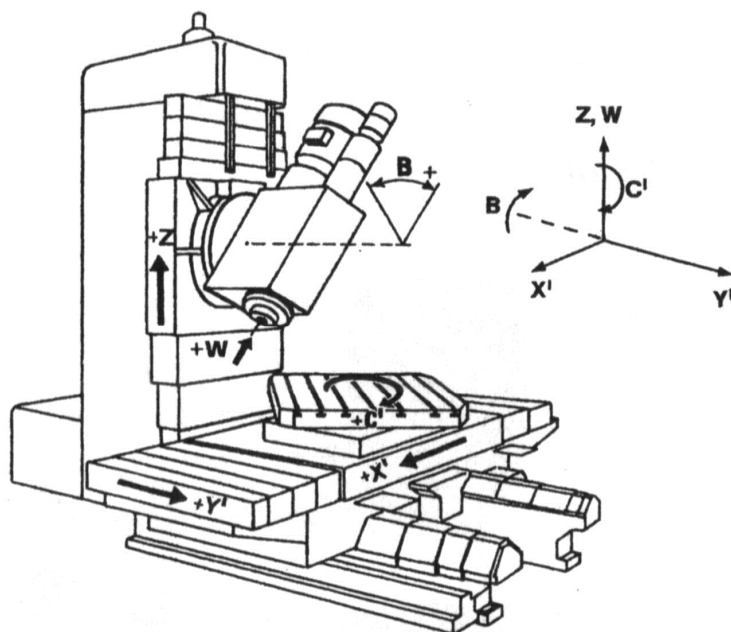
На фиг. 5.30 е даден общ вид на фезова машина с 5 CNC–управляеми оси, изградена по първия от тези варианти. Тук и двете кръгови движения по осите A и B се извършват от инструмента [21].

На фиг. 5.31 е показан вторият вариант на изграждане на фрезови машини с 5 CNC–управляеми оси, при който кръговите движения се разпределят между инструмента (ос B) и детайла (ос C) [21].

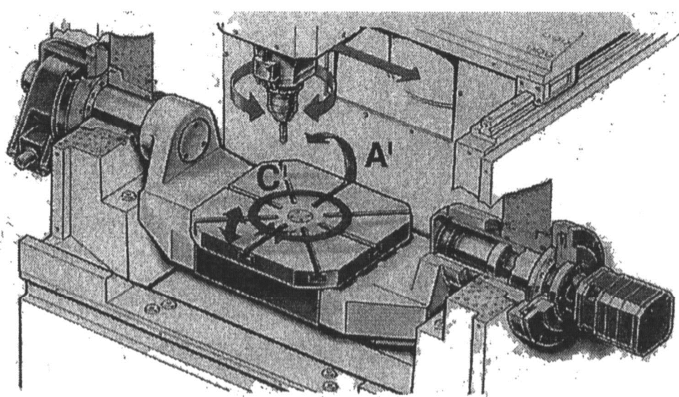
На фиг. 5.32 а е дадена люлката, а на фиг. 5.32 б – общият вид на фрезова машина с 5 CNC-управляеми оси. Тук и двете кръгови движения по осите А и С се извършват от заготовката.



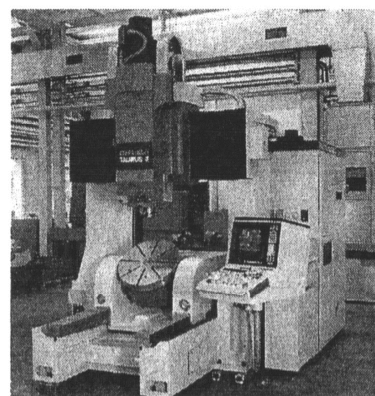
Фиг. 5.30 Фрезова машина с ЦПУ с 5 CNC-управляеми оси с две кръгови оси (А и В) на инструмента



Фиг. 5.31 Фрезова машина с ЦПУ с 5 CNC-управляеми оси с по една кръгова ос за детайла (В) и инструмента (С)



a)



б)



Фиг. 5.32 Фрезова машина с ЦПУ с 5 CNC-управляеми оси и една люлка с две кръгови оси (А и С) за детайла

• ОБРАБОТВАЩИ ЦЕНТРИ ЗА ПРИЗМАТИЧНО-КОРПУСНИ ДЕТАЙЛИ

Обработващите центри за призматично-корпусни детайли (ОЦ за ПКД) са предназначени за комплексно обработване на детайли с автоматична смяна на инструментите. Комплексното, т.е. цялостното, обработване на детайла при едно установяване върху машината води до повишаване на точността (отпада смяната на технологическите бази при преустановяване на детайла последователно върху няколко машини) и производителността (отпадат спомагателните времена за установяване и освобождаване на детайла при обработването му върху няколко машини).

Наличието на система с ЦПУ при ОЦ дава следните *предимства*: възможност за обработване на детайли с голям брой автоматично сменящи се инструменти; обработване на сложни профилни повърхнини чрез контурно фрезование; бърза смяна на детайлите (при наличие на специални приспособления (палети).

Гамата от технологически методи, извършвани върху ОЦ за призматично-корпусни детайли (ПКД), е твърде широка и включва:

свредловане, разсвредловане, разстъргване, зенкерование, райберование и нарязване на вътрешни резби с метчик или резбонарязваща глава; фрезование на равнинни и профилни повърхнини; фрезование на пръстеновидни канали в отвори (за пружинни ограничителни пръстени – зегерки) с циркуляр; фрезование на главини и нарязване на външни резби върху тях и др.

При голямогабаритните *ОЦ* за *ПКД*, които се използват за нуждите на тежкото машиностроене, освен горепосочените методи за обработване може да се шлифват равнинни повърхнини и отвори.

По принцип системите за ЦПУ при *ОЦ* за *ПКД* съдържат и функции за диагностика, което повишава тяхната надеждност.

Според ориентацията на вретеното *ОЦ* за *ПКД* биват:

- *Вертикални* (с вертикална ос на вретеното/вретената) – определят се като базов вариант на обработващите центри. Използват се предимно за заготовки, при които се извършва обработка само от едната им страна, обикновено горната част на заготовката. За осигуряване на възможност за позициониране във всяка точка от повърхнината машината извършва съответно подавателни и установъчни движения по три трансляционни оси X, Y и Z. Някои обработващи центри имат допълнително една или две ротационни оси, което ги прави подходящи за обработване на обемно-профилни повърхнини.
- *Хоризонтални* (с хоризонтална ос на вретеното/вретената) – използват се за обработване на заготовки с подчертана обемност, т.е. със съизмерима дължина, ширина и височина.
- *Портални* – характеризират се с подобрени технологически възможности в сравнение с хоризонталните и вертикалните обработващи центри (върху тях могат да се обработват заготовки с размери до няколко пъти по-големи в сравнение с тези, обработвани на традиционните обработващи центри). Двуколонен портален обработващ център GL28 (Китай) е показан на фиг. 5.34.

На фиг. 5.33 е показан петкоординатен вертикален обработващ център *HAAS VF-2TB*. Обработващият център разполага с наклоняема делителна маса, даваща възможност както за петстранно обработване на корпусни детайли, така и за обработване на детайли със сложна форма – витла, турбини, лопатки и др. Обработващият център е с инструментален магазин с възможност за автоматична смяна на инструментите.

Общ вид на хоризонтален *ОЦ* за *ПКД* е показан на фиг. 5.35 [11].

Инструментът се установява във вретеното 11 и извършва главното движение V_c . В инструменталния магазин се съхраняват голям брой инструментални комплекти 6, които се сменят автоматично от автооператора 7.

Заготовката 4 се установява в палетата 3. При приближаване на надлъжната шейна 1 към основата 2, палетата 3 се прехвърля върху

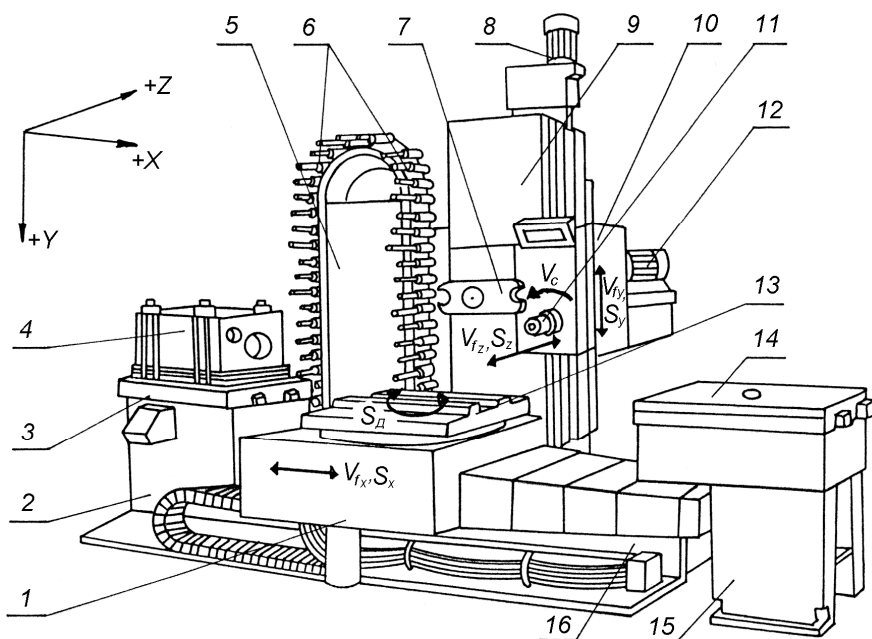
въртящата маса 13. След това надлъжната шейна 1 подвежда заготовката 4 към зоната на рязане.



Фиг. 5.33 Вертикален обработващ център HAAS VF-2TB с 5 CNC управляеми оси



Фиг. 5.34 Портален обработващ център GL 28



Фиг. 5.35 Общ вид на хоризонтален обработващ център за призматично-корпусни детайли (1 – надлъжна шейна; 2, 15 – основи; 3, 14 – палети; 4 – заготовка; 5 – инструментален магазин; 6 – инструментални комплекти; 7 – автооператор; 8 – електродвигател за вертикално подаване; 9 – стойка; 10 – вертикална стена; 11 – вретено; 12 – главен електродвигател; 13 – въртяща маса; 16 – тяло)

Колоната 9 може да се придвижва по направляващи върху тялото 1 (по ос Z), което може да бъде работно подавателно движение V_{fz} или установъчно преместване S_z .

Въртящата маса 13 може да се завърта около вертикалната ос (движение S_d), чрез което към зоната на рязане се подвеждат различните страни на заготовката.

По време на обработката на заготовката 4 върху втората палета 14 се установява следващата заготовка, след което за кратко време тя се прехвърля върху масата 13.

Главните преводи на ОЦ за ПКД са основно безстепенни, като се използват постояннотокowi електродвигатели, а понякога и двойна или тройна зъбна група с автоматично управление за разширяване на обхвата на превода.

Подавателните преводи на ОЦ за ПКД се изграждат от отделни кинематични вериги, включващи постояннотокowi високомоментни електродвигатели и сачмено-винтови предавки. Съгласуването на подавателните движения V_{fx} , V_{fy} и V_{fz} се постига от програмата чрез линейна, кръгова или друг вид интерполация.

На фиг. 5.36 са дадени различни варианти за смяна на заготовките при обработващите центри [6].

Вариантът от фиг. 5.36 а е с две палетни станции 3, като заготовките се установяват върху палетите 1. Цикълът е следният:

- поредната заготовка се установява върху една от палетите, напр. дясна 1', и чрез движението D_1 се прехвърля върху дясната въртяща маса 4', намираща се в изчаквателната позиция Б' (това става във времето, когато предишната заготовка се обработва в позиция А);

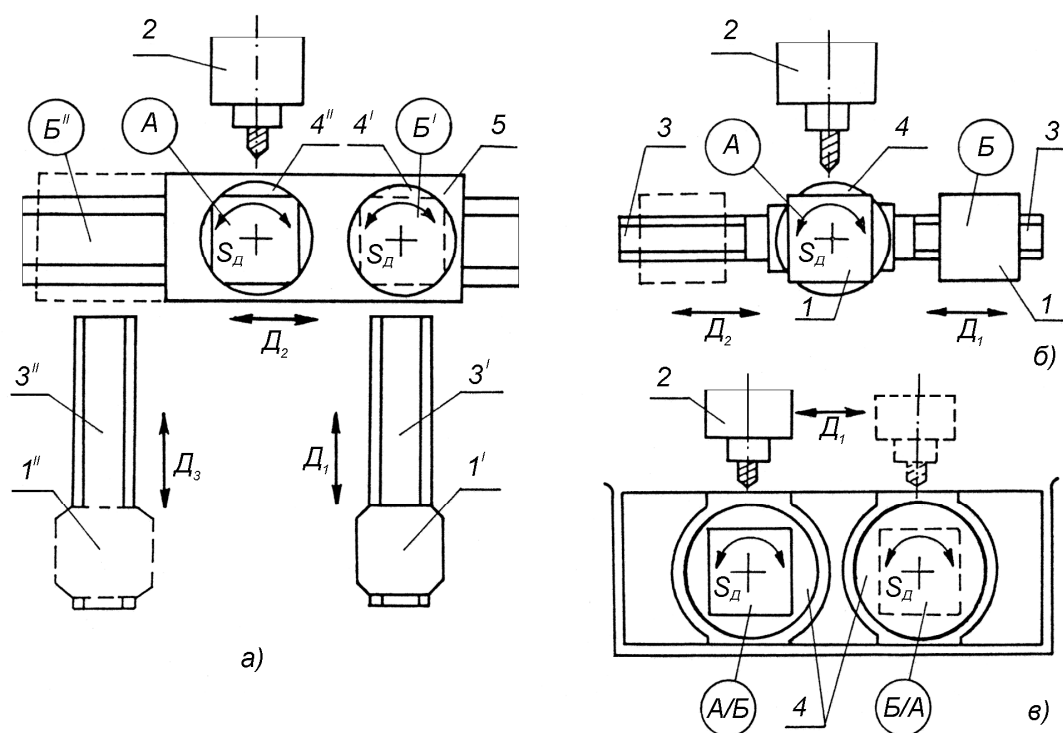
- надлъжната шейна 5 се придвижва вляво (движение D_2), като новата заготовка постъпва в работната позиция А, а готовият детайл – в изчаквателна позиция Б'';

- след като започне обработването на новата заготовка, обработеният детайл се прехвърля върху лявата палетна станция 3'' (движение D_3), където се извършва смяната със следващата заготовка и т.н.

Масите 4 са въртящи делителни, което позволява чрез установъчното движение S_d да се обработват заготовките от всички страни.

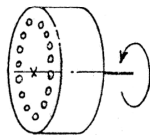
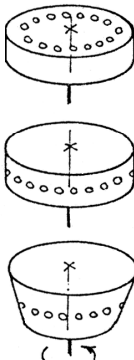
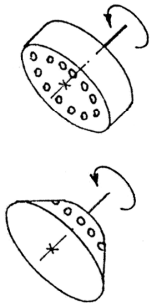
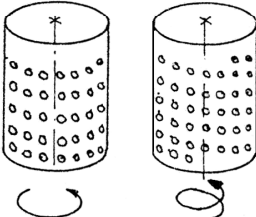
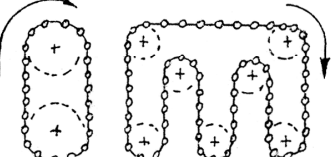
Вариантът от фиг. 5.36 б е подобен, но има една въртяща делителна маса 4, като палетите 1 се прехвърлят последователно върху нея чрез движенията D_1 и D_2 .

При варианта от фиг. 5.36 в делителните маси 4 са две. Когато в работна позиция е лявата маса, върху дясната се извършва смяна на готовия детайл с нова заготовка. След това вратеният възел 2 се премества вдясно (движение D_1) и започва обработването на следващата заготовка, а в лявата позиция се извършва смяната, и т.н.

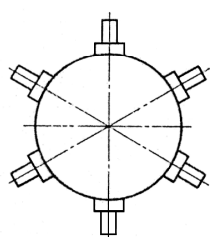


Фиг. 5.36 Начини за смяна на детайлите при обработващи центри за призматично-корпусни детайли (1 – палета със заготовка; 2 – вратенен възел с инструмент; 3 – палетна станция; 4 – въртяща маса; 5 – надлъжна шейна; А – работна позиция; Б – изчаквателна позиция)

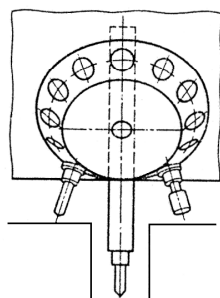
Големият брой инструменти, с които работят ОЦ за ПКД, налага използването на инструментални магазини. Те се срещат в твърде голямо разнообразие, като се отличават по своята компоновка (дискови, барабанни, верижни и комбинирани) според разположението на оста на магазина (хоризонтални, вертикални и наклонени), според броя на инструменталните гнезда и т.н. На фиг. 5.37 а са показани видовете инструментални магазини [6], а на фиг. 5.37 б,в,г – общият вид на някои варианти [6].

Вид на магазина	Положение на оста на магазина		
	хоризонтално	вертикално	наклонено
дискови			
барабанни			
верижни			

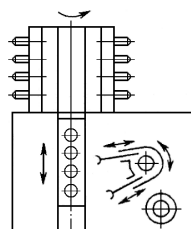
а)



б)



в)



г)

Фиг. 5.37 Инструментални магазини при обработващи центри за призматично-корпусни детайли

Най-компактни са дисковите инструментални магазини, при които се постигат и най-малки времена за смяна на инструментите (4 – 6 s). Те са с малък брой гнезда (до 24 - 32), поради което се използват за машини с малък и среден типоразмер.

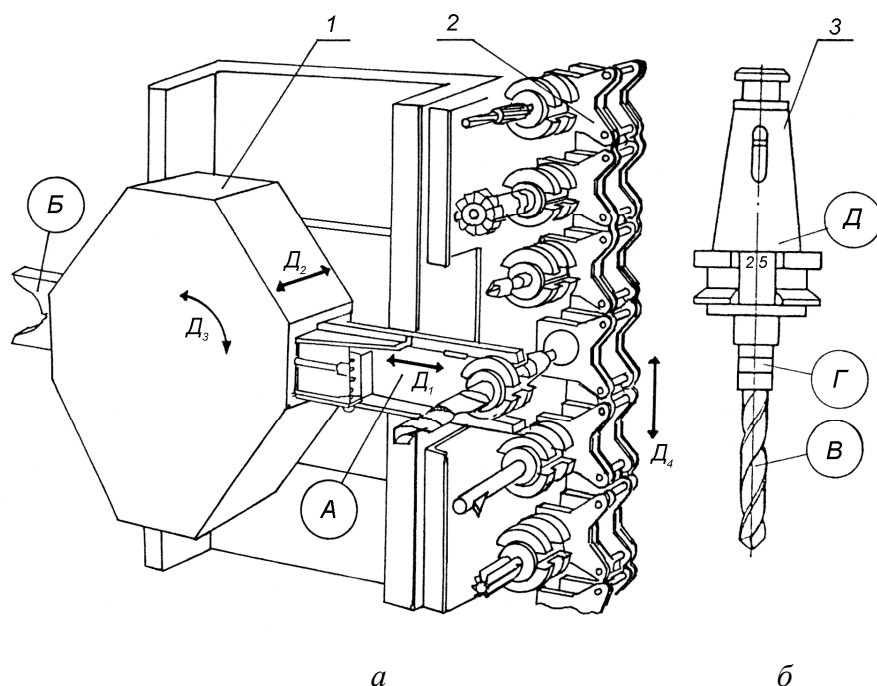
При барабанните инструментални магазини гнездата са подредени по периферията на барабана по редове (етажи) или по винтова линия, като броят им може да надвиши 100. При тях се постига сигурно закрепване и точно установяване на инструменталните комплекти, което ги прави приложими при машини от среден и тежък типоразмер.

Верижните магазини са изградени на основата на гъвкави многозвенни вериги, което от една страна позволява да се увеличи значително броят на инструменталните гнезда (над 100), а от друга да се използват най-рационално свободните места около машината. В повечето случаи те изискват междинни манипулаторни устройства. Приложими са при машини от среден и голям типоразмер.

В последните години се появиха нови видове инструментални магазини с повишени възможности. Един от тях е касетъчният инструментален магазин, при който инструменталните комплекти се зареждат в пластмасови касети (с около 50 инструмента), като се сменят касетите [7]. Така общият брой на заредените в машината инструменти може да достигне до 300 и повече.

Пример за автоматична смяна на инструментите е дадена на фиг. 5.38 а [6], където инструменталният магазин 2 е от верижен тип. Ръката А на автооператора 1 захваща (движение D_1 – надясно) поредния инструмент, изважда го (движение D_2 – напред), прибира се (движение D_1 – наляво) и се връща в изчаквателна позиция (движение D_2 – назад). След като инструментът във вретеното завърши своята работа ръката Б го захваща (движение аналогично на D_1 наляво), изважда го от гнездото (движение D_2 – напред), автооператорът се завърта на 180° (движение D_3), ръката А се изтегля навън (движение D_1 - наляво) и с движение на автооператора D_2 назад новият инструмент се поставя във вретеното, а отработеният – в освободеното гнездо на инструменталния магазин. Накрая ръцете А и Б се прибират, веригата се придвижва (движение D_4), докато гнездото със следващият инструмент застане в позицията за смяна.

На фиг. 5.38 б е показан инструменталният комплект 3, който се използва при ОЦ за ПКД. Режещият инструмент В се установява в конусния държач Д директно или чрез междинните елементи Г. Държачът Д е със стандартна конусна опашка (7:24), чрез която се установява във вретеното и в гнездата на магазина.



Фиг. 5.38 Автоматична смяна на инструментите на обработващ център
(1 – автооператор; 2 – инструментален магазин; 3 – инструментален комплект)

Машинният парк продължава да се обновява и попълва както от металоуреждащи машини с ЦПУ с по-ниска концентрация на операциите, така и все по-осезаемо от обработващите центри. Делът на ОЦ за ПКД, както и на струговите центри нараства с големи темпове. Те заемат значителна част при производството на сложни и точни детайли с къси срокове за изготвяне на партидата.

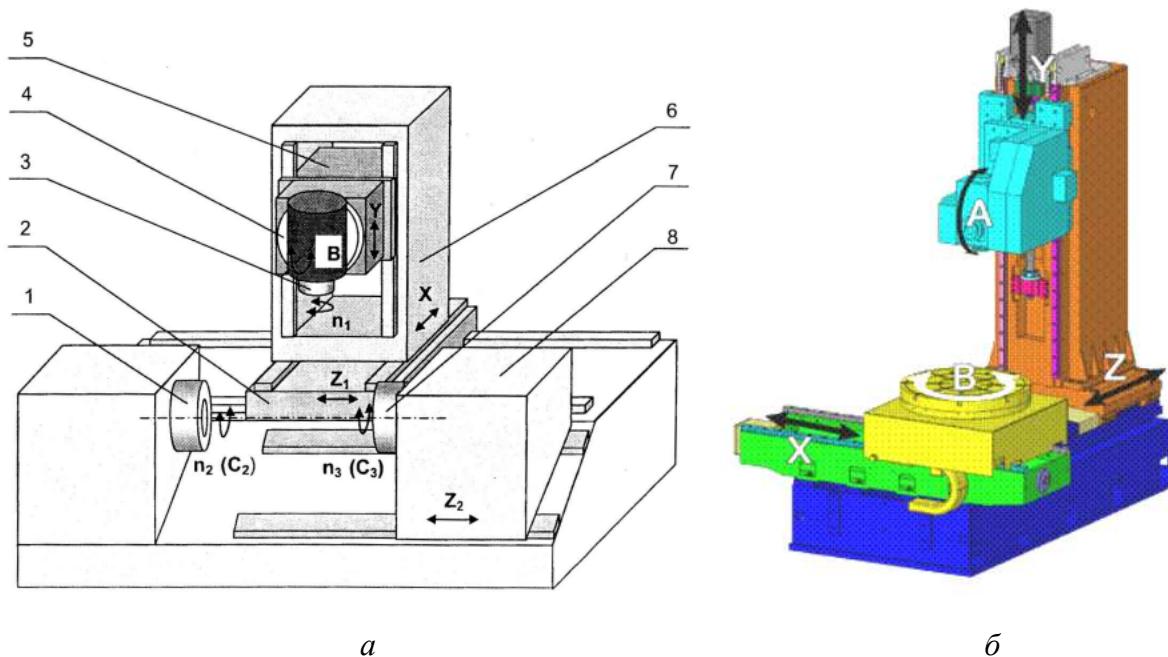
В тази област все повече нараства значението и на *многофункционалните машини*, които концентрират върху една машина възможностите на ОЦ за ПКД и стругов център. Главните вретена са две – фрезо-пробивно и стругово, които по своите технически характеристики са аналози на вретената, използвани, при обработващите центри за ПКП и струговите центри. Те позволяват на многофункционалната машина да изпълнява фрезо-пробивни и стругови обработки с максимална производителност и висока точност.

Общ вид на многофункционални машини е показан на фиг. 5.39. На тях ясно се разграничават групите, характерни за обработващите центри за ПКД и струговите центри.

Групата „обработващ център за ПКД“ се състои от шейната 2 (ос Z_1), колоната 6 (ос X), шейната 5 (ос Y), наклоняемата вретенна глава 4 (ос B) и главното фрезо-пробивно вретено 3, извършващо главното движение на рязане с честота n_1 .

Групата „стругов център“ се състои от главното стругово вретено 1, извършващо главното движение на рязане с честота n_2 и кръговото подавателно движение C_2 и насрещното вретено 7, извършващо главното

движение на рязане с честота n_3 и кръговото подавателно движение C_3 , а чрез вретенната кутия 8 – и установъчното движение по ос Z_2 .



Фиг. 5.39 Многофункционални машини изградени на базата на стругов център (а) и обработващ център за ПКД (б)

Многофункционалните машини се изграждат в два варианта: на базата на стругов център (фиг. 5.39а) и на базата на обработващ център за ПКД (фиг. 5.39б), като по-широко приложение е намерил първият вариант.

глава 6

СТЪРГАТЕЛНИ И ДЪЛБАЧНИ МАШИНИ

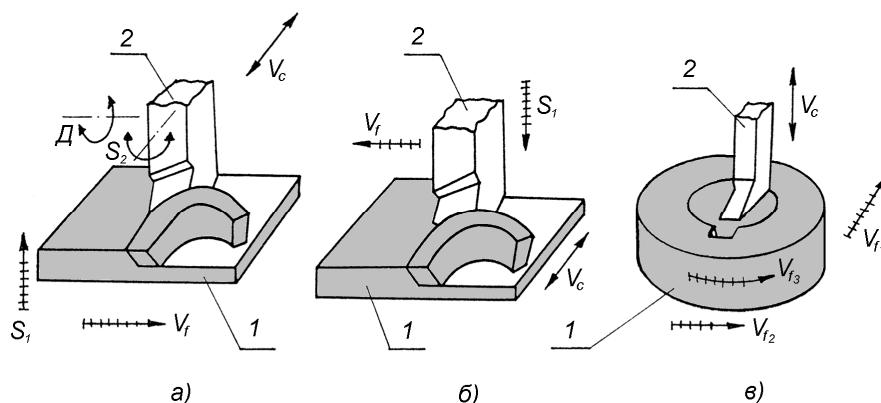
6.1 ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА СТЪРГАТЕЛНИТЕ И ДЪЛБАЧНИТЕ МАШИНИ

Стъргателните и дълбачните машини са предназначени за обработване на равнинни и профилни повърхнини и канали.

В зависимост от компоновката и условията на рязане тези машини биват:

- напречни стъргателни (шепинг), при които главното движение се извършва от инструмента и е по направление на напречния размер на заготовката;
- надлъжни стъргателни (хобел), при които главното движение се извършва от заготовката и е по направление на надлъжния размер на заготовката;
- дълбачни (щос), при които главното движение се извършва от инструмента и имат вертикална компоновка.

На фиг. 6.1 са показани технологическите схеми при обработване на напречно-стъргателни (а), надлъжно-стъргателни (б) и дълбачни (в) машини. Главното движение на рязане V_c и при трите схеми е праволинейно възвратно. Подавателното движение V_f е постъпателно, перпендикулярно на направлението на главното движение и се извършва периодично на всеки двоен ход в момента, в който ножът е извън обработваната повърхнина, т.е. в края на всеки обратен ход (извършва се от заготовката (в напречно-стъргателните и дълбачните машини) или от инструмента (в надлъжно-стъргателните машини)).



Фиг. 6.1 Технологически схеми при стъргане и дълбане
(1 – заготовка; 2 – инструмент)

Прекъснатият характер на работните движения при стъргателните машини намалява тяхната производителност, която в сравнение с алтернативните фрезови машини е много ниска. Ето защо те могат да се използват ефективно при обработване на дълги и тесни повърхнини, където дължината на повърхнината съвпада с посоката на главното движение, докато при фрезование тя съвпада с надлъжното подаване.

Прекъснатият характер на работните движения при дълбачните машини също обуславя по-ниската производителност, отколкото например при алтернативните протеглящи машини. При дълбачните машини обаче инструментът е по-прост и евтин, което ги прави ефективни в условията на единично и дребносерийно производство.

Дълбането се използва за обработване на вертикални равнинни повърхнини, за прорязване на канали и за обработване на профилни повърхнини.

6.2 НАПРЕЧНО-СТЪРГАТЕЛНИ МАШИНИ

Както се вижда от технологическата схема (фиг. 6.1 а), главното движение V_c при *напречно-стъргателните машини* се извършва от инструмента.

Общият вид на напречно-стъргателна машина е показан на фиг. 6.2 [10]. Инструментът, стъргателен нож, се установява в ножодържача 4 и заедно с плъзгача 8 извършва главното движение на рязане V_c . Заготовката се установява върху масата 2 и заедно с нея извършва напречното подавателно движение V_f .

За да се избегне или намали триенето на задните повърхнини на инструмента по заготовката, през време на обратния ход е предвидена възможност за откатно движение (Д) на инструмента, като ножодържачът 4 е закрепен шарнирно към вертикалната шейна 5.

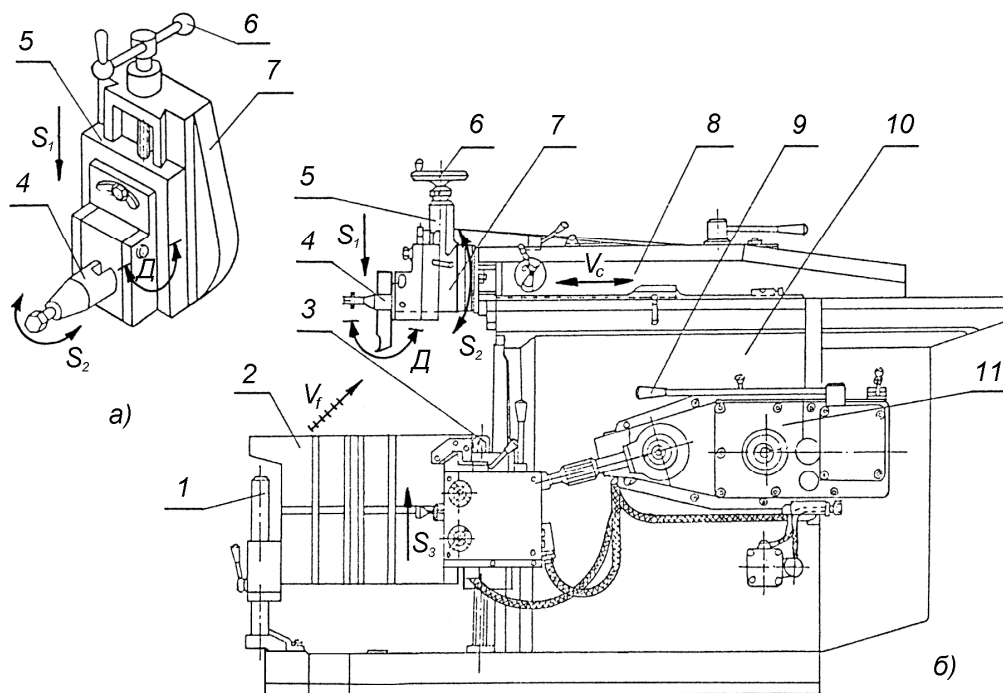
Инструментът може да се подава установъчно по вертикална ос (S_1) или да се завърта заедно със супорта около хоризонталната ос (S_2) с цел най-добро ориентиране към обработваната повърхнина.

Масата 2 със заготовката може да се повдига установъчно (S_3) за преминаване към следващ преход (ход).

На фиг. 6.3 е показана напречно-стъргателна машина НС632, производство на ЗММ – Враца.

6.3 НАДЛЪЖНО-СТЪРГАТЕЛНИ МАШИНИ

Надлъжно-стъргателните машини спадат към голямогабаритните металорежещи машини, които се характеризират с големи размери и маса на обработваната заготовка, както и с по-тежки режими на рязане.



Фиг. 6.2 Общ вид на напречно-стъргателна машина
 (1 – опора на масата; 2 – маса; 3 – надлъжни направляващи; 4 – ножодържач;
 5 – вертикална шейна; 6 – ръчка за вертикално преместване на инструмента;
 7 – супорт; 8 – плъзгач; 9 – ръчка за включване на главното движение;
 10 – тяло; 11 – скоростен механизъм)



Фиг. 6.3 Напречно-стъргателна машина HC 632

Според технологическата схема (фиг. 6.1 б) при тези машини главното движение на рязане V_c се извършва от заготовката, а подавателното движение V_f - от инструмента. Тук то също, както при

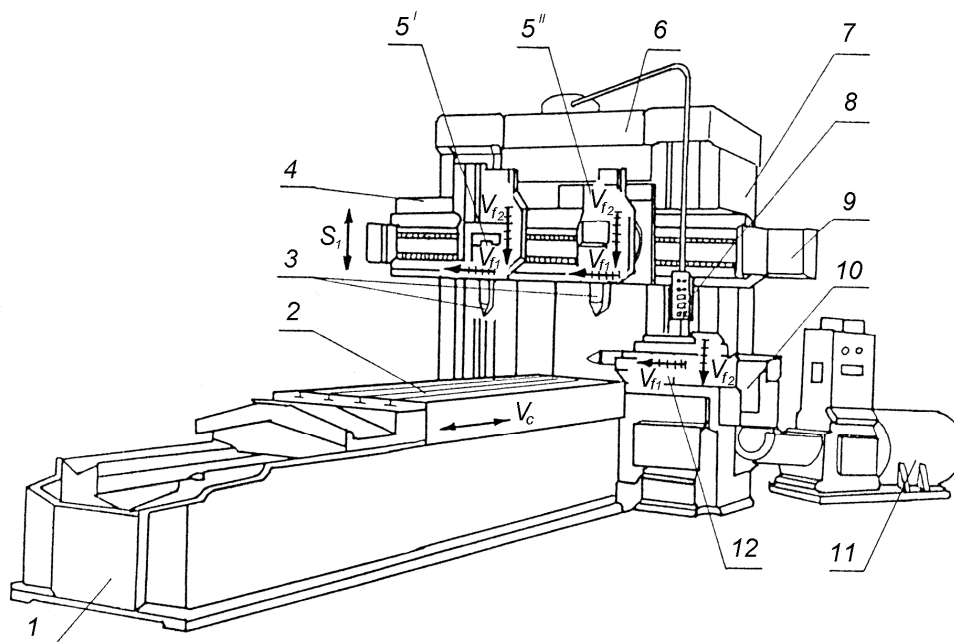
напречно-стъргателните машини, е прекъснато и се изпълнява по време на обратния ход на масата.

Общият вид на надлъжно-стъргателна машина е показан на фиг. 6.4 [13]. Обработваните заготовки (една или няколко) се установяват върху масата 2 и извършват заедно с нея главното движение на рязане V_c .

Инструментите 3 се установяват в ножодържачи, монтирани в съответен брой супорти. Два от супортите 5 (5' и 5'') са хоризонтални. Те могат да се преместват независимо един от друг по дължината на напречната греда 4, с което се осъществява хоризонталното подавателно движение V_{f1} , или по къси вертикални направляващи на супортите, за осъществяване на вертикалното подавателно движение V_{f2} .

Напречната подвижна греда 4 може да се премества вертикално по направляващите на стойките 7, с което се създава установъчното движение S_1 на хоризонталните супорти 5 с инструментите. Освен това десният супорт 5'' може да се завърта около хоризонталната ос (движение S_2), с което се постига желаната ориентация на инструмента спрямо обработваната повърхнина.

За по-голяма стабилност на машината стойките 7 са свързани в горния си край чрез неподвижната греда 6.



Фиг. 6.4 Общ вид на надлъжно-стъргателна машина

(1 – тяло; 2 – маса; 3 – инструменти; 4 – подвижна греда; 5 – хоризонтални супорти; 6 – неподвижна греда; 7 – стойки; 8 – пулт за управление; 9 – подавателен механизъм за вертикалните супорти; 10 – подавателен механизъм за хоризонталния супорт; 11 – главен електродвигател; 12 – вертикален супорт)

Надлъжно-стъргателната машина от фиг. 6.4 има още един вертикален супорт 12, на който е установен трети инструмент. Супортът 12

се премества по направляващите на стойката 7, с което се осъществява вертикалното подавателно движение V_{f2} , а ножодържачът може да се премества по направляващите на супорта за осъществяване на хоризонталното подавателно движение V_{f1} .

И тук, както при напречно-стъргателните машини, инструментът се отцепва от повърхнината на заготовката по време на обратния ход, което най-често става по хидравличен път.

Надлъжно-стъргателните машини могат да се компановат в различни варианти подобно на надлъжно-фрезовите машини (фиг. 5.10).

Главното движение на масата 2 се извършва от главен превод, включващ електродвигател, скоростен механизъм и механизъм за трансформиране на въртеливото движение в праволинейно. Задвижването е чрез постояннотоков електродвигател с безстепенно регулиране на скоростта.

Скоростният механизъм е изграден от две или три зъбни двойки с автоматично превключване, с което се разширява обхватът на електродвигателя. Така се постига безстепенно регулиране на скоростта V_c на главното движение в достатъчно широки граници. Този начин на задвижване и управление позволява масата със заготовката да се движи по следния цикъл: бавно преместване до врязване на инструментите в заготовката, ускоряване на движението до оптималната скорост на рязане, намаляване на скоростта при излизане на инструментите от заготовката, превключване на обратен ход с повишена скорост и т.н.

Като механизъм за трансформиране на въртеливото движение в праволинейно се използва най-често червячно-гребенна предавка.

Задвижването на двата хоризонтални супорта 5 се извършва от отделен електродвигател, който се реверсира по сигнал от движението на масата 2 (прав или обратен ход). От електродвигателя движението преминава през острозъб механизъм, настроен така, че да предава движение на определена стъпка в момента, в който инструментът е извън обработваната повърхнина. След острозъбия механизъм веригата се разклонява на четири паралелни вериги, завършващи в два хоризонтални и два вертикални винта, съответно за движенията V_{f1} и V_{f2} на двата супорта. Изборът на вида на подаването за всеки от инструментите, както и на посоката му, се извършва чрез зъбни съединители.

По подобен начин се задвижват и инструментите от вертикалния супорт.

6.4 ДЪБАЧНИ МАШИНИ

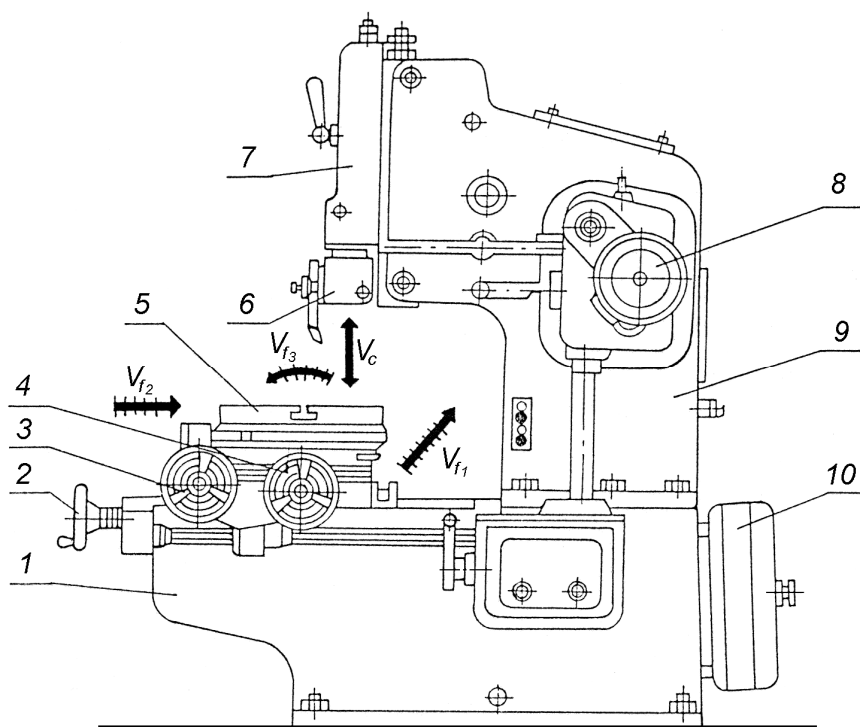
Както се вижда от технологическата схема (фиг. 6.1 в) при *дълбачните машини* главното движение на рязане V_c се извършва от инструмента във вертикално направление. Заготовката извършва

алтернативно три подавателни движения: надлъжно V_{f1} , напречно V_{f2} и кръгово V_{f3} . И трите подавания са прекъснати и се осъществяват в момента, когато инструментът е в близост до горната мъртва точка, преди да премине към следващия работен ход. В този момент няма контакт между инструмента и заготовката, поради което отцепно движение не е необходимо. Кръговото движение на заготовката може да бъде според случая и установъчно завъртане S .

Общият вид на дълбачна машина е показан на фиг. 6.5 [18]. Инструментът се установява в ножодържача 6, който заедно с плъзгача 7 извършва главното движение на рязане V_c . Заготовката се установява върху въртяща маса 5 (най-често в патронник). Масата 5 е монтирана върху надлъжна и напречна шейна, чрез които получава подавателните движения V_{f1} и V_{f2} . От трета кинематична верига се получава кръговото подавателно движение V_{f3} .

Ръчно установъчно преместване на масата се извършва от ръчните колела 2, 3 и 4.

За трансформиране на въртеливото движение в праволинейно при тези машини се използват кривошипни, коляно-мотовилкови или ексцентрикови механизми с въртяща се кулиса.



Фиг. 6.5 Общ вид на дълбачна машина

(1 – тяло; 2 – ръчно колело за напречното подаване; 3 – ръчно колело за кръговото подаване; 4 – ръчно колело за надлъжното подаване; 5 – маса; 6 – ножодържач; 7 – плъзгач; 8 – скоростен механизъм; 9 – стойка; 10 – електрическо табло)

Подавателният превод взема движение от главния. В него е монтиран остроъб механизъм, настроен така, че да предава движение към масата в момента, когато инструментът е близо до горната мъртва точка. След остроъбия механизъм веригата се разклонява, като довежда движението съответно до надлъжния и напречния винтове или до червячната предавка на масата (за кръговото движение). Алтернативното включване на един от трите клона се извършва от зъбни съединители.

На фиг. 6.6 е показана дълбачна машина S315TGI, производство на „Лена агромашини“ ЕООД – Сливен.



Фиг. 6.6 Дълбачна машина S315TGI

глава 7

ПРОТЕГЛЯЩИ МАШИНИ

7.1 ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ПРОТЕГЛЯЩИТЕ МАШИНИ

Протеглящите машини са предназначени за високопроизводително обработване на повърхнини в разнообразни по форма детайли в различни типове производства. *Протеглянето* – това е процес на несвободно рязане с многозъб инструмент, преминаващ по обработваната повърхнина на заготовката. *Прошиването* е подобно на *протеглянето* и се отличава от него по това че инструментът (прошивката) се изтласква през отвора на заготовката.

Инструментите, протяжки или прошивки, са многозъби, при които всеки следващ зъб има по големи размери (*по височина, широчина или диаметър*) от предишния с параметър f_z , наречен подем на зъб. С това се осигурява сваляне на прибавка при едно, относително движение на инструмента и обработваната заготовка. Протяжките при рязане са подложени на деформации на опън, а прошивките – на деформации на натиск.

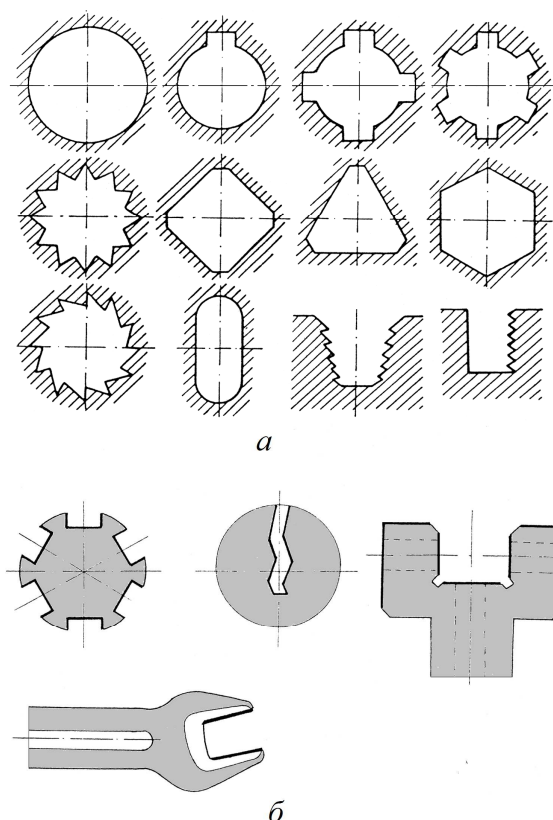
Сложният и скъп инструмент, който се използва за обработване на строго определена повърхнина, прави протеглящите машини ефективни в условията на едросерийно и масово производство.

Чрез протегляне се обработват вътрешни (фиг. 7.1 а) и външни (фиг. 7.1 б) повърхнини, като се постига висока точност ($7...10$ степен) и малка грапавост ($R_a = 0,32 \div 1,25 \mu m$).

Технологическите схеми на рязане при протегляне са сравнително прости. Обикновено рязането се извършва с едно главно движение, като ролята на подавателните движения е поета от конструкцията на инструмента чрез оформяне и подреждане на зъбите му.

Протеглящите машини се класифицират по различни признаци:

- според степента на универсалност – машини с общо предназначение и специални;
- според вида на обработваната повърхнина – машини за вътрешно и външно протегляне;
- според конструкцията – вертикални и хоризонтални;
- според начина на работа – с еднократно преминаване на инструмента по повърхнината на заготовката и с непрекъснато действие (верижно или кръгово протегляне) и т.н.



Фиг. 7.1 Примерни повърхнини обработвани чрез протегляне

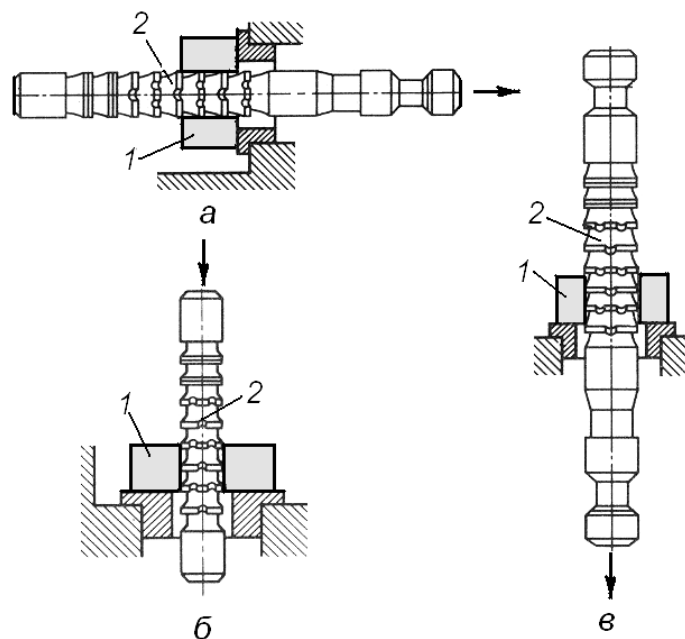
Необходимостта от само едно работно движение опростява силно кинематиката на протеглящите машини. Най-често при тях работното движение се извършва по хидравличен път с безстепенно регулиране на скоростта V_c . По рядко се използва електромеханично задвижване.

При наличие на устройство за автоматична смяна на заготовките се създава възможност за включването на тези машини в автоматични линии, с което се използва основното предимство на метода протегляне – високата му производителност.

При изработване на някои специални изделия се използват и протеглящи машини с ЦПУ. Такъв например е случаят за производство на валове на различни турбини. По периферията на тези валове се протеглят канали със сложен профил, по които се установяват лопатките на турбините. Сложната геометрия на обработваните повърхнини тук е наложила създаването на специална протегляща машина с ЦПУ с четири управляеми оси [22].

7.2 МАШИНИ ЗА ВЪТРЕШНО ПРОТЕГЛЯНЕ

Машините за вътрешно протегляне са предназначени за обработване на вътрешни повърхнини с различен профил по технологическите схеми показани на фиг. 7.2.



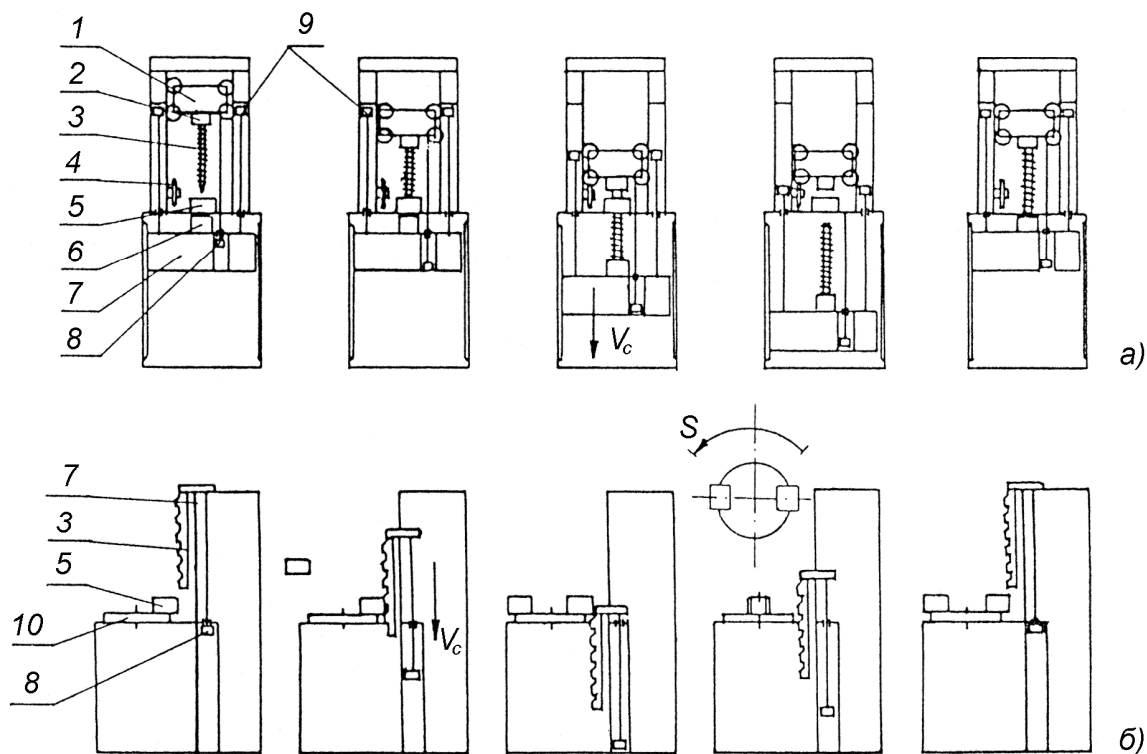
Фиг. 7.2 Технологически схеми на вътрешно протегляне (а, в) и прошиване (б):
с постъпателно движение – хоризонтално (а), вертикално (б, в)
(1 – заготовка, 2 – протяжка (прошивка))

Работният цикъл, който извършват машините за вътрешно протегляне е показан на фиг. 7.3 [20].

Задният край на протяжката 3 се закрепва в задния патронник 2 на подаващата шейна 1, която е изведена в горно положение. Заготовката 5 се установява в самоустановяващо се приспособление върху масата на машината. Чрез буталото 8 подаващата шейна 1 се спуска надолу, докато предният край на инструмента 3 се захване в патронника 6. След това чрез буталата 9 задвижващата шейна 7 се изтегля надолу, придвижвайки със себе си инструмента 3 и подаващата шейна 1. Така се осъществява главното движение на рязане V_c . Когато подаващата шейна 1 достигне ограничителя 4, задният патронник 2 освобождава инструмента 3 и той продължава движението си до цялостно преминаване през заготовката 5. След това инструментът 3 се освобождава от патронника 6, двете шейни 1 и 7 се изтеглят в горно положение, инструментът се пренася ръчно и отново се закрепва в патронника 2, като обработеният детайл се сваля и се установява нова заготовка. Патронниците 2 и 6 са бързосменни.

Общ вид на вертикална протегляща машина за вътрешно протегляне е показан на фиг. 7.4, която работи по описания цикъл. Върху основата 1 е монтирано тялото 2, върху което е поставена масата 3 за установяване на заготовката. Протяжката се установява в патронник, който се движи чрез количка по вертикалните направляващи 5 на колоната 6. Работният ход е отгоре надолу. Отдясно на машината е разположен хидроприводът 7. *COT* се подава през дюзата 4. Ограничението във височината на тези машини ги

прави приложими при инструменти с дължина до $1,8 \div 2,0$ m. При работа с по-дълги инструменти се използват хоризонтални протеглящи машини.

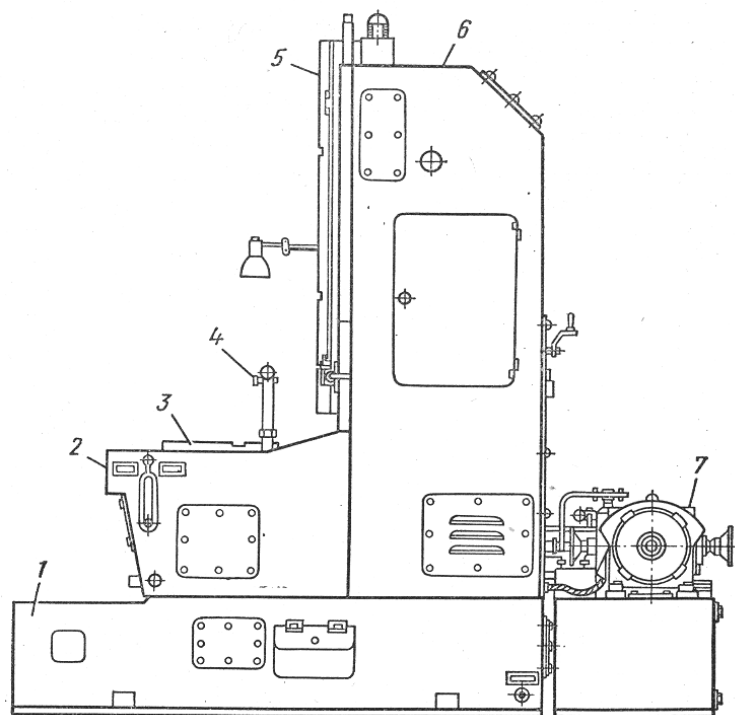


Фиг. 7.3 Работен цикъл при машини за вътрешно (а) и външно (б) протегляне (1 – подаваща шейна; 2 – заден патронник; 3 – инструмент; 4 – ограничител; 5 – заготовка; 6 – преден патронник; 7 – задвижваща шейна; 8 – бутало на подаващата шейна; 9 – бутало на задвижващата шейна; 10 – въртяща маса)

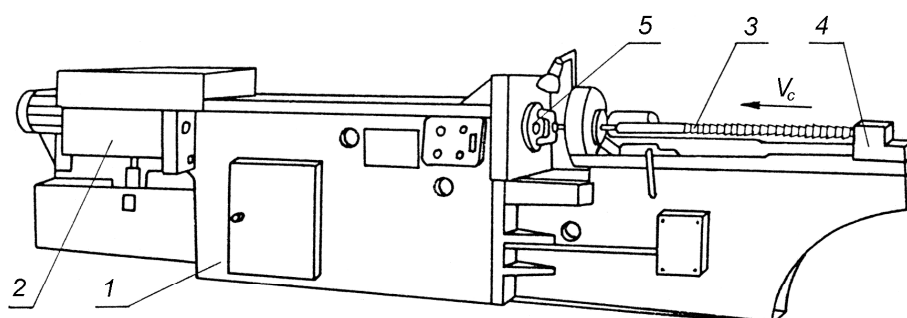
Общ вид на хоризонтална протегляща машина е показан на фиг. 7.5 а [16]. В тялото 1 е монтирано хидрозадвижването, а от ляво е разположен силовият цилиндър 2. Протяжката 3 е установена в патронници, закрепващ и спомагателен 4. Приспособлението за установяване на заготовката и самата заготовка се опират в неподвижната опора 5 на тялото.

На фиг. 7.5 б е показан начинът на действие на бързосменния патронник [16]. Предният край на протяжката 5 преминава през отворите на заготовката 7 и втулката 8, след което се подава през патронника. В неговия корпус 4 е монтирана втулката 10, чийто вътрешен диаметър съответства на диаметъра на направляващата част на протяжката 5. Във втулката 10 са установени радиално двете челюсти 3. Когато корпусът 4 се изтегли ръчно наляво до преодоляване на силата на пружината 2, челюстите попадат в каналите *a* и се разтварят, пропускайки да премине през тях захващащата част на протяжката 5. След освобождаване на корпуса 4 пружината 2 го изтегля надясно и челюстите 3 захващат протяжката.

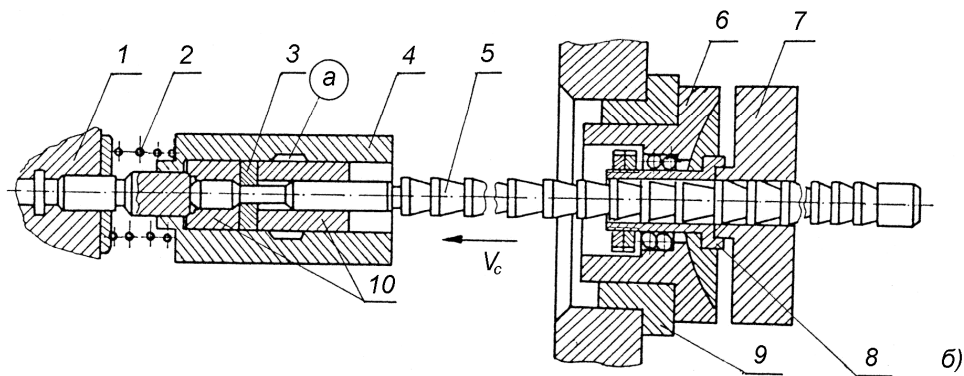
Освобождаването се извършва по аналогичен начин.



Фиг. 7.4 Общ вид на вертикална протегляща машина
(1 – основа; 2 – тяло; 3 – масата; 4 – дюза за подаване на MOT;
5 – вертикални направляващи; 6 – колона; 7 – хидрозадвижване)



a)



б)

Фиг. 7.5 Общ вид на хоризонтална протегляща машина (а)
и бързосменен патронник (б)

Предимства на вертикалните протеглящи машини са по-малката площ, която те заемат, липсата на огъване на инструмента от собственото му тегло, по-добрите условия на охлаждане в зоната на рязане и по-доброто им приспособяване към създаване на автоматични линии.

Хоризонталните протеглящи машини обаче имат други предимства: по-малка височина (не пречат на мостовите кранове в цеха), по-големи ходове (възможност за работа с по-дълги инструменти), облекчено установяване на заготовките.

7.3 МАШИНИ ЗА ВЪНШНО ПРОТЕГЛЯНЕ

Машините за външно протегляне са предназначени за обработване на външни повърхнини с различен профил. Работният цикъл на тези машини е показан на фиг. 7.3 б. Инструментът 3 се установява върху задвижващата шейна 7, а заготовката 5 – върху въртящата маса 10. Чрез буталото 8 задвижващата шейна 7 подава инструмента надолу, с което се създава главното движение на рязане V_c . През време на обработването на тази заготовка в другата позиция на въртящата маса се установява нова заготовка. След като поредната заготовка се обработи, буталото 8 изтегля нагоре шейната 7 с инструмента 5, масата 10 се завърта на 180° (движение S), започва обработването на следващата заготовка и т.н.

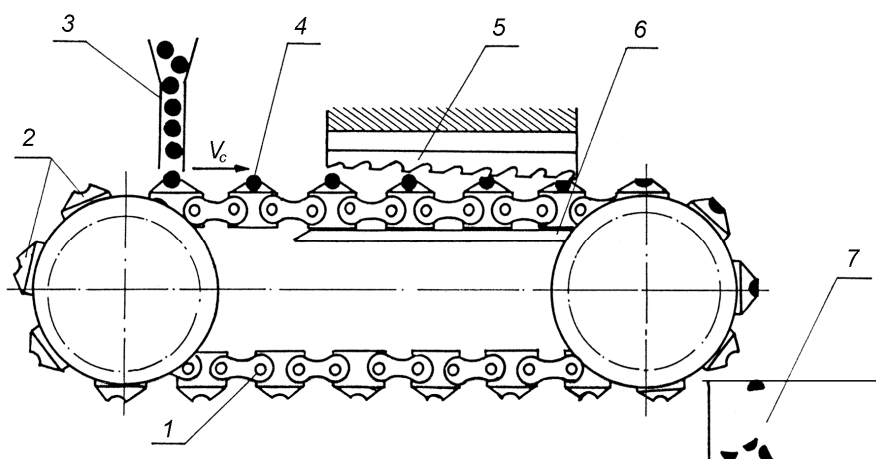
7.4 МАШИНИ ЗА ВЕРИЖНО ПРОТЕГЛЯНЕ

Машините за верижно протегляне са предназначени за обработване на външни профилни повърхнини на заготовки с малки размери. Те могат да работят в автоматичен режим.

Работната зона на машина за верижно протегляне е показана на фиг. 7.6 [6]. Във веригата 1 са монтирани приспособленията 2 за установяване на заготовките 4. Заготовките, съхранявани в бункера 3, попадат последователно в приспособленията 2 и заедно с тях преминават през зоната на рязане (извършва се главното движение на рязане V_c). Готовите детайли се изсипват в палетата 7. За по-голяма стабилност веригата 1 се води в зоната на рязане по направляващите 6.

7.5 МАШИНИ ЗА КРЪГОВО ПРОТЕГЛЯНЕ

Машините за кръгово протегляне са предназначени за обработване на някои специални повърхнини, като зъби на конусни зъбни колела с прави и криволинейни зъби, спирални повърхнини на челюстите на патронници, шийки на коляновите валове, канали на турбинните валове и др. Инструментът е кръгова протяжка, съставена от различни режещи елементи, ориентирани един спрямо друг по подходящ начин.



Фиг. 7.6 Работна зона на машина за верижно протегляне
(1 – верига; 2 – приспособления за установяване на заготовките; 3 – бункер;
4 – заготовки; 5 – инструмент; 6 – направляващи; 7 – палета)

В зависимост от избраната схема на формообразуване може да се наложи съгласуване на някои от работните движения, извършвани от инструмента и заготовката.

Сложният и скъп инструмент, който се използва за обработване на строго определена повърхнина, прави протеглящите машини ефективни в условията на едросерийно и масово производство.

глава 8

МАШИНИ ЗА АБРАЗИВНО ОБРАБОТВАНЕ

8.1 ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА МАШИНИТЕ ЗА АБРАЗИВНО ОБРАБОТВАНЕ

Машините за абразивно обработване са предназначени за чисто и окончателно обработване на равнинни и ротационни (външни и вътрешни цилиндрични, конусни и профилни) повърхнини, резби, зъби на зъбни колела, шлицы и др. Към тях се предявяват високи изисквания по отношение на работна точност, виброустойчивост, износоустойчивост, температурни деформации и др.

В отделни случаи обработването на тези машини може да е единствената технологическа операция. В повечето случаи обаче заготовките се обработват предварително чрез струговане, фрезование и др. Ако е предвидена термична или химикотермична обработка, тя се извършва преди абразивната.

На фиг. 8.1 са показани видовете машини за абразивно обработване, сравнени по технологическите възможности и ефективното приложение според типа на производството [6].

Както се вижда от фиг. 8.1, групата на шлифовъчните машини е твърде голяма и разнообразна, като към нея се отнасят още зъбошлифовъчните, резбошлифовъчните и други машини.

8.2 МАШИНИ ЗА КРЪГЛО ШЛИФОВАНЕ

Машините за кръгло шлифование се използват за шлифование на външни и вътрешни цилиндрични, конусни, профилни и челни повърхнини на ротационно симетрични заготовки. Подразделят се на два основни типа – *центрови* и *безцентрови*.

Центровите машини за кръгло шлифование биват *обикновени* (само за външно или само за вътрешно шлифование) и *универсални* (с два супорта с възможности за външно и вътрешно шлифование).

На фиг. 8.2 са показани технологическите схеми при кръгло шлифование на външни цилиндрични (а,б), конусни (в), профилни (г) и вътрешни (д) повърхнини. Инструментът 2 е шлифовъчен диск и извършва главното движение на рязане V_c . Заготовката 1 извършва две подавателни движения – кръговото V_{f1} и праволинейното V_{f2} , които са непрекъснати по време. Третото подавателно движение V_{f3} се извършва от супорта с инструмента. Това движение е прекъснато радиално с малка стъпка (0,005

– 0,001 mm) и определя дълбочината на рязане. Според избраната технология то може да се извършва в края на всеки ход или в края на всеки двоен ход.

Видове машини за довършващо обработване		Възможност за обработване на следните видове повърхнини								Достижима грапавост Ra, µm	Ефективно прилож. според типа на производството							
		чрез обхождане				челни	равнинни	профилни										
		външни цилиндр.	вътр. цилиндр.	външни конусни	вътр. конусни			ед.	сериен		мас.							
Машини за кръгло шлифоване	Външно	●	○	●	○	●	○	○	●	0,63 – 0,08	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]				
	Вътрешно	○	●	○	●	●	○	○	○									
	Външно + вътрешно	●	●	●	●	●	○	○	●									
	Външно безцентрово	●	○	○	○	○	○	○	○	0,63 – 0,08								
	Вътрешно безцентрово	○	●	○	○	●	○	○	○									
	Машини за шлиф. на равнинни повърхнини	○	○	○	○	○	●	○	●									
Машини за лентово шлифване	Машини за хонинговане	○	○	○	○	○	○	○	○	0,63 – 0,08	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]				
	Машини за притриване	○	○	○	○	○	○	○	○	0,63 – 0,04								
	Машини за свързвагаждане	○	○	○	○	○	○	○	○	0,08 – 0,01								
	Приспособления за полиране	○	○	○	○	○	○	○	○	0,012-0,008								
*) Тук се отнасят също и къси стъпални детайли																		

●

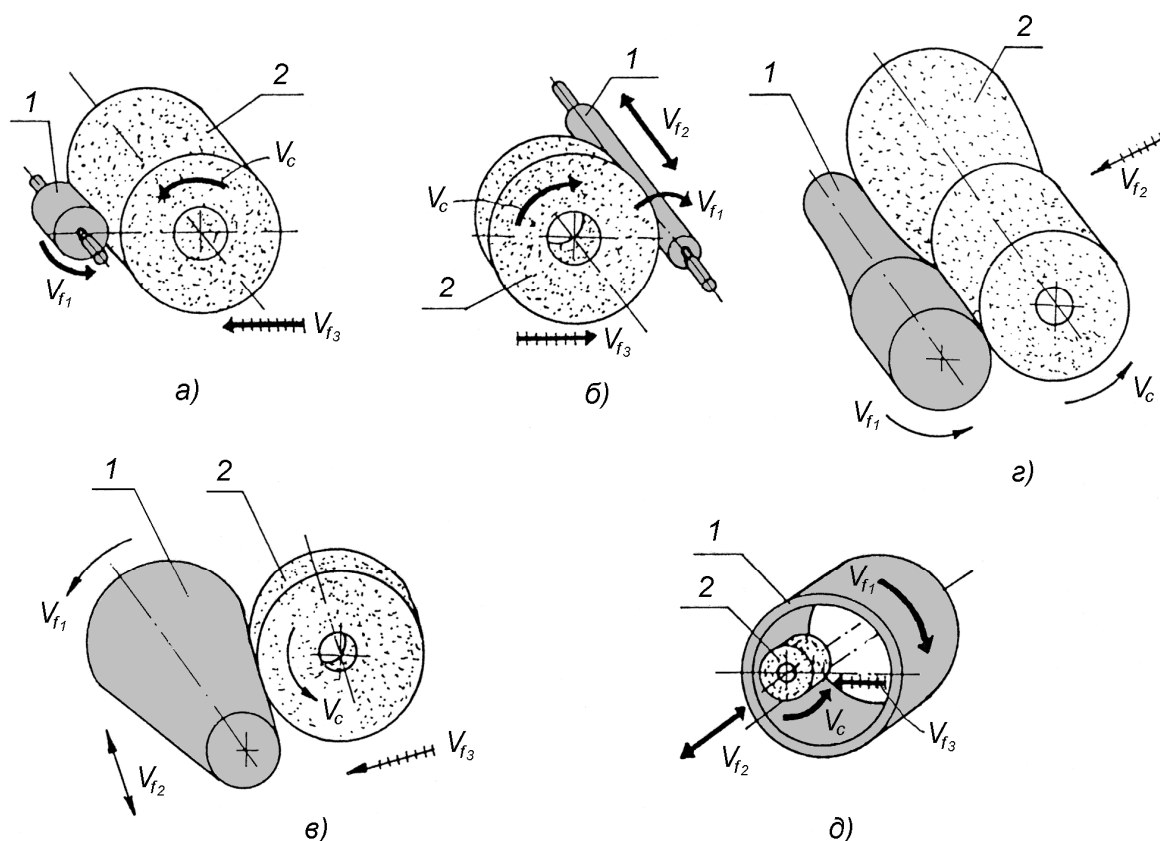
- възможност за всички

○

- възможност за някои

○

- липсва такава възможност



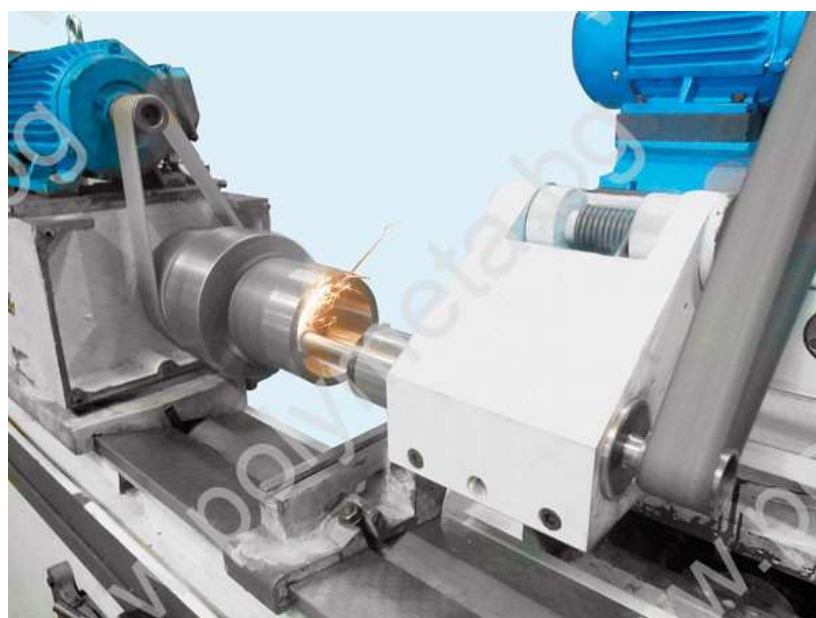
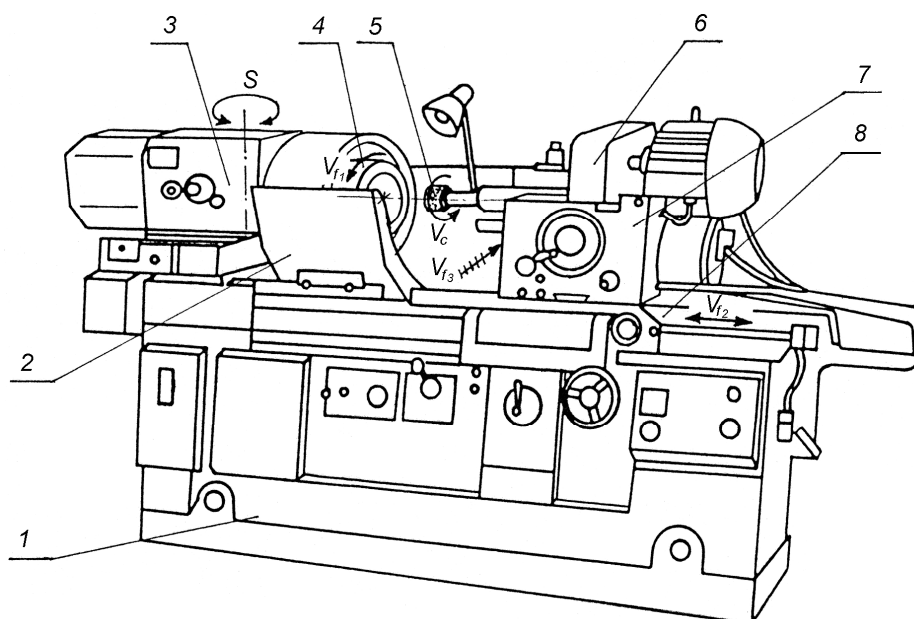
Фиг. 8.2 Технологически схеми при кръгло шлифование
(1 – заготовка; 2 – инструмент)

При профилното шлифование (фиг.8.2 г) надлъжното подаване V_{f2} липсва.

Принципната разлика между машините за външно и вътрешно шлифование е в шлифовъчното вретено. Дискът за външно шлифование, който има значителна маса, се установява във вретеното с къса конзолна част, а дискът за вътрешно шлифование – във вретеното със значителна дължина на конзолата поради необходимостта да проникне във вътрешността на отвора.

При външно шлифование на къси заготовки те се установяват в патронник, а при дълги заготовки – между центри. Въртеливото движение V_{f1} се предава с помощта на сърце. При вътрешно шлифование заготовката се установява в патронник.

Общ вид на машина за вътрешно кръгово шлифование е показан на фиг. 8.3 [18]. Вретеното с инструмента 5 извършва главното движение на рязане V_c , а заготовката 4 – кръговото подавателно движение V_{f1} . Шлифовъчният супорт 6 чрез надлъжната шейна 8 извършва надлъжното подавателно движение V_{f2} , а чрез напречната шейна 7 се осъществява напречното подавателно движение V_{f3} . Чрез установъчно завъртане на предното седло 3 на малък ъгъл около вертикална ос (движение S) може да се обработват и конусни повърхнини.

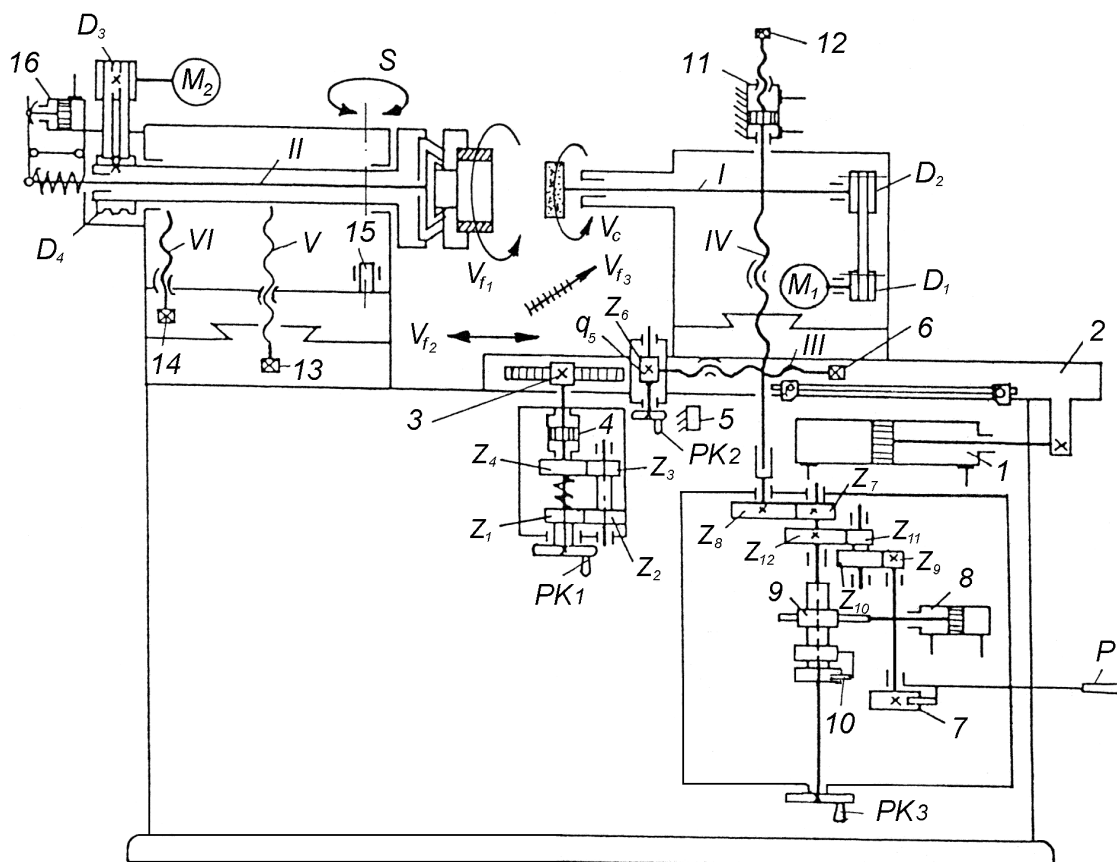


Фиг. 8.3 Общ вид на машина за вътрешно кръгло шлифване
(1 – тяло; 2 – щит; 3 – предно седло; 4 – заготовка; 5 – шлифовъчен диск;
6 – шлифовъчен супорт; 7 – напречна шейна; 8 – надлъжна шейна)

Кинематичната схема на машината за вътрешно кръгово шлифване ЗА228 е показана на фиг. 8.4 [18]. Главното движение V_c на вретеното I се получава от асинхронния електродвигател M_1 и ремъчната предавка $D_1 - D_2$. Скоростта на това движение се регулира чрез смяна на ремъчните шайби.

Кръговото подавателно движение V_{f1} се получава от електродвигателя с безстепенно регулиране M_2 и през ремъчната предавка $D_3 - D_4$ се довежда до вретеното II, съответно до заготовката. При някои модели такива машини подавателното движение V_{f1} се получава от

степенен превод, включващ асинхронен електродвигател и скоростен механизъм, осигуряващ 4 – 6 честоти на въртене.



Фиг. 8.4 Кинематична схема на машина за вътрешно кръгло шлифване 3A228

Надлъжното подавателно движение V_{f2} се получава по хидравличен път чрез хидроцилиндъра 1, който задвижва масата 2. Предвидена е също възможност за ръчно подаване чрез ръчното колело PK_1 , зъбните двойки $Z_1 - Z_2$ и $Z_3 - Z_4$, и зъбно-гребенната предавка 3. Когато масата 2 се премества механизирано, хидроцилиндърът 4 изключва веригата за ръчно подаване чрез отцепване на зъбната предавка $Z_3 - Z_4$.

При шлифване на челни повърхнини надлъжното подавателно движение V_{f2} се явява подаване на дълбочина с малка стъпка (0,005 – 0,01 mm). То се извършва чрез ръчното колело PK_2 , червячната предавка $q_5 - Z_6$ и винта III. Преди началото на шлифването масата 2 се подава първоначално от хидроцилиндъра 1, докато допре до ограничителя 5, след което се премества още напред чрез квадрата 6.

Напречното подавателно движение V_{f3} може да се извърши в три режима:

- ръчно непрекъснато чрез ръчното колело PK_3 , зъбната двойка $Z_7 - Z_8$ и винта IV;

- ръчно прекъснато чрез колебателно движение на ръчката P , остроъбния механизъм 7, зъбните предавки $Z_9 - Z_{10}$, $Z_{11} - Z_{12}$, $Z_7 - Z_8$ и винта IV;

- автоматично чрез гидроцилиндъра 8, зъбно-гребенната предавка 9, остроъбния механизъм 7, зъбната предавка $Z_7 - Z_8$ и винта IV.

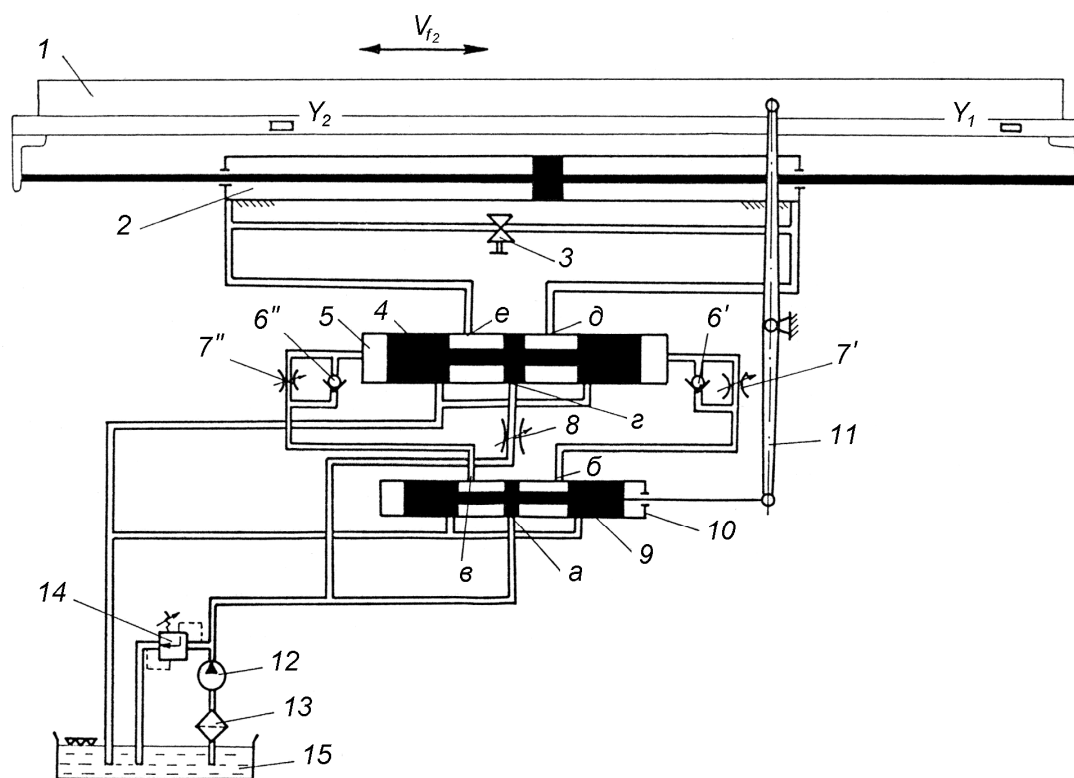
Бързото подвеждане и отвеждане на шлифовъчния супорт от зоната на рязане се извършва от гидроцилиндъра 11 или чрез винта с квадрата 12.

Чрез квадрата 13 и винта V предното седло може да се премества в напречна посока.

Чрез квадрата 14 и винта VI горната част на предното седло може да се завърта около шийката 15 (движение S) за обработване на конусни повърхнини.

Хидроцилиндърът 16 се използва за затягане на заготовката в патронника.

На фиг. 8.5 е дадена принципна хидравлична система за получаване на надлъжното подавателно движение V_{f2} при шлифовъчни машини [6].



Фиг. 8.5 Принципна хидравлична схема на надлъжно подавателно движение при шлифовъчни машини

(1 – маса; 2 – хидроцилиндър; 3 – клапан; 4, 9 – плунжери; 5 – основен разпределител; 6, 6' – обратни клапани; 7, 7' – регулируеми дросели; 8 – регулатор на дебит; 10 – управляващ разпределител; 11 – лост; 12 – помпа; 13 – филтър; 14 – предпазно-преливен клапан; 15 – резервоар)

Движението V_{f2} на масата 1 се осъществява чрез хидроцилиндъра 2, чийто корпус е неподвижен, а буталото е свързано с двата края на масата.

Помпата 12 засмуква масло от резервоара 15 чрез филтъра 13 и го насочва към т. *a* и т. *г* на схемата. В случай че плунжерите 9 и 4 са в средно положение (както е показано на фиг. 8.5), те затварят входовете *a* и *г* и маслото през предпазно-преливния клапан 14 се връща обратно в резервоара. В този случай масата 1 е неподвижна.

Ако лостът 11 се завърти в посока на часовниковите стрелки, плунжерът 9 на управляващия разпределител 10 ще се премести вляво, свързвайки т. *a* с т. *б*. Така маслото ще постъпи в дясната камера на основния разпределител 5. В този маслопровод има два паралелни участъка, включващи съответно обратния клапан 6' и регулируемия дросел 7'. По-малкото съпротивление на обратния клапан 6' ще доведе до това, че основният дебит на маслото ще премине през неговия клон. Така ще се премести вляво плунжерът 4 на основния разпределител 5, с което ще се свържат т. *г* с т. *д*. По този начин маслото от помпата 12 ще постъпи през регулатора на дебит (регулируемия дросел) 8 в дясната камера на хидроцилиндъра 2, като започне да придвижва буталото му, а чрез него и масата 1 наляво.

Това движение на масата ще продължи докато ограничителят Y_1 достигне до края на лоста 11 и го завърти обратно на часовниковата стрелка. С това ще бъде преместен вдясно плунжерът 9 на управляващия разпределител 10, като се свържат т. *a* и т. *в*. По аналогичен начин маслото ще се насочи към лявата камера на основния разпределител 5, преминавайки основно през обратния клапан 6'' и в по-малка степен през дросела 7''. Така плунжерът 4 се премества надясно, свързват се т. *г* и т. *е* и маслото започва да постъпва в лявата камера на хидроцилиндъра 2. По този начин се реверсира посоката на надлъжното подавателно движение V_{f2} . В края на хода ограничителят Y_2 завърта лоста 11 по посока на часовниковата стрелка и цикълът се затваря.

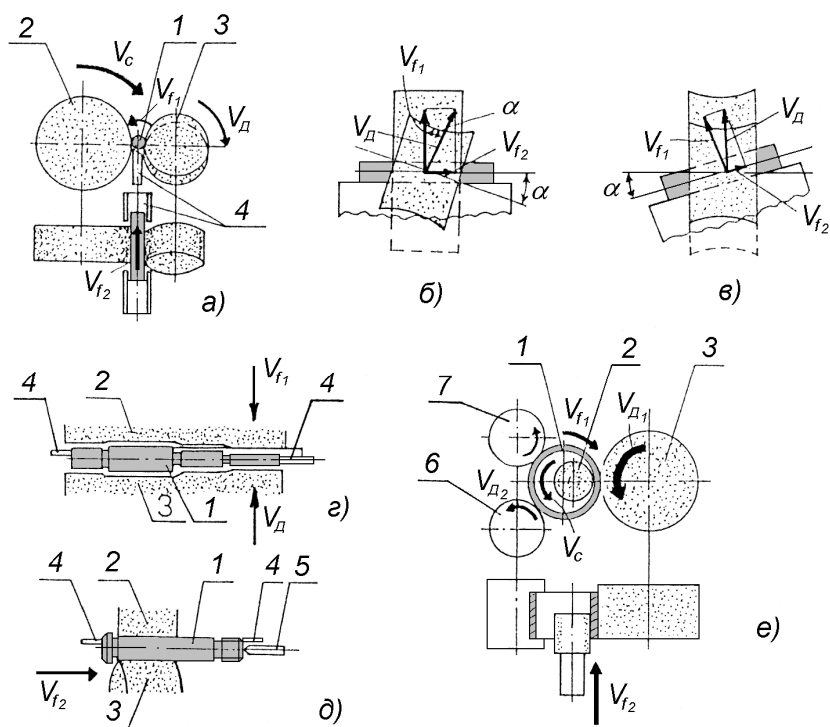
Скоростта на надлъжното подаване V_{f2} се регулира чрез дебита на маслото, постъпващо в хидроцилиндъра 2, от регулатора на дебит 8.

Важна особеност на тази схема е преместването на плунжера 4, което се извършва плавно. Когато той се премества в една от двете посоки, например надясно, се изтласква навън маслото от дясната камера. В обратния път към резервоара 15 обаче маслото не може да премине през клапана 6', а само през дросела 7'. Така чрез него може да се регулира скоростта на преместване на плунжера 4. В средата на хода плунжерът закрива входа при т. *г*, с което преустановява подаването на масло към хидроцилиндъра 2, т.е. масата 1 спира в крайно положение. Очевидно продължителността на този престой ще зависи от скоростта на преместване на плунжера. Така чрез дроселите 7' и 7'' може да се регулира времето за задържане на масата 1 в двата края на хода.

Когато масата се подава ръчно (чрез PK_1 и PK_2 от фиг. 8.4), лостът 11 се поставя в спряно (вертикално) положение, а кранът 3 се завърта на 90° (отваря се), за да се свържат накъсо двете камери на хидроцилиндъра 2. Така чрез преместване на буталото маслото ще преминава от едната камера в другата.

При високооборотните вретена на шлифовъчните (и на някои други) машини се използват „мотор-вретена“. Интегрирането на електродвигателя с вretienния възел води до опростяване на конструкцията, като отпадат проблемите, които създават ремъчните предавки и съединителите при високи скорости. Безстепенното регулиране на честотата на въртене на електродвигателя обуславя възможността за поддържане на постоянна скорост на рязане при изменение на диаметъра на шлифовъчния диск вследствие на неговото износване и заточване.

Технологическите схеми при машините за *безцентровото шлифване* са показани на фиг. 8.6. Характерно при тези схеми е това, че заготовката 1 не е установена в патронник или между центри, а се задвижва от допълнителен водещ диск 3 чрез силите на триене.



Фиг. 8.6 Технологически схеми при безцентрово шлифване
(1 – заготовка; 2 – инструмент; 3 – водещ диск; 4 – опора; 5 – ограничител;
6 – опорна ролка; 7 – притискаща ролка)

На фиг. 8.6 а,в са показани случаи на шлифване на външна цилиндрична повърхнина. Оста на водещия диск 3 е наклонена под ъгъл α спрямо оста на заготовката 1, в резултат на което при въртенето на диска 3 се създават две подавателни движения - кръгово V_{f1} и осово V_{f2} . Ъгълът на

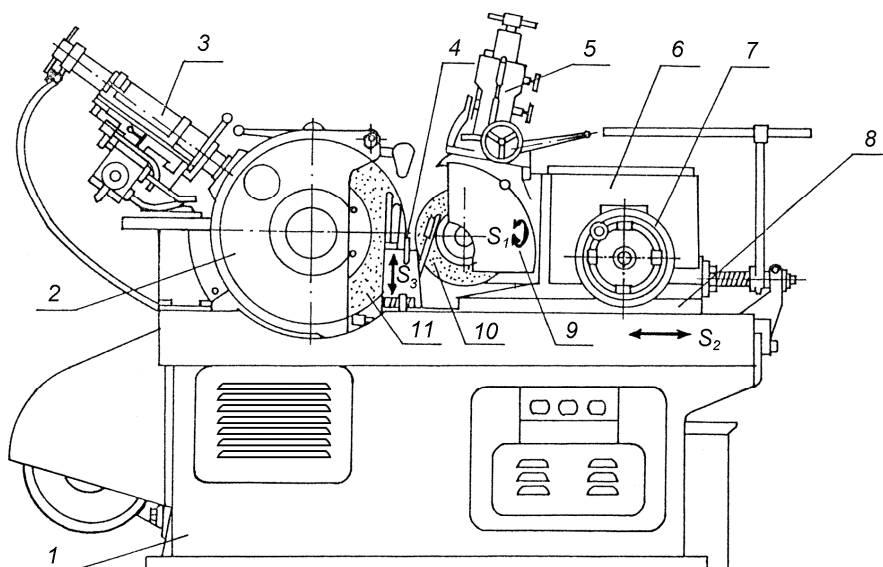
наклона се регулира безстепенно в обхвата $1,5 - 6^\circ$ при грубо шлифване и $0,5 - 1,5^\circ$ при чисто шлифване. За постигане на по-висока работна точност оста на заготовката 1 се разполага по-високо от осите на дисковете 2 и 3 на разстояние $(0,15 - 0,25)d$ (d е диаметърът на заготовката).

При профилно безцентрово шлифване (фиг. 8.6 г) шлифовъчният диск 2 извършва радиално подавателно движение V_{fl} , а водещият диск 3 – съгласувано с него радиално насрещно движение V_D .

При безцентрово шлифване на ограничени по дължина повърхнини (фиг. 8.6 д) се използва ограничителят 5, който преустановява осовото подавателно движение V_{f2} .

На фиг. 8.6 е показана схемата на вътрешно безцентрово шлифване. Заготовката 1 е установена между водещия диск 3 и двете ролки – опорната 6 и притискащата 7, лагерирувани свободно. При въртеливито движение V_D на водещия диск 3 от силите на триене се създава кръговото подавателно движение V_{fl} . Тази схема се използва при заготовки, чиито външни повърхнини са точно обработени.

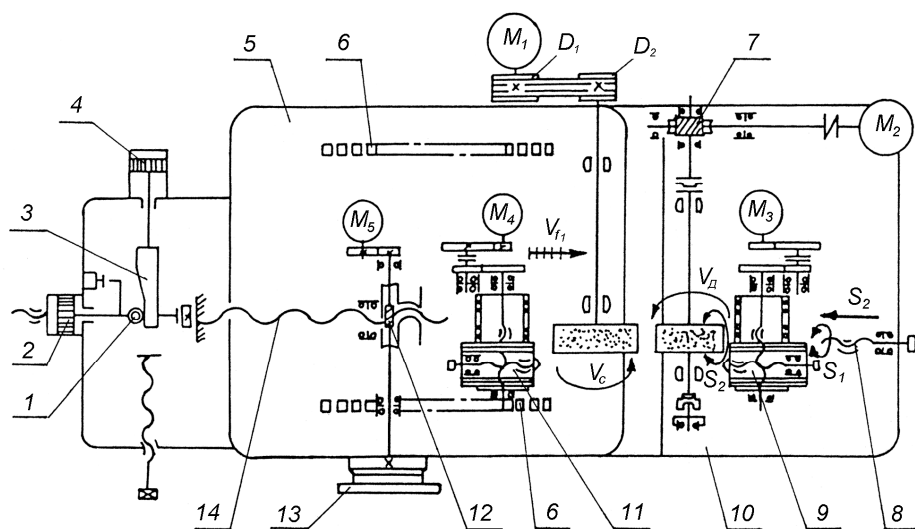
Общ вид на машина за безцентрово шлифване е показан на фиг. 8.7 [13]. Заготовката се поставя върху опората (ножа) 4, която се регулира по височина според диаметъра ѝ (движение S_3). Чрез завъртащата глава 9 се регулира положението на водещия диск 10 (движение S_1), с което се регулира ъгълът между осите на диска и заготовката. Чрез ръчното колело 7 и винтова предавка се премества установъчно шейната 8 с водещия диск 10 (движение S_2), съобразно диаметъра на заготовка. Устройството 5 позволява заточване на водещия диск 10 във формата на хиперболоид.



Фиг. 8.7 Общ вид на машина за безцентрово шлифване
(1 – тяло; 2 – шлифовъчен супорт; 3,5 – заточващи устройства; 4 – опора;
6 – супорт на водещия диск; 7 – ръчно колело; 8 – шейна; 9 – завъртаща глава;
10 – водещ диск; 11 – шлифовъчен диск)

В някои случаи, като например шлифование на гладки външни повърхнини (фиг. 8.6 а), машините за безцентрово шлифование могат да се съоръжат с бункерно устройство за подаване на заготовките, с което да се осигури работа в непрекъснат автоматичен режим.

Кинематична схема на машина за безцентрово шлифование е показана на фиг. 8.8 [18].



Фиг. 8.8 Кинематична схема на машина за безцентрово шлифование 3М184
(1 – ролка; 2,4 – хидроцилиндри; 3 – плоска гърбица; 5 – шлифовъчен супорт;
6 – търкалящи направляващи; 7,12 – червячни предавки; 8,14 – винтове;
9,11 – заточващи устройства; 10 – шейна;13 – ръчно колело)

Главното движение V_c се осъществява от асинхронния електродвигател M_1 и ремъчната предавка $D_1 - D_2$. Движението V_d на водещия диск се постига чрез постояннотоковия електродвигател M_2 и червячната предавка 7.

Радиалното преместване на шлифовъчния диск (установъчно или на врязване) V_{f1} се извършва от шлифовъчния супорт 5, който е монтиран върху търкалящите направляващи 6. То може да се извърши по следните начини:

- ръчно преместване чрез ръчното колело 13 и червячната предавка 12, на която червячното колело е оформено като гайка (винтът 14 е неподвижен);
- механизирано бързо преместване чрез електродвигателя M_5 , зъбна предавка и червячната предавка 12;
- механизирано бързо преместване от хидроцилиндъра 2;
- фино подаване за врязване от хидроцилиндъра 4, плоската гърбица 3 и ролката 1.

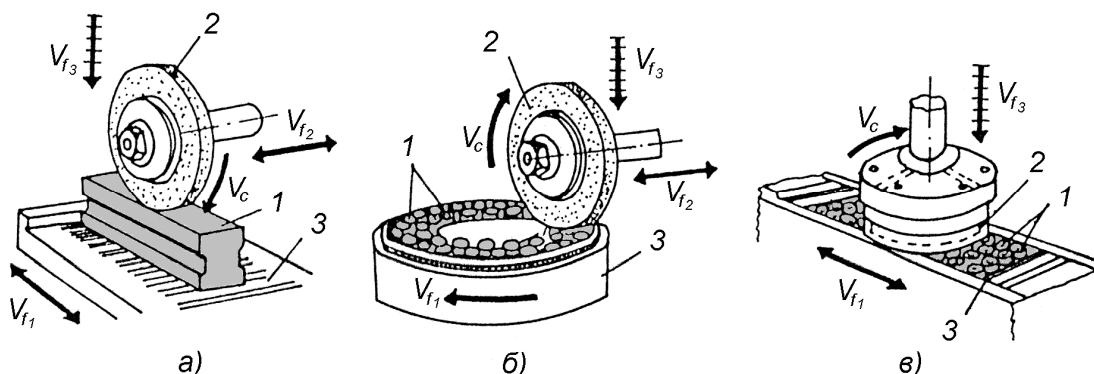
Механизмът за врязване позволява подаване в следния цикъл: бързо подвеждане, грубо подаване за врязване, чисто подаване и бързо отвеждане на шлифовъчния супорт назад.

Шейната 10 на водещия диск се подава ръчно към заготовката чрез винта 8 (движение S_2). Тя може да се завърта установъчно около хоризонталната ос (движение S_1), за да се постигне желаният ъгъл на наклона α . Шлифовъчният и водещият диск се заточват от устройствата 11 и 9. Диамантените изравнители се задвижват от електродвигателите M_3 и M_4 и винтови предавки.

8.3 МАШИНИ ЗА ШЛИФОВАНЕ НА РАВНИННИ ПОВЪРХНИНИ

Технологически схеми при машини за шлифование на равнинни повърхнини (плоскошлифовъчни машини) са показани на фиг. 8.9. Те се разделят на две групи:

- шлифование с периферията на диска (фиг. 8.9 а,б);
- шлифование с челото на диска (фиг. 8.9 в).



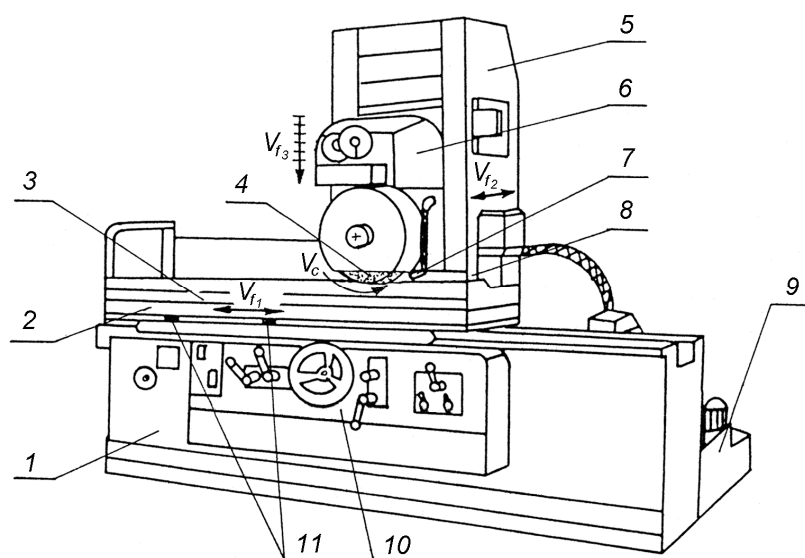
Фиг. 8.9 Технологически схеми при шлифование на равнинни повърхнини (1 – заготовка; 2 – инструмент; 3 – магнитна (електромагнитна) маса)

При всички схеми главното движение на рязане V_c се извършва от шлифовъчния диск 2. Заготовките (една или няколко) извършват подавателно движение V_{f1} , което е надлъжно (а,в) или кръгово (б). Когато широчината на обработваната повърхнина е по-голяма от тази на шлифовъчния диск, е необходимо и напречно подавателно движение V_{f2} (а,б). За преминаване към нова дълбочина на рязане шлифовъчният супорт извършва вертикално подавателно движение V_{f3} , което е прекъснато и с малка стъпка (0,005 ÷ 0,01 mm).

Когато се шлифова по схемата, показана на фиг.8.9 в, инструментите обикновено са съставни – по челото на метален диск се установяват абразивни сегменти, най-често с бърбековидна форма. Тази схема е по-производителна от алтернативната (шлифование с периферията на диска),

но микрогеометрията на обработената повърхнина е по-лоша, главно поради затруднения достъп на СОТ в зоната на рязане.

Общ вид на машина за шлифование на равнинни повърхнини с периферията на инструмента е показан на фиг. 8.10 [6]. Заготовките се установяват върху електромагнитната маса 3. При необходимост тя може да се демонтира и на нейно място върху масата 2 на машината могат да се поставят други приспособления за установяване на заготовките.



Фиг. 8.10 Общ вид на машина за шлифование на равнинни повърхнини
(1 – тяло; 2 – маса; 3 – магнитна (електромагнитна) маса; 4 – шлифовъчен диск;
5 – колона; 6 – вертикална шейна; 7 – дюза за подаване на СОТ; 8 – напречна шейна;
9 – система за подаване на СОТ; 10 – пулт за управление; 11 – ограничители)

Главното движение на рязане V_c се извършва от инструмента. Надлъжното подавателно движение V_{f1} се осъществява по хидравличен път

чрез система, подобна на използваната при машините за кръгло шлифване. Положението на двете крайни точки на хода се регулира чрез ограничителите 11.

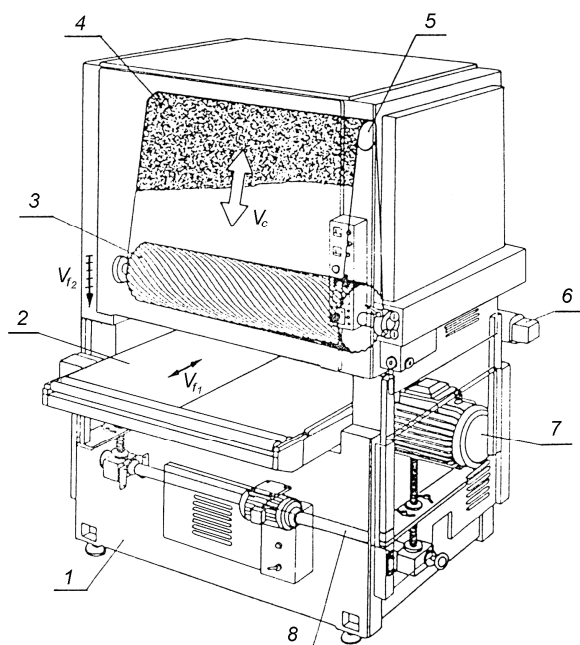
Напречното подавателно движение V_{f2} се извършва от напречната шейна 8. То е прекъснато, като може да се извършва на всеки ход или на всеки двоен ход на масата със заготовката. При повечето машини това подаване също се осъществява по хидравличен път.

Вертикалното подавателно движение V_{f3} се извършва от вертикалната шейна 6 също прекъснато, като се управлява по сигнал според положението на напречната шейна 8.

При шлифване на по-големи и тежки заготовки от типа на тела на стругове и други металорежещи машини се използват *надлъжно-шлифовъчни машини (шлайфхобели)*. По компоновка те са подобни на надлъжно-фрезовите машини (фиг. 5.9 и фиг. 5.10), като инструментите могат да шлифват с периферията или с челото си.

Към групата на машините за шлифване на равнинни повърхнини се отнасят също и *лентовите шлифовъчни машини* (фиг. 8.11) [6]. При тях инструмента е абразивна лента 4, залепена в двата края в затворен контур. Тя извършва главното движение на рязане V_c .

Заготовките се установяват върху масата 2 и извършват праволинейно-възвратно (надлъжно) подавателно движение V_{f1} . Чрез подавателния превод 8 се осъществява вертикалното подавателно движение V_{f2} на инструмента 4.



Фиг. 8.11 Общ вид на машина за лентово шлифване
(1 – тяло; 2 – маса; 3 – задвижваща ролка; 4 – абразивна лента; 5 – опъваща ролка;
6 – превод за надлъжното подаване; 7 – главен електродвигател;
8 – превод за вертикалното подаване)

8.4 ШЛИФОВЪЧНИ МАШИНИ С ЦПУ

Шлифовъчните машини се изграждат също и със системи за програмно управление. Те са предназначени за шлифование на външни и вътрешни цилиндрични и конусни повърхнини в условията на единично, дребно- и средносериенно производство.

Шлифовъчните машини с ЦПУ се характеризират с висока производителност, точност и качество на обработването по следните основни причини [3]:

- напълно се автоматизира обработването на всички повърхнини, достъпни за обработване на дадената установка;
- намалява се времето за празни и спомагателни ходове (изпълняват се с CNC-системата за управление);
- използват се устройства за определяне на момента на докосване на инструмента (шлифовъчния диск) в обработваната заготовка, с което значително се намалява времето на автоматичния цикъл;
- времето за изравняване и профилиране на шлифовъчния диск е значително по-малко от времето за ръчно заточване;
- създават се условия за използване на устройства за активен контрол;
- повишава се точността на размерите и надеждността на процесите;
- осовите размери са с повишена точност (използва се пътната измервателна система на машината);
- използването на многостепенни цикли (с вътрешно циклово заточване, с междинно и крайно отискряне) с практически неограничена сложност води до повишаване на точността на формата в надлъжно и напречно сечение на обработвания детайл;
- CNC-системата за управление прави рентабилно използването на шлифовъчните машини в автоматичен цикъл и при неособено големи серии;
- грапавостта и физико-механичните свойства на обработените повърхнини се подобряват, благодарение на по-честото регламентирано изправяне на шлифовъчния диск (т.е. поддържане на режеща му способност).

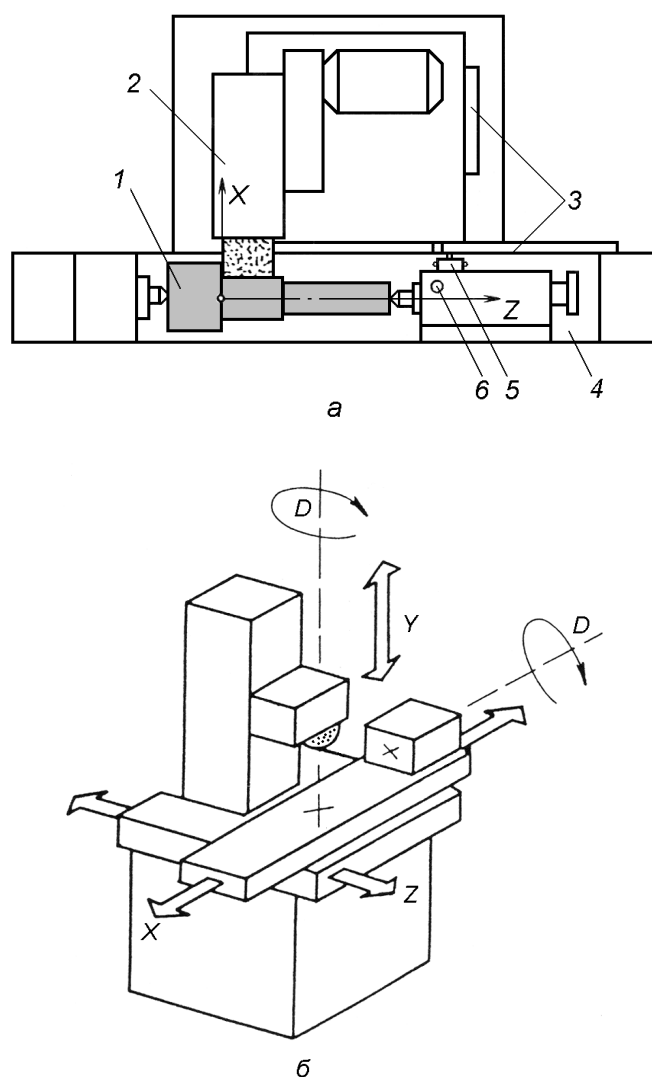
При кръглошлифовъчните машини с ЦПУ работната зона е по аналогия със струговите машини с ЦПУ (оста Z съвпада с оста на въртене на детайла, а ос X – с направлението на движение на шлифовъчния супорт) (фиг. 8.12 а). Според броя на управляемите оси кръглошлифовъчните машини с CNC-система за управление са с една ос, две оси (най-често срещаните) и с повече от две оси (при наличието на допълнителни управления за устройства и супорти).

Плоскошлифовъчните машини с ЦПУ се произвеждат с една, две и повече управляеми оси (на фиг. 8.12 б е показана плоскошлифовъчна

машина с четири управляеми оси, като оста D се използва за ъглово позициониране на заготовката, установена на масата на машината, или за управление на заточващо устройство).

Примерна последователност за шлифване на външните повърхнини на многостъпален вал е дадена на фиг. 8.13 [3].

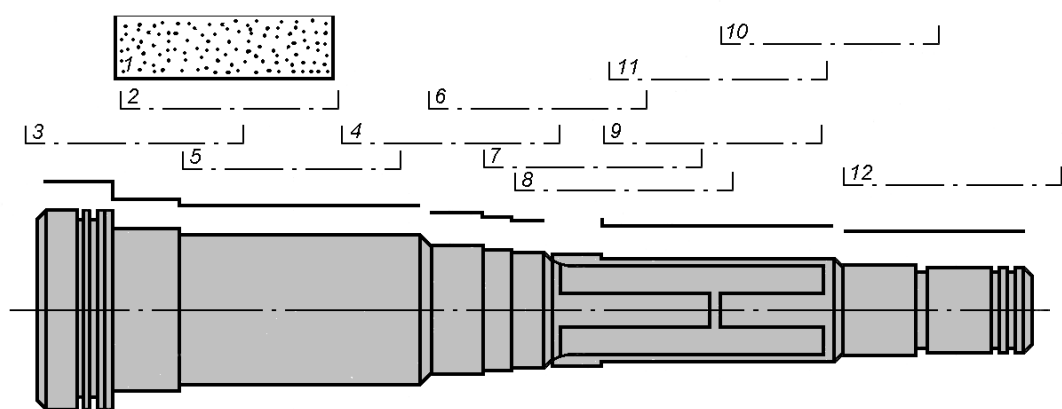
Съвременните кръглошлифовъчни машини с ЦПУ имат няколко десетки цикли за шлифване на външни и вътрешни ротационни повърхнини. Когато системата им за управление е специално проектирана за тях, циклите са вградени.



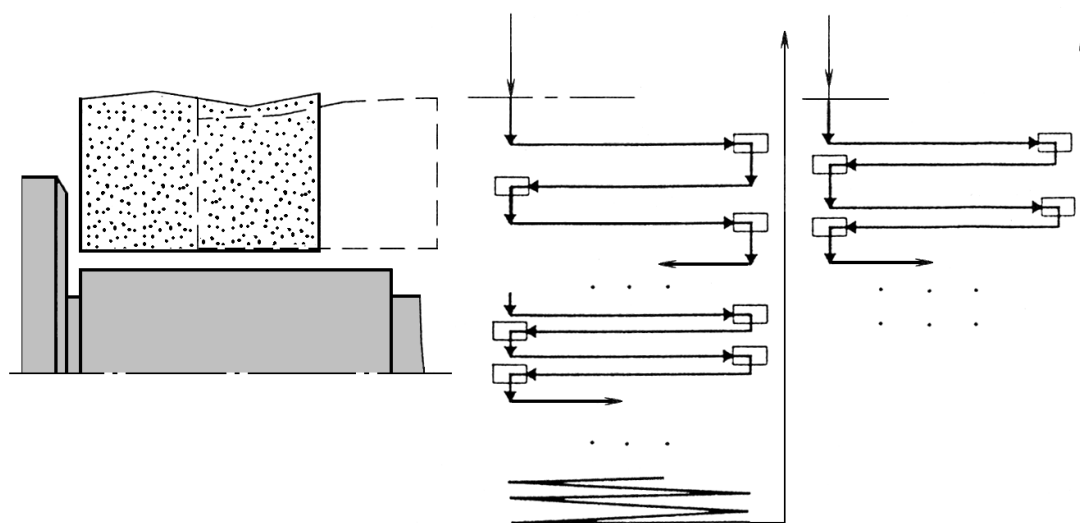
Фиг. 8.12 Работни зони на кръглошлифовъчна машина с ЦПУ (а)
(1 – заготовка, 2 – супорт, 3 – устройство за обратна връзка на ЦПУ,
4 – маса, 5 – изравнители, 6 – преобразувател за докосване)
и на плоскошлифовъчна машина с ЦПУ (б)

Цикъл за надлъжно шлифване се използва, когато широчината на шлифваната повърхнина е по-голяма от широчината на шлифовъчния диск.

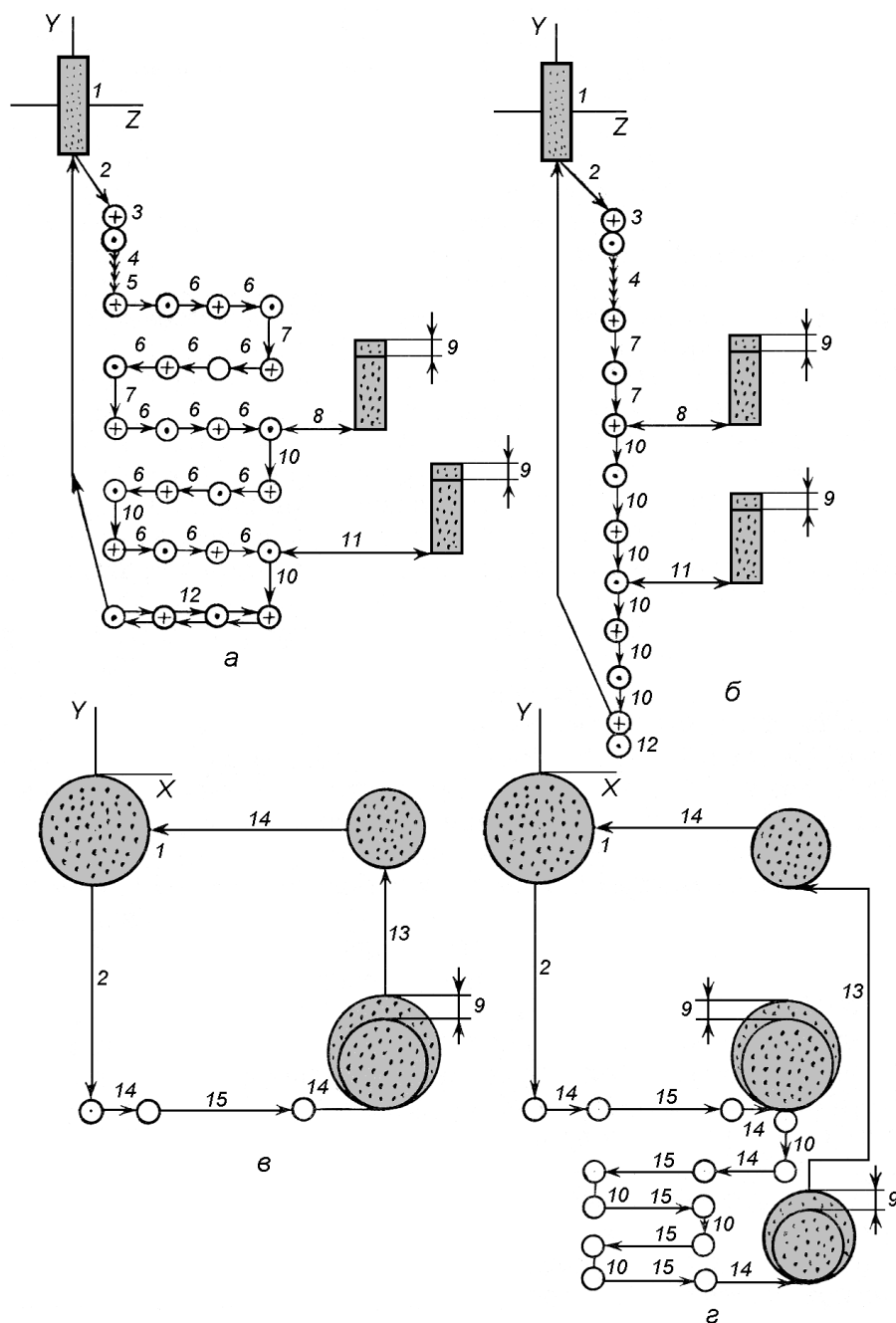
На фиг. 8.14 е показана структурата на цикъл за надлъжно шлифоване, включващ: бързо подвеждане, ускорен ход, при който шлифовъчният диск докосва заготовката, и прекъсване на подаването по оста X по сигнал от устройство за адаптивно управление на работния ход. Извършва се *грубо шлифоване*, което може да бъде с напречно подаване (в края на хода - отляво, отдясно или от двете страни). След това се извършва *чисто шлифоване* с напречно подаване (само отляво или само отдясно на хода). В края на циклите се включва отискряне. Възможно е по хидравличен път в двата края на хода да се задава задържане (задържането в края на хода се използва, за да се намаляване влиянието на силовите деформации при врязване). В края на цикъла може да се зададе отдръпване на детайла за ръчно шлифоване на челната повърхнина.



Фиг. 8.13 Последователност на шлифоване на външните повърхнини на многостъпален вал върху кръглошлифовъчна машина с ЦПУ
(1 – инструмент; 2 до 12 – позиции за шлифоване)



Фиг. 8.14 Технологическа схема и цикли за надлъжно шлифоване на кръглошлифовъчна машина с ЦПУ



Фиг. 8.15 Типови цикли за плоско шлифование (а – многопроходно шлифование на детайл с ширина по-голяма от широчината на диска;
б – многопроходно шлифование на детайл с ширина по-малка от широчината на диска; в – дълбочинно шлифование; г – комбинирано шлифование (дълбочинно и многопроходно); 1 – изходно положение на шлифовалния диск,
2 – ускорено подвеждане, 3 – преход от ускорено на форсирано подаване,
4 – форсирано вертикално подаване, 5 – допирание на инструмента с детайла,
6 – надлъжно работно подаване след връщане на масата, 7 – грубо прекъснато подаване, 8 – грубо изправяне, 9 – корекция на координатите след изправянето,
10 – чисто прекъснато подаване, 11 – чисто изправяне,
12 – заглаждане, 13 – връщане на инструмента в координатното начало за обработване на следващия детайл, 14 – ускорено движение на масата, 15 – работно подаване на масата (“+” - наляво, “-” - надясно))

Цикълът при шлифване чрез връзване е добре да включва допълнително фино шлифване и междинно отискряне (междинното отискряне се използва за намаляване на отклоненията във формата в напречно сечение, получени от отклоненията във формата на заготовката).

Типови цикли за плоско шлифване с периферията на шлифовъчния диск, използвани при плоскошлифовъчни машини с ЦПУ с правоъгълна маса, са дадени на фиг. 8.15 [3].

8.5 ДРУГИ МАШИНИ ЗА АБРАЗИВНО ОБРАБОТВАНЕ

• МАШИНИ ЗА ХОНИНГОВАНЕ

Хонинговането е метод за довършващо обработване с цел подобряване на точността на размерите, формата и микрогеометрията на обработваните повърхнини. Използва се специален инструмент – хонинговъчна глава (фиг. 8.16), по периферията на която са установени абразивни брусчета, които могат да бъдат от обикновени абразивни материали 1 (фиг.8.16 – отляво от оста) или диамантени сегменти 2 (вдясно от оста). Брусчетата са закрепени към специални държачи и чрез преместване на конусния дорник 3 се преместват в радиално направление, като броят им е 3, 4, 6, 9 или 12. Закрепването на главата към хонинговъчната машина е шарнирно (фиг. 8.17), което дава възможност за точното ѝ водене по обработваната повърхнина на детайла. В процеса на обработването детайлът е закрепен неподвижно към масата на машината или в приспособление. Хонинговъчната глава извършва въртливо еднопосочно главно движение V_c и възвратно-постъпателно подавателно движение V_{f1} , в резултат на което по обработената повърхнина се получава характерна за хонинговането мрежа от винтови следи. Разгъната хонингована вътрешна цилиндрична повърхнина е показана на фиг. 8.18, на която се виждат следите на зърната на абразивното брусче при неговото движение от началното 1 до крайното положение на първия ход 2 и крайното положение на обратния ход 3. За да се получи равномерна мрежа от следите на зърната без повторно преминаване по една следа, трябва да е изпълнено условието:

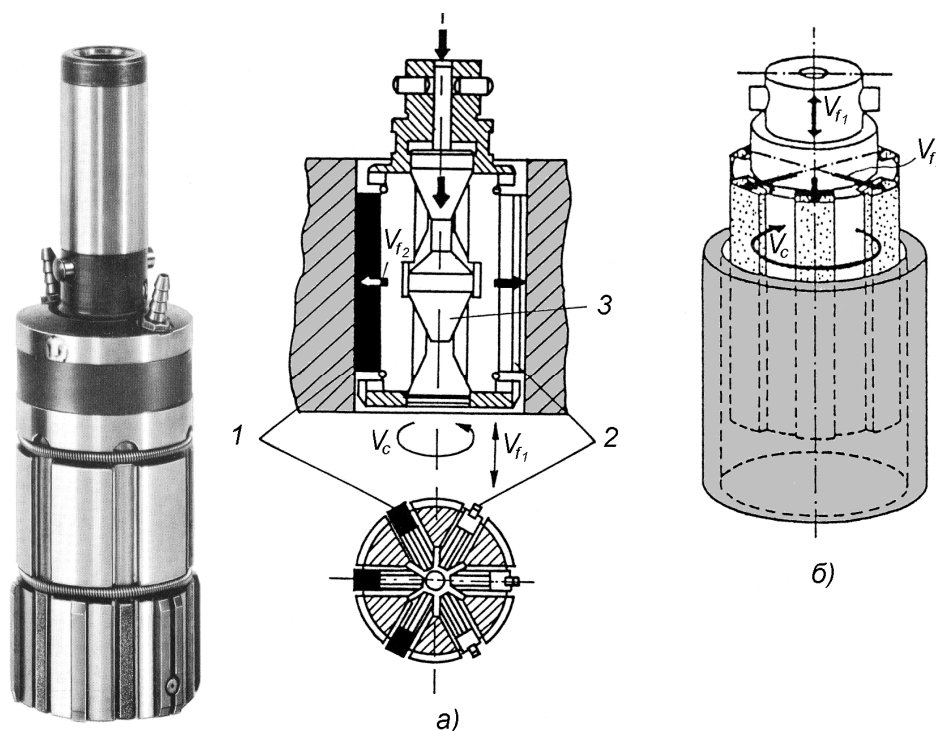
$$K = \frac{n_1}{n_2} \neq \text{цяло число}, \quad (8.1)$$

където n_1 е честотата на въртене на хонинговъчната глава в min^{-1} ; n_2 - честотата на двойните ходове на главата в дв.ход/мин .

При излизането на брусовете в двата края на отвора се извършва автоматично самозаточване чрез иззронване на износените абразивни зърна. С намаляване на отношението K (8.1) става по-интензивно самозаточване и

увеличаване на производителността. При увеличаване на K се подобрява микрогеометрията. По тази причина в началото на хонинговането се работи с $K = 1,5 \div 3$ за стомани и $K = 3 \div 6$ за чугуни, а в края - с $K = 2,5 \div 5$ за стомани и $K = 4 \div 10$ за чугуни.

В сърцевината на хонинговъчната глава (фиг. 8.16 а) е монтирано двойноконусното съединение 3, което позволява при всеки двоен ход конусите да се сближават. Това предизвиква радиално преместване на брусчетата навън, с което се осъществява радиалното подавателно движение V_{f2} .



Фиг.8.16 Хонинговъчна глава

Приложение намира и т.н. *вибрационно хонинговане*, при което на хонинговъчната глава се предава допълнително праволинейно-възвратно движение с честота $200 \div 500 \text{ min}^{-1}$ и амплитуда $2,5 \div 25 \text{ mm}$. Това намалява полепването на частички от обработвания метал по абразивните брусчета и създава условие за подобряване на качеството на обработените повърхнини.

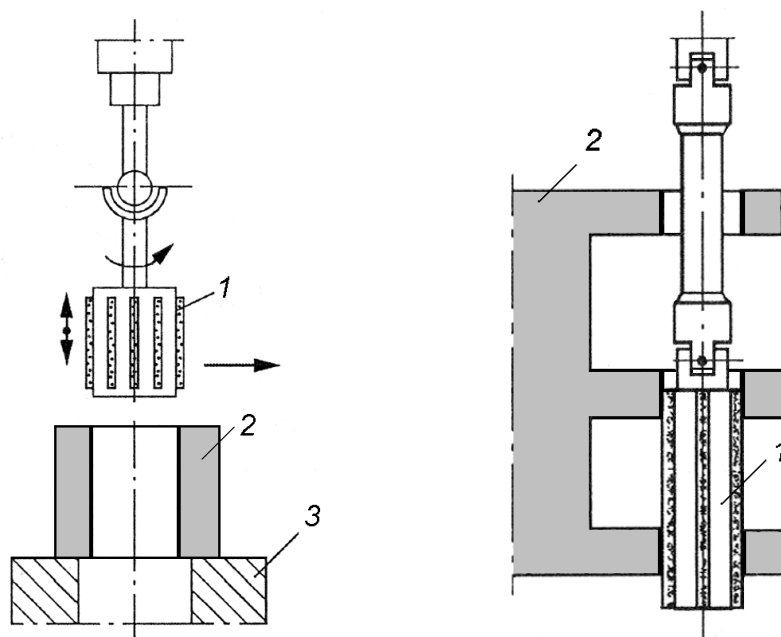
Хонинговъчните машини се класифицират според:

- предназначението си - универсални и специални;
- броя на вретената - едновретенни и многовретенни;
- положението на оста - с хоризонтална и вертикална ос.

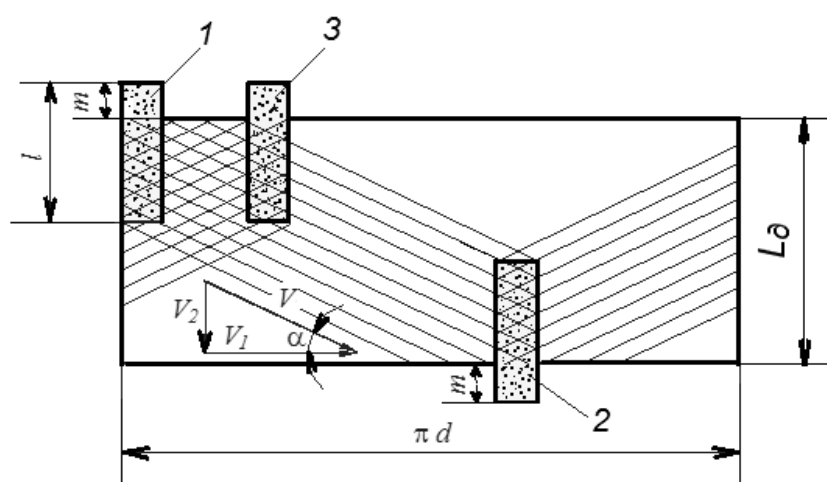
По-широко приложение имат вертикалните машини. Хоризонталните машини се използват главно за обработване на дълбоки отвори. За да се изключи влиянието на масата на хона върху точността на формата на

отвора, се предава едновременно въртливо движение на хона и на обработвания детайл.

Хонинговъчните машини работят в автоматичен режим. Работният цикъл включва пет етапа: вкарване на хонинговъчната глава в обработвания отвор; разтваряне на брусовете; хонинговане; прибиране на брусовете; изваждане от отвора.



Фиг. 8.17 Схеми на хонинговане на отвори
(1 – хонинговална глава, 2 – заготовка, 3 – маса на хонинговалната машина)



Фиг. 8.18 Схема на разгъната хонингована вътрешна
цилиндрична повърхнина

При всички хонинговъчни машини хонът се вкарва в отвора, без да се върти и с прибрани брусове. След това автоматично се включват

механизмът за разтваряне на брусове, подаването на СОТ, въртенето на главата и работната скорост на възвратно-постъпателното движение. При някои машини работният цикъл позволява тристепенно разтваряне на брусове, като в началото и в края на хонинговането налягането на брусове се понижава автоматично. При други машини налягането се понижава в началото на хонинговането, а в края на обработката радиалното подаване се прекратява, като рязането се извършва за сметка на еластичните сили в разтварящия механизъм и както при шлифване, интензивността на процеса постепенно намалява.

Някои хонинговъчни машини имат система за дозиране на подаването на брусове. През време на работния цикъл автоматично се поддържа постоянна големина на силата на рязане при временно прекъсване на радиалното подаване, когато се превиши зададена мощност на двигателя. При достигане на необходимия размер на отвора от системата за активен контрол се подава команда за прекратяване на радиалното подаване и се провежда завършващият етап на хонинговането.

Общ вид на хонинговъчна машина СН 150 (Италия) е показан на фиг. 8.19.



Фиг. 8.19 Общ вид на хонинговъчна машина СН 150 (Италия)

Хонинговането се осъществява при обилно охлаждане, за да се отведе образуваната при рязането топлина и да се отстранят попадналите по обработваната повърхнина абразивни зърна. Най-добри резултати се получават при прилагане на керосин с добавка на 10÷15% минерално масло в качеството на СОТ.

Предимства на хонинговането са:

- възможност за достигане на голяма точност на обработените детайли ($6^{-та}$ степен) и ниска грапавост ($R_a = 0,10 - 0,04 \mu m$);
- обработената повърхнина се получава с много правилна геометрична форма, което се осигурява от голямата стабилност на хонинговъчната глава в радиално направление (в резултат на това специфичното налягане при рязане в местата с по-малък диаметър автоматично нараства, което довежда до снемане на по-голяма стружка в тези места и до постепенното приближаване на обработваната повърхнина към точната цилиндрична форма);
- възможност за получаване на по-висока производителност от финото разстъргване и шлифование (това се обуславя от: сравнително голямата допирна площ между абразивните брусчета и обработваната повърхнина, поради което в процеса на рязане вземат участие от 100 до 1000 пъти повече абразивни зърна, отколкото при шлифването; малкото спомагателното време за установяване на детайлите, тъй като хонинговъчната глава е закрепена шарнирно и не е необходимо точно центроване на детайла).

Недостатъци на хонинговането:

- невъзможност да се отстранят грешките във взаимното разположение на оста на отвора спрямо другите повърхнини на детайла (дължи се на шарнирното закрепване на хонинговъчната глава, поради което в процеса на обработването тя се нагажда по обработваната повърхнина);
- трудно се хонинговат детайли от особено пластични материали, тъй като в този случай частици от обработвания материал полепват по абразивните брусчета и ги замазват;
- възможност за набиване на абразивни зърна по обработената повърхнина (необходимо е след хонинговането детайлите да се измиват с гореща вода (както при притриването)).

• МАШИНИ ЗА ПРИТРИВАНЕ

Притриването е метод при който се достига много малка грапавост на обработената повърхнина (до $R_a = 0,01 \mu m$) и висока точност на получаваните размери ($6 \div 5^{-та}$ степен на точност), но не могат да се отстранят отклоненията в макрогеометрията, получени от предходната обработка.

Притриването се извършва при използване на абразивни прахове във вид на пасти. Инструментът, наречен *притир* има работна повърхнина която най-често е обратно спрегната на обработваната повърхнина (притриването на цилиндричен отвор е с вал-притир, на конус – с конусна втулка, на равнина - с плосък притир и т.н.). Осъществява се в три разновидности:

1. Притриване със свободно набиващ се в притира абразив.

Абразивният прах се поставя свободно между притира и обработваната повърхнина. Притирът се изработва от по-мек материал от обработвания. В процеса на притриването абразивните зърна проникват в повърхнината на притира и отнемат тънки стружки от обработвания материал. Притирите при работа се износват толкова по-интензивно, колкото материалът, от който са изработени, е по-мек (използват се раздвижни или пружинни притири). Притирът се изработва от чугун, нисковъглеродна стомана, мед, бронз и др.

2. Притриване с предварително набит в притира абразив.

Набиването на абразивния прах се извършва с помощта на спомагателни инструменти – плочи, дорници, ролки и др., така че абразивните зърна да не се деформират, а да потънат в по-меката повърхнина на притира, изработен от същите материали, както при първата разновидност.

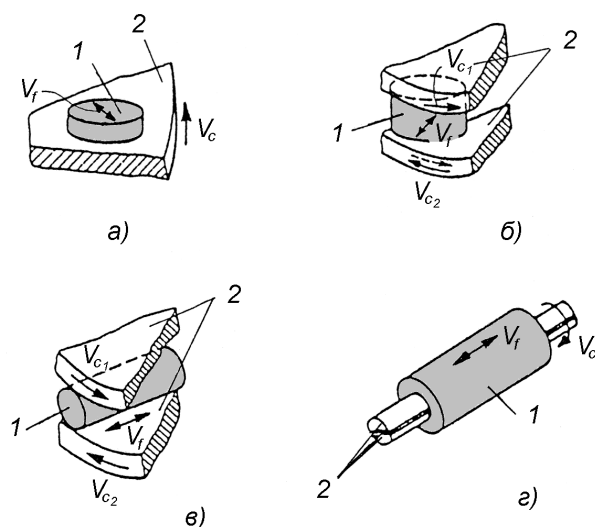
3. Притриване с ненабиващ се в притира абразив.

В този случай притриването се извършва със сравнително мек абразивен материал (железен оксид, винервайс, хромов оксид и др.). Притирите се изработват от закалена стомана, а понякога за повишаване на твърдостта и изнosoустойчивостта им се хромират. При това притриване относително мекият абразивен материал обикновено не се набива нито в повърхнината на притира, нито в обработваната повърхнина. В процеса на притриването той остава свободен и деформира връхчетата на грапавините от обработваната повърхнина. За увеличаване на производителността меките абразивни прахове влизат в състава на специални пасти за притриване, в които присъстват и органични киселини. Притриването протича като химико-механичен процес. Киселините при съединяване с обработвания материал образуват фина оксидна кора, която се разрушава от абразивния прах.

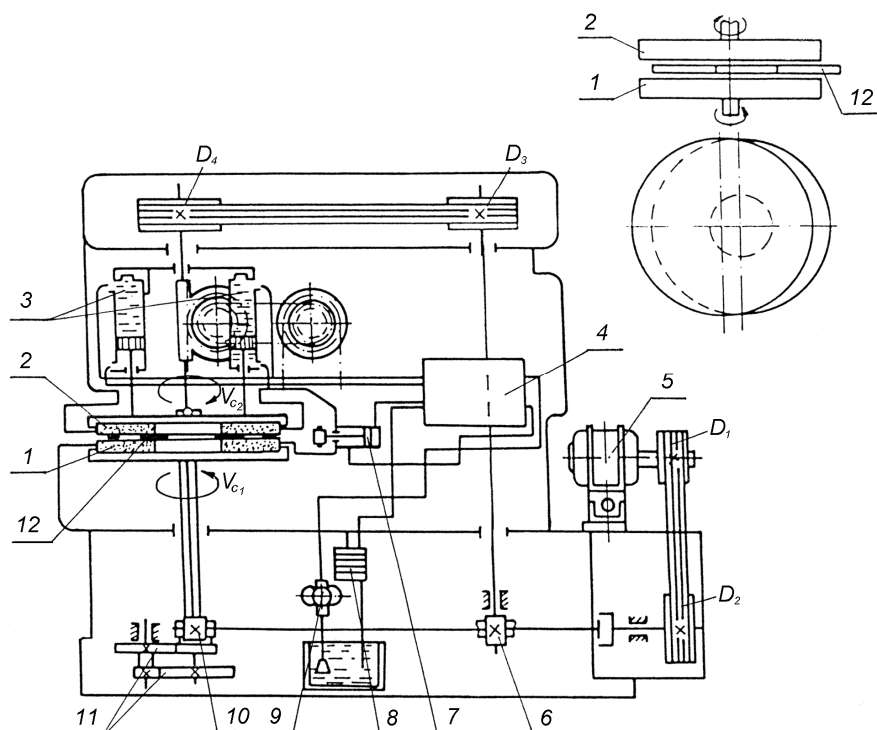
На фиг. 8.20 са показани различни технологически схеми при притриване на равнинни и цилиндрични повърхнини. При едностранно притриване на равнинни повърхнини (фиг. 8.20 а) инструментът 2 е диск, който извършва въртеливото движение V_c , а заготовката 1 – радиалното подавателно движение V_f . При двустранно притриване на равнинни повърхнини (фиг. 8.20 б) двата инструмента 2 извършват въртеливите движения V_{c1} и V_{c2} , които могат да бъдат в различни или в една и съща посока, но с различни скорости. При притриване на външни цилиндрични повърхнини (фиг. 8.20 в) двата инструмента 2 се въртят разнопосочно. При притриване на вътрешни цилиндрични повърхнини (фиг. 8.20 г) инструментите 2 са с полуцилиндрична форма и се притискат към обработвания отвор на заготовката.

На фиг. 8.21 е показана кинематичната схема на машина за притриване, модел 3816 [13]. Движението на долния притир 1 се получава от електродвигателя 5, през ремъчната предавка $D_1 - D_2$, червячната

предавка 10 и редукторната група 11. От червячната предавка 6 движението се насочва към ремъчната предавка $D_3 - D_4$ за задвижване на горния притир 2. Сепараторът 12 се задвижва от хидроцилиндъра 7 възвратно-постъпателно, радиално за притирите. Горният притир се притиска от хидроцилиндрите 3 с определена сила, регулирана от хидравличното устройство 4, с което се преодолява действието на противотежестта 8.



Фиг. 8.20 Технологически схеми на притриване (1- заготовка; 2 – инструмент)



Фиг. 8.21 Кинематична схема на машина за притриване 3816
(1,2 – притири; 3,7 – хидроцилиндри; 4- хидравлично устройство;
5 – електродвигател; 6, 10 – червячни предавки; 8 – противотежест;
9 – зъбна помпа; 11 – редукторна група; 12 – сепаратор)

- **МАШИНИ ЗА СВРЪХЗАГЛАЖДАНЕ (СУПЕРФИНИШ)**

Свръхзаглаждането (суперфиниш) е метод за довършващо обработване, при който се подобрява микрогеометрията на обработваната повърхнина. Извършва се при малък натиск между инструмента и заготовката ($0,05 \div 0,4$ МПа), който е достатъчен за снемането на връхчетата на грапавините в началото на обработването.

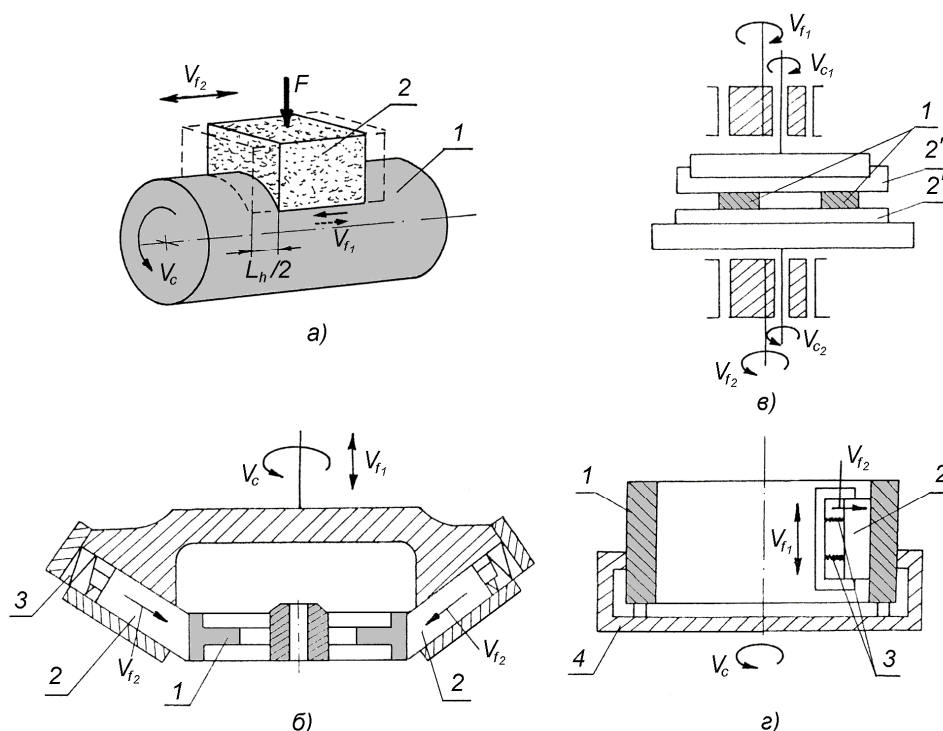
На фиг. 8.22 а е дадена технологическата схема на свръхзаглаждане на външна цилиндрична повърхнина. Обработваната заготовка 1, установена между центрите на машината, извършва главното движение V_c , което е въртливо с малка периферна скорост $3 \div 40$ m/min. Абразивните брусчета 2 са установени в специалната глава, която ги притиска еластично към заготовката и извършва постъпателно-възвратни движения V_{f1} с честота $300 \div 2000$ min⁻¹ и амплитуда $1 \div 3$ mm. Освен това главата 2 се премества бавно, успоредно на оста на детайла, със скорост $V_{f2} = 0,1 \div 1,5$ m/min. Увеличеният брой движения (три) при *свръхзаглаждането* води до подобряване на режещата способност на абразивните брусчета, тъй като абразивните зърна режат с повече страни. Това осигурява по-добро отделяне на полепналите върху брусчетата частички обработван метал. За охлаждаща течност се използва смес от 90% петрол и 10% вретенно или турбинно масло.

Механизмът на рязане при *свръхзаглаждане* е следният. В началния момент, когато абразивните зърна допират до връхчетата на грапавините, опорната площ между абразивните брусчета и обработваната повърхнина е малка, налягането в местата на контакта е голямо и масленият слой, образуван между абразивните брусчета и обработваната повърхнина, се разкъсва. Така се осигурява непосредствен контакт между абразивните зърна и върховете на грапавините, поради което в началния момент процесът е интензивен. След това допирната площ непрекъснато се увеличава, налягането намалява и разкъсването на масления слой постепенно отслабва. Накрая настъпва момент, когато налягането е станало толкова малко, че масленият слой не се разкъсва. В този момент процесът на снемане на стружки се прекратява (създават се условия, характерни за обикновения плъзгащ лагер, където е налице само течно триене).

При къси цилиндрични заготовки, при които дължината на обработваната повърхнина е съизмерима с тази на инструмента, се прилага схемата от фиг. 8.22 б, където заготовката 1 е неподвижна, а инструментите 2 извършват главното движение V_c и осцилиращото възвратно-постъпателно движение V_{f1} . Инструментите се притискат от пружините 3, които създават напречното подавателно движение V_{f2} .

Заготовки с равнинни срезулежащи повърхнини се обработват по схемата от фиг. 8.22 в. Заготовките 1 се установяват между двата инструмента 2' и 2'', които извършват въртеливите движения V_{c1} и V_{c2} около собствените си оси и планетните движения V_{f1} и V_{f2} .

Вътрешни цилиндрични повърхнини се обработват по схемата от фиг. 8.22 г, при която заготовката 1 е закрепена в диска 4, а инструментите 2 се притискат към нея. Заготовката извършва въртеливото движение V_c , а инструментите 2 – надлъжното подавателно движение V_{f1} . Пружините 3 създават напречното подавателно движение V_{f2} .



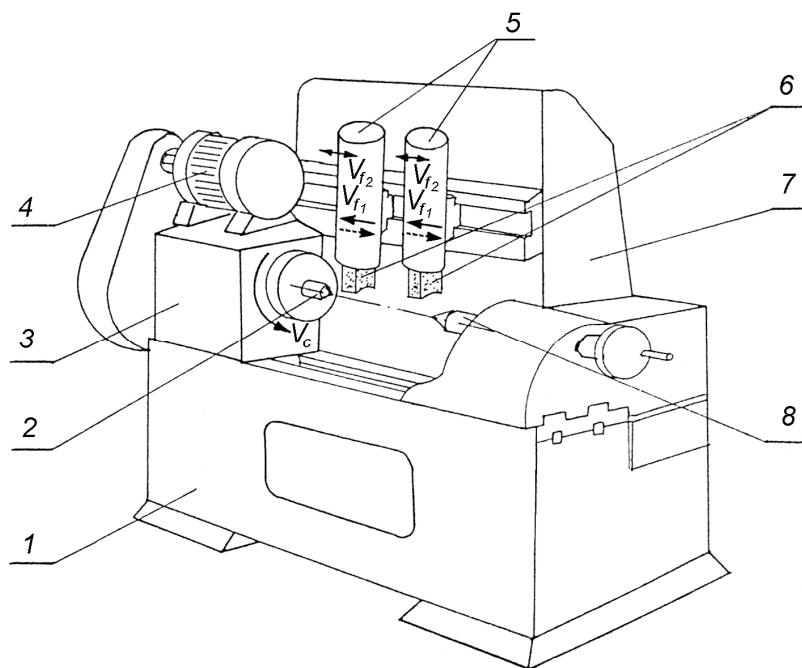
Фиг. 8.22 Технологични схеми на свръхзаглаждане

На фиг. 8.23 е даден общият вид на машина за свръхзаглаждане [18], работеща по схемата от фиг. 8.22 а. Заготовката се установява между центрите 2 и 8, като извършва въртеливо движение. Инструментите 6, установени в супортите 5, извършват две движения:

- надлъжното подавателно движение V_{f1} , което се осъществява по хидравличен път;
- осцилиращото възвратно-постъпателно движение V_{f2} , което се осъществява от ексцентрик.

Дебелината на слоя, който се сменя при *свръхзаглаждане*, зависи от височината на грапавините и обикновено не надминава $0,005 \div 0,010$ mm, поради което едностранната прибавка е обикновено с 10-20% по-голяма от височината на грапавините на повърхнината, подлежаща на свръхзаглаждане.

Основната *разлика* между *свръхзаглаждането* и *хонинговането* се състои в: наличието на къси постъпателно-възвратни движения; значително по-малко налягане между абразивните брусчета и обработваната повърхнина; по-малка скорост на рязане.



Фиг. 8.23 Общ вид на машина за свръхзаглаждане
(1 – тяло; 2 – преден център; 3 – скоростна кутия; 4 – главен електродвигател;
5 – супорти; 6 – инструменти; 7 – колона; 8 – заден център)

Поради тези особености при *свръхзаглаждане* се постига грапавост на обработените повърхнини до $R_a = 0,012 \mu\text{m}$. *Предимство* на метода е, че в процеса на рязане се отделя много малко количество топлина, поради което практически не се получава деформация на повърхностния слой (например след шлифване дебелината на дефектния слой е $0,005 \div 0,020 \text{ mm}$, а след свръхзаглаждане – $0,00025 \text{ mm}$).

Недостатък на *суперфиниша* е невъзможността да се подобри точността на размерите, макрогеометричната форма и относителното положение на обработваната повърхнина, дължащо се на обстоятелството, че обработването се извършва в границите на грапавините, т.е. подобрява се само микрогеометрията, а точността трябва да се осигури от предшестващото обработване.

глава 9

ЗЪБООБРАБОТВАЩИ МАШИНИ

9.1 ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЗЪБООБРАБОТВАЩИТЕ МАШИНИ

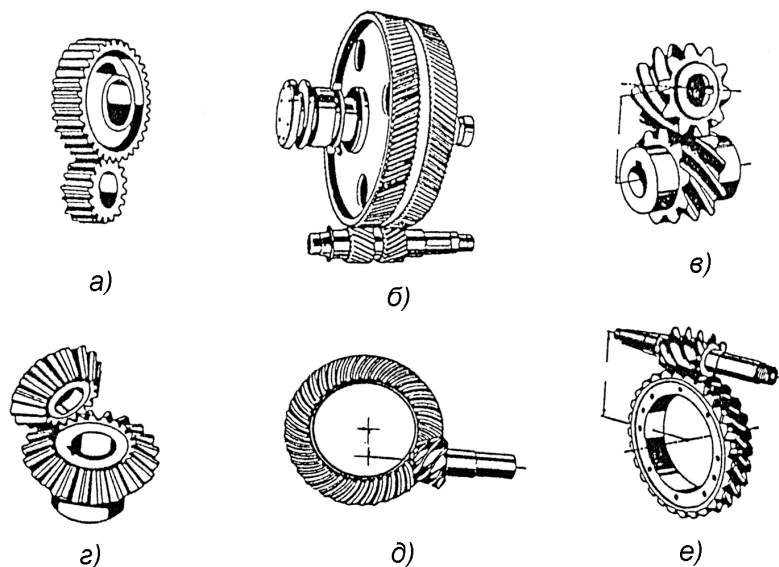
Зъбообработващите машини са предназначени за нарязване и довършващо обработване на зъбите на зъбните колела. Като специализирани металоурежещи машини, те се характеризират с по-тесни технологически възможности, но постигат висока производителност и работят в полуавтоматичен режим.

На фиг. 9.1 са показани различни зъбни предавки – цилиндрични с прави (фиг. 9.1 а), стреловидни (фиг. 9.1 б) и винтови (фиг. 9.1 в) зъби, конусни с прави (фиг. 9.1 г) и криволинейни (фиг. 9.1 д) зъби и червячни (фиг. 9.1 е), зъбните колела на които се обработват на тези машини. Голямото разнообразие на зъбните колела и сложната геометрия на зъбите са довели до обособяване на голям брой зъбообработващи методи и машини, които могат да се класифицират по следния начин:

- машини, за нарязване на зъбите на цилиндрични зъбни колела: зъбофрезови, зъбодълбачни, зъбостъргателни;
- машини за нарязване зъбите на конусни зъбни колела: зъбостъргателни машини за конусни зъбни колела с прави зъби, зъбофрезови машини за конусни зъбни колела с прави зъби, зъбопротеглящи машини за конусни зъбни колела с прави зъби, зъбостъргателни машини за конусни зъбни колела с криволинейни зъби, зъбофрезови машини за конусни зъбни колела с криволинейни зъби, зъбопротеглящи машини за конусни зъбни колела с криволинейни зъби;
- зъбошлифовъчни машини: за зъбни колела с прави зъби;
- зъбошлифовъчни машини за конусни зъбни колела;
- машини за довършващо обработване на зъбите – за шевинговане, отъркаване, сработване, притриване, хонинговане;
- машини за обработване на зъбни колела чрез пластично деформиране: зъбовалцови, зъбопресови;
- машини за зъбозакръгляне и др.

Независимо от голямото си разнообразие, зъбообработващите машини се основават на един общ принцип – *в процеса на работа се възпроизвежда отъркаване между два елемента: две зъбни колела, червяк и зъбно колело или зъбен гребен и зъбно колело*. Ролята на единия от тези елементи се изпълнява от инструмента, а на другия – от заготовката. Това означава, че в процеса на работа, трябва да бъдат съгласувани по

подходящ начин определени двойки работни движения, извършвани от инструмента и/или заготовката.



Фиг. 9.1 Видове зъбни предавки

Зъбообработващите машини се изграждат с доста усложнена кинематична структура. Необходимостта от съгласуване на движенията налага включването на вериги за точна кинематична връзка, настройвани с лири, осигуряващи строго определени предавателни отношения. Продължителното и трудопоглъщащо настройване на тези машини ги прави ефективни в условията на серийно и масово производство.

Напоследък се създават зъбообработващи машини с ЦПУ, при които движенията се съгласуват чрез управляваща програма.

Използването на ЦПУ (CNC-системи) за управлението на зъбообработващи машини се налага все повече поради следните причини:

- повишаване на точността на обработване и поевтиняване на машината (опростена кинематика);
- намаляване на времената за престои, свързани с пренастройване и намаляване на сложността му (свеждат се само до смяна на екипировката и на режещия инструмент);
- повишаване на производителността (намаляване на основното време с 10 до 20 % и подготвително-заклучителното време до 75%);
- разширяване на технологическите им възможности.

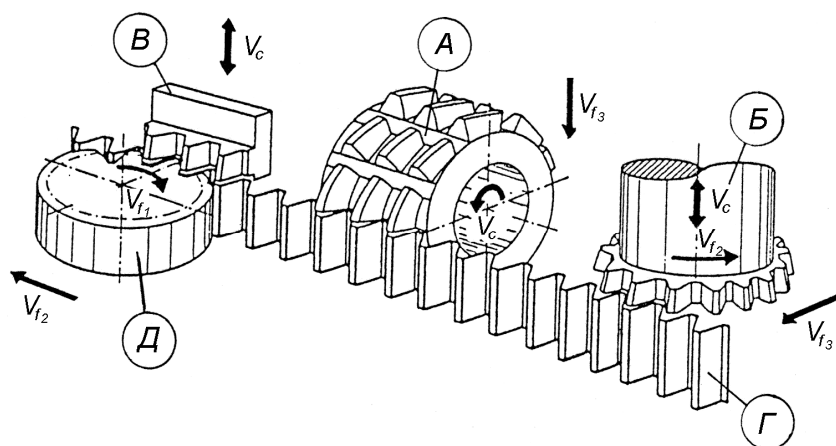
В съответствие с горните причини себестойността на обработените с тях зъбни колела намалява с около 40%, независимо от нарастването на капиталовложенията (в някои случаи до 60%).

9.2. МАШИНИ ЗА НАРЯЗВАНЕ НА ЗЪБИТЕ НА ЦИЛИНДРИЧНИ ЗЪБНИ КОЛЕЛА

• МЕТОДИ ЗА НАРЯЗВАНЕ НА ЗЪБИТЕ НА ЦИЛИНДРИЧНИ ЗЪБНИ КОЛЕЛА

В групата на цилиндричните зъбни козела се включват: зъбни козела с външни прави, винтови и стреловидни зъби и с вътрешни прави и винтови зъби. Към тази група могат да бъдат отнесени също и червячните зъбни козела.

Зъбите на цилиндричните зъбни козела могат да бъдат нарязани по *метода на копиране* – фрезозане с дискови или палцови модулни фрези на универсални фрезозни машини, дълбане с многоножови глави на специализирани зъбонарезни машини или чрез протегляне на обикновени протяжни машини. При специализираните зъбообработващи машини обаче това се извършва най-често по *метода на центроидното обхождане* (отъркалване) по различни методи. В практиката са намерили по-широко приложение следните три метода (фиг. 9.2) [6].



Фиг. 9.2 Методи за нарязване на зъбите на цилиндричните зъбни козела
(А – червячна модулна фреза; Б – зъбодълбачно козело; В – зъбодълбачен гребен;
Г – въобръжаен зъбен гребен; Д – нарязвано зъбно козело)

1. С инструмент червячна модулна фреза (метод Пфаутер)

Инструментът А извършва главното движение на рязане V_c , а заготовката Д – кръговото подавателно движение V_{f1} . Тези движения трябва да бъдат съгласувани по такъв начин, че да се възпроизвежда зацепване на червяк и зъбно козело. За обхождане на зъбите на заготовката Д по цялата им дължина инструментът А извършва още и вертикално подавателно движение V_{f3} .

2. С инструмент зъбодълбачно козело (метод Фелой)

Инструментът Б извършва главното движение на рязане V_c и кръговото подавателно движение V_{f2} , а заготовката Д – кръговото

подавателно движение V_{f1} . Двете подавателни движения трябва да бъдат съгласувани по такъв начин, че да се възпроизведе зацепване между две зъбни козела. Освен това инструментът B трябва първоначално да се подава към заготовката (V_{f3}), докато навлезе на необходимата дълбочина.

3. С инструмент зъбодълбачен гребен (метод Мааг)

Инструментът B извършва главното движение на рязане V_c . Заготовката D извършва две подавателни движения – кръговото V_{f1} и праволинейното V_{f2} , които трябва да бъдат съгласувани по такъв начин, че да се възпроизведе отъркаване на зъбно колело около неподвижен зъбен гребен.

Общото между тези методи е, че режещите зъби на инструмента описват един въображаем зъбен гребен G , по който се отъркава заготовката D .

На фиг. 9.3 са сравнени трите метода по отношение на технологичните им възможности, работната точност и производителността.

Метод	Пфаутер	Фелоу	Мааг
Зъбно колело, параметър			
Цилиндрични зъбни козела с външни прави и винтови зъби	●	●	●
Цилиндрични зъбни козела с вътрешни прави и винтови зъби	◐	●	○
Червячни зъбни козела	●	○	○
Цилиндрични зъбни козела със стреловидни зъби	◐	●	●
Монолитни зъбни блокове	○	●	●
● - възможност във всички случаи ◐ - възможност в някои случаи ○ - липсва такава възможност			
Работна точност, обусловена от точността на инструмента	□	◐	■
Производителност	■	◐	□
■ - най-голяма ◐ - по-малка □ - най-малка			

Фиг. 9.3 Сравнение на методите за нарязване на зъбите на цилиндричните зъбни козела

Както се вижда и трите метода са приложими за нарязване на външни зъби.

При вътрешни зъби основен е методът Фелоу, докато методът Пфаутер може да се използва само при определени условия (по-голям

диаметър на заготовката, за да може да проникне в отвора фрезовата глава, като специален инструмент).

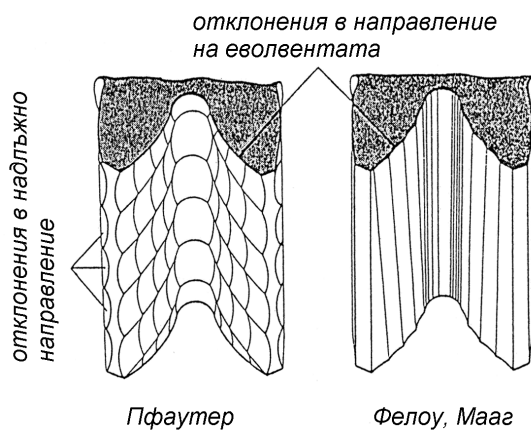
При нарязване на зъбите на червячни зъбни колела е приложим единствено методът Пфаутер.

При зъбни колела със стреловидни (шевронни) зъби основни са методите Фелоу и Мааг. Методът Пфаутер може да се използва само когато двата венца са разделени на определено разстояние един от друг.

При монолитни зъбни блокове методът Пфаутер също не е приложим, защото при обработване на по-малкия зъбен венец зъбите на фрезата ще се врежат в близкостоящия по-голям зъбен венец.

По отношение на работната точност предимство има методът Мааг, тъй като инструментът – зъбодълбачен гребен, има най-проста конструкция и геометрия и може да се изработва най-точно. По същата причина методът Фелоу обуславя по-малка точност, а методът Пфаутер осигурява най-малка точност.

Когато се оценява работната точност обаче трябва да се имат предвид отклоненията от идеалната геометрия на нарязваните зъби. Както се вижда от фиг. 9.4 [6], методът Пфаутер обуславя отклонения в надлъжно направление на зъбите, които могат да се намалят чрез подходяща стойност на надлъжното подавателно движение V_{f3} . При методите Фелоу и Мааг отклоненията са в направление на еволвентния профил и могат да се намалят чрез подходяща стойност на кръговото подавателно движение V_{f2} .



Фиг. 9.4 Отклонения от идеалния профил на зъбите при обработване по различните методи

От фиг. 9.3 следва още, че най-производителен е методът Пфаутер, защото при него процесът на рязане е непрекъснат. Методът Фелоу е по-малко производителен заради обратния (неработен) ход на инструмента. Най-малка производителност има при метода Мааг, защото освен наличието на обратен ход на инструмента е необходимо и периодично делене, тъй като броят на режещите зъби на инструмента е по-малък от броя на междузъбията на нарязваното зъбно колело.

• ЗЪБОФРЕЗОВИ МАШИНИ, РАБОТЕЩИ ПО МЕТОДА ПФАУТЕР

Зъбофрезните машини, работещи по метода Пфаутер са предназначени за нарязване на зъбите на цилиндрични зъбни колела с външни прави и винтови зъби и на червячни зъбни колела (фиг. 9.3).

Технологическите схеми на нарязване на зъбите при тези машини се характеризират със следното (фиг. 9.5):

- инструментът извършва главното движение на рязане V_c , което е въртливо и непрекъснато;
- заготовката извършва кръговото подавателно движение V_{f1} , което е съгласувано с главното движение V_c по такъв начин, че се възпроизвежда зацепване на червяк със зъбно колело; законът за това съгласуване се изразява чрез израза

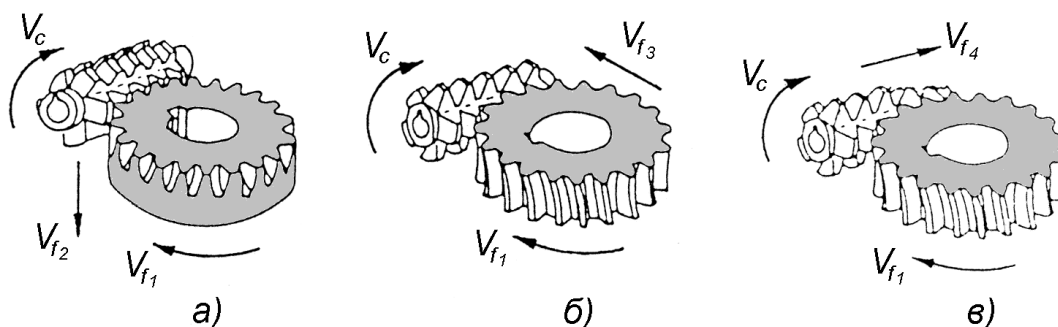
$$\frac{n_{\text{и}}}{n_3} = \frac{Z_3}{q_{\text{и}}}, \quad (9.1)$$

или записано по друг начин

$$\frac{1}{Z_3} \rightarrow \frac{1}{q_{\text{и}}}, \quad (9.2)$$

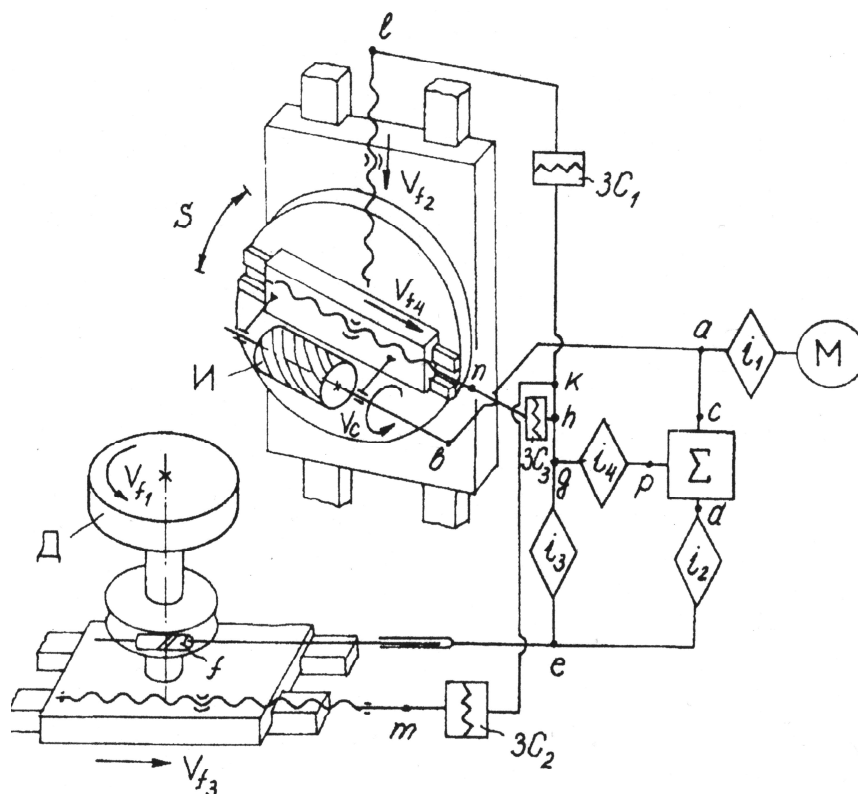
където Z_3 е броят на зъбите на нарязваното зъбно колело; $q_{\text{и}}$ – броят на ходовете на червяка на инструмента (знакът $\rightarrow$ се чете „съответства на“).

- налице е още едно движение, което при нарязване на зъбни колела с прави и винтови зъби е вертикално подавателно на инструмента (V_{f2}) (фиг. 9.5 а), а при нарязване на червячни колела може да бъде радиално подавателно на заготовката (V_{f3}) (фиг. 9.5 б) или осово (тангенциално) подавателно на инструмента (V_{f4}) (фиг. 9.5 в), който в този случай има специална форма (конусна част за постепенно врязване на зъбите).



Фиг. 9.5 Технологически схеми, осъществявани по метода Пфаутер

Структурната кинематична схема на зъбофрезови машини, работещи по метода Пфаутер, е показана на фиг. 9.6 [6].



Фиг. 9.6 Структурна кинематична схема на зъбофрезови машини, работещи по метода Пфаутер

Веригата за главното движение V_c започва от електродвигателя M , преминава през скоростната лира i_1 и завършва на вретеното с инструмента $И$. Тя може да се опише по следния начин

$M - i_1 - a - b - И$.

Входящото за веригата движение е равно по големина на честотата на въртене на електродвигателя n_M , а изходящото – на честотата на въртене на вретеното с инструмента $n_{И}$. От зависимостта

$$n_{И} = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D_{И}}, \text{ min}^{-1}, \quad (9.3)$$

където $D_{И}$ е външният диаметър на инструмента, mm, кинематичният баланс на тази верига е

$$n_{И} = n_M \cdot I_{i_1}, \text{ min}^{-1}, \quad (9.4)$$

където I_1 е предавателното отношение на постоянните предавки в тази верига.

Замествайки (9.3) в (9.4), се получава

$$i_1 = \frac{1000}{\pi} \cdot \frac{1}{n_M \cdot I_1} \cdot \frac{v_c}{D_{II}},$$

т.е. изразът за настройване на веригата на скоростната лира i_1 е:

$$i_1 = C_1 \frac{V_c}{D_{II}}. \quad (9.5)$$

В (9.5) C_1 е константата на веригата – число, в което са включени всички постоянни за кинематичната верига стойности: честотата на въртене на електродвигателя n_M , предавателното отношение на постоянните предавки I_1 (броят на зъбите на зъбните колела Z_i), както и числата 1000 и π . Константите на кинематичните вериги на всяка машина се дават в нейния паспорт.

Кръговото подавателно движение със скорост V_{fl} на заготовката също се получава от електродвигателя M и по съответна верига се довежда до масата със заготовката. При настройване на машината обаче се използва верига за обхождане, която съгласува въртеливите движения на инструмента и заготовката V_c и V_{fl} .

Веригата за обхождане може да се опише по следния начин

$$Д - f - e - i_2 - d - \Sigma - a - b - И.$$

Веригата се настройва чрез лирата i_2 при спазване на закона за съгласуване (9.2), т.е. входящото движение е с големина $1/Z_3$, а изходящото – $1/q_{II}$.

Уравнението на кинематичния баланс в тази верига е

$$\frac{1}{Z_3} = \frac{1}{q_{II}} \cdot I_2 i_2,$$

откъдето се получава изразът за предавателното отношение на лирата

$$i_2 = C_2 \frac{q_{II}}{Z_3}, \quad (9.6)$$

където C_2 е константата на веригата ($C_2 = 1/I_2$).

Тук диференциалният механизъм е блокиран и се разглежда като предавка с определено предавателно отношение $i_{\Sigma 1} = 1$.

Веригата за вертикалното подаване V_{f2} се използва при нарязване на цилиндрични зъбни колела с прави и винтови зъби. Както се вижда от технологическата схема, показана на фиг. 9.5 а, тук няма необходимост от гледна точка на формообразуването да бъде съгласувано това движение с някое от другите движения. От технологична гледна точка обаче е уместно вертикалното подавателно движение V_{f2} да бъде съгласувано с кръговото подавателно движение V_{f1} на заготовката така че, докато тя се завърти на един оборот, инструментът да се премести на разстояние $S_{\text{верт}}$, mm/tr, т.е.

$$1\text{об. заг.} \rightarrow S_{\text{верт}}. \quad (9.7)$$

Ето защо веригата за вертикалното подавателно движение V_{f2} може да се опише по следния начин

$$Д - f - e - i_3 - g - h - k - 3C_1 - l - И.$$

Уравнението на кинематичния баланс в тази верига е

$$S_{\text{верт.}} = 1_{\text{об.з.}} I_3 \cdot i_3 \cdot P_v,$$

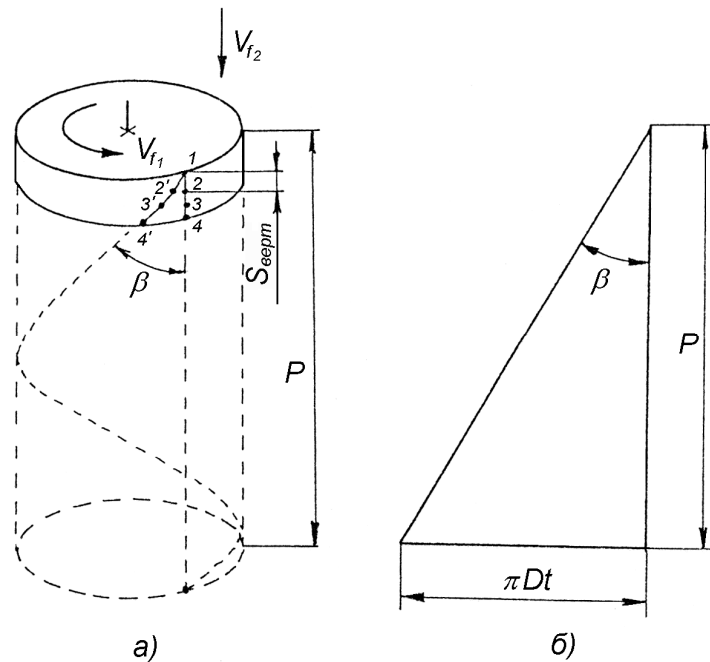
където P_v е стъпката на винта за вертикално преместване на супорта.

Тази верига се настройва чрез лирата i_3 по израза

$$i_3 = C'_3 S_{\text{верт.}}, \quad (9.8)$$

където C'_3 е константата на веригата ($C'_3 = 1/I_3 \cdot P_v$).

При нарязване на винтови зъби с ъгъл на наклона β се налага подавателните движения V_{f1} и V_{f2} да бъдат съгласувани по друг начин. Така например, когато се нарязват прави зъби, инструментът, разглеждан като материална точка, ще заема за всеки оборот на заготовката положения, описващи траекторията $\overline{1-2-3-4.....}$ (фиг. 9.7 а), като разстоянието между всеки две точки е $S_{\text{верт}}$. При нарязване на винтови зъби положенията на инструмента за всеки оборот на заготовката трябва да описват траекторията $1'-2'-3'-4'.....$. За да се получи тази траектория, трябва към основното завъртане на заготовката да се добави (със съответен знак) едно допълнително завъртане, което за всеки оборот се изразява количествено с дъгата $2 - 2'$. Това допълнително завъртане се получава от диференциалната верига, която има същите крайни звена, както веригата за вертикалното подаване.



Фиг. 9.7 Нарязване на винтови зъби по метода Пфаутер

Според структурната кинематична схема (фиг. 9.6) диференциалната верига може да се опише по следния начин

$$Д - f - e - i_2 - d - \Sigma - p - i_4 - g - h - k - 3C_1 - l - И.$$

Както се вижда от фиг.9.7 б движенията V_{f1} и V_{f2} се съгласуват чрез диференциалната верига така: за един оборот на заготовката инструментът трябва да се премести вертикално на разстояние P , където P е стъпката на винтовата линия на зъбите.

Тази стъпка може да се определи от фиг.9.7 б чрез зависимостта

$$P = \frac{\pi \cdot D_t}{\tan \beta} = \frac{\pi \cdot m_t \cdot Z_3}{\tan \beta} = \frac{\pi \cdot m_n \cdot Z_3}{\sin \beta}, \quad (9.9)$$

където m_t и m_n са съответно челен и нормален модул на нарязваното зъбно колело.

За да се осъществи това преместване двигателният винт на супорта трябва да се завърти на P/P_v оборота за един оборот на заготовката, откъдето уравнението на кинематичния баланс на веригата е

$$\frac{P}{P_v} \cdot I_4 \cdot i_4 = 1_{об.з.},$$

Откъдето, отчитайки (9.9), за лирата i_4 се получава

$$i_4 = \frac{P_b \sin \beta}{I_4 \pi \cdot m_n \cdot Z_3} \cdot \quad (9.10)$$

Изразявайки Z_3 от (9.6) и замествайки в (9.10) за лирата i_4 , с която се настройва диференциалната верига, се получава изразът

$$i_4 = C_4 \frac{\sin \beta}{m_n \cdot q_n}, \quad (9.11)$$

където q_n е броят на ходовете на червячната модулна фреза.

Константата на веригата C_4 се определя с изрази

$$C_4 = \frac{P_b \cdot i_2}{I_4 \pi \cdot C_2}$$

В този случай диференциалният механизъм играе ролята на сумиращ механизъм с определено предавателно отношение i_2 , което влиза в константата на веригата.

Веригата за радиалното подавателно движение V_{f3} се използва при нарязване на червячни зъбни колела по схемата от фиг. 9.5 б. И тук по технологични съображения (аналогично на вертикалното подавателно движение V_{f2}) масата със заготовката трябва да се движи съгласувано с кръговото подавателно движение V_{f1} . Веригата за радиалното подавателно движение се описва по следния начин

$$Д - f - e - i_3 - g - h - k - 3C_2 - m - Д.$$

Входящото движение в тази верига е един оборот на заготовката, а изходящото - $S_{рад}$ преместване на масата със заготовката. Веригата се настройва чрез лирата i_3 по изрази

$$i_3 = C_3'' S_{рад}. \quad (9.12)$$

След като инструментът се вреже на пълната дълбочина (височината на зъба) в материала на заготовката, радиалното подавателно движение V_{f3} се прекъсва и оттук до края на обработването заготовката трябва да извърши най-малко един оборот. Прекъсването на движението V_{f3} може да се извърши чрез зъбния съединител $3C_2$ или чрез специален механизъм, наречен падащ червяк.

Веригата за осовото подавателно движение V_{f4} се използва при нарязване на червячни колела по схемата от фиг. 9.5в. По същите

технологични съображения е уместно осовото подавателно движение V_{f4} , което се извършва от инструмента, да се съгласува с кръговото подавателно движение V_{f1} на заготовката. Така веригата може да се опише по следния начин

$$Д - f - e - i_3 - g - h - 3C_3 - n - И.$$

Входящото движение в тази верига е един оборот на заготовката, а изходящото – $S_{oc}, \text{mm/tr}$ преместване на инструмента. Веригата се настройва чрез лирата i_3 по израз

$$i_3 = C_3''' S_{oc}. \quad (9.13)$$

При осовото подаване на инструмента трябва да се използва и диференциалната верига за допълнително съгласуване на движенията V_{f1} и V_{f4} .

При настройване на машините, работещи по метода Пфаутер, вретеното с инструмента трябва да се завърти на ъгъл ε спрямо хоризонталната равнина. Този ъгъл се определя от израз

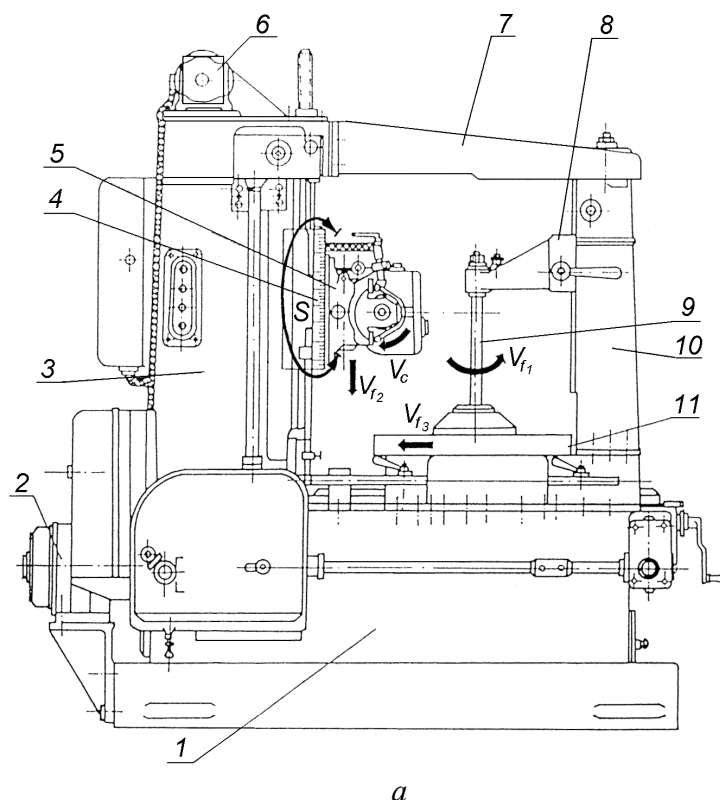
$$\varepsilon = \alpha \pm \beta, \quad (9.14)$$

където α е ъгълът на подема на винтовата линия на инструмента. При нарязване на червячни колела $\varepsilon = 0$. Настройването на ъгъл ε става чрез установъчно завъртане S на фрезовия супорт (фиг. 9.6).

Общ вид на зъбофрезова машина, модел 532 е показан на фиг. 9.8 [8]. Заготовките, една или няколко, се установяват на дорника 9, който за по-голяма стабилност е закрепен в горния си край в опората 8. Установъчното завъртане S на фрезовия супорт се отчита по кръговата скала 4.

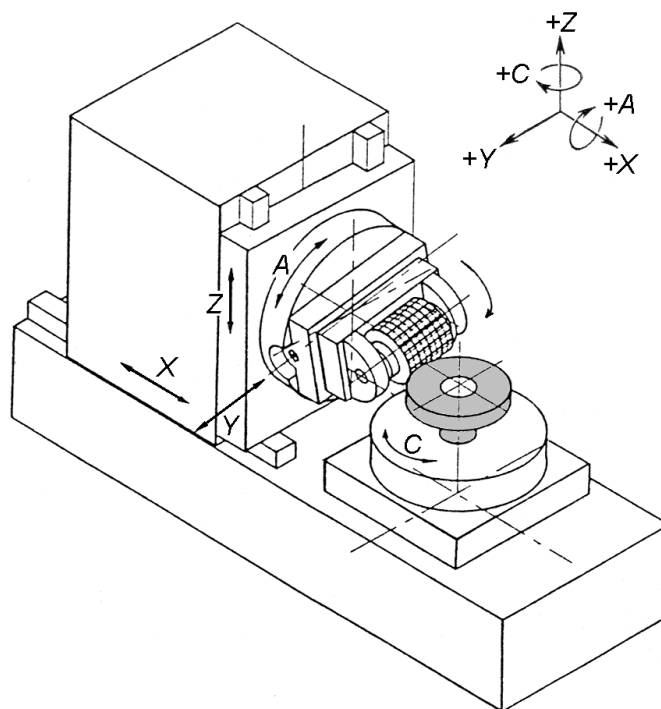
Модерните зъбофрезови машини се изграждат със системи за ЦПУ. Те имат опростени кинематични вериги, включващи електродвигатели с безстепенно регулиране на честотите на въртене, механизми за пренасяне на движението (съединители, зъбно-ремъчни предавки и др.) и механизми за трансформиране на въртеливото движение в праволинейно, работещи без хлабина.

Освен това много от съвременните зъбофрезови машини с ЦПУ притежават и устройства за автоматична смяна на заготовките (автооператори, промишлени роботи), с които се създават условия за вграждането им в автоматични линии с гъвкава програма (ГАЛ). Освен висока производителност ГАЛ притежават гъвкавост, което им позволява с малки разходи на време, труд и средства да се пренастроят за обработване на други зъбни колела.

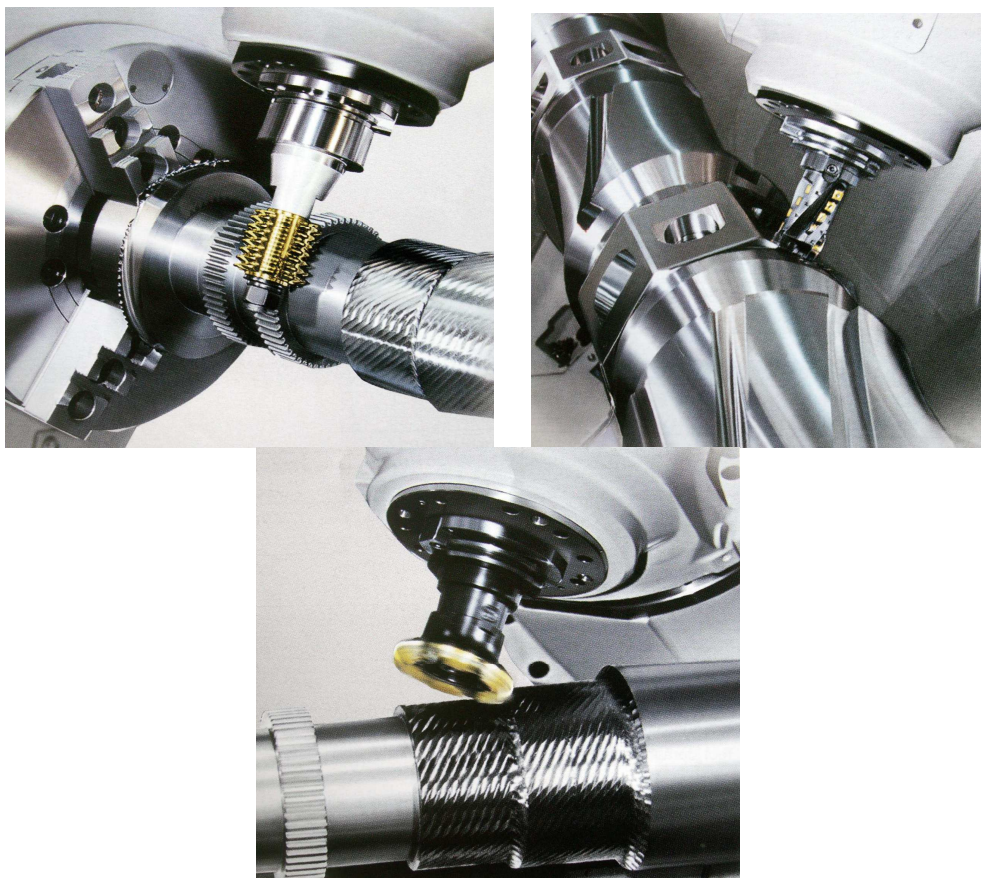


Фиг. 9.8 Общ вид на зъбофрезова машина,
работеща по метода Пфаутер, модел 532 (а) и P2B1 (б)
(1 – тяло; 2 – главен електродвигател; 3 – стойка; 4 – кръгова скала; 5 – супорт;
6 – електродвигател за бърз ход; 7 – гредя; 8 – опора 9 – дорник за заготовката;
10 – задна стойка; 11 – маса)

На фиг. 9.9 е показано работното пространство на зъбофрезова машина с CNC-система за управление, поддържаща от 3 до 12 управлявани оси (оста C и въртеливото движение на инструмента осигуряват синхронизация на кръговите движения на инструмента и заготовката; ос A служи за установъчно движение, определено от ъгъла на наклона на зъбите и ъгъла на подема на винтовата линия на червячната фреза; по ос Z се извършва подаване по височината на зъба; по ос X се извършва радиално врязване; ос Y позволява и тангенциално врязване) [3]. Големият брой управлявани оси позволява обработване на зъбни колела с прави, винтови и модифицирани зъби. Може да се използва радиално и тангенциално врязване. Задаването на необходимите данни за обработването става в диалогов режим с два прехода - груб и чист (задават се модулът и броят на зъбите на колелото, броят на ходовете на червячната фреза, ъгълът и посоката на наклона на зъбите на колелото, ъгълът на подема на червяка, режимите на рязане при грубо и чисто фрезование и необходимите координати на преместванията в равнината XZ , показани на фиг. 9.9).



Фиг. 9.9 Работно пространство на зъбофрезова машина с ЦПУ



Фиг. 9.10 Зъбофрезване, ъглово спираловидно пробиване и фрезване на външна повърхнина на стругов обработващ център Mazak INTEGREX e – 410 - H II

Зъбообработващите машини с ЦПУ поради тяхната гъвкавост са най-удачни за прилагане в условията на дребносериенно производство. Една от насоките за усъвършенстване на тези машини е разширяване на технологическите им възможности чрез превръщането им в многофункционални машини за изработване на зъбни колела (тип обработващи центри), т.е. на тях освен зъбонарязване да могат да се изпълняват и други обработки.

На фиг. 9.10 е показана схема на операция, изпълнявана на стругов обработващ център INTEGREX e – H SII на фирмата Mazak [3], на който освен зъбофрезозване могат да се извършват и други обработки (фрезозване, струговане и др.).

•ЗЪБОДЪЛБАЧНИ МАШИНИ, РАБОТЕЩИ ПО МЕТОДА ФЕЛОУ

Зъбодълбачните машини, работещи по метода Фелоу, са предназначени за нарязване на цилиндрични зъбни колела с външни и вътрешни, прави и винтови (включително и стреловидни) зъби (фиг. 9.3).

Технологическите схеми на нарязване на зъбите при тези машини се характеризират със следните работни движения (фиг. 9.11):

- главно движение на рязане V_c , - праволинейно възвратно-постъпателно, което се извършва от инструмента;
- кръгово подавателно движение на инструмента V_{f1} ;
- кръгово подавателно движение на заготовката V_{f2} , което е съгласувано с кръговото подавателно движение на инструмента V_{f1} по такъв начин, че се възпроизвежда зацепване на две зъбни колела; законът за това съгласуване се изразява чрез израза

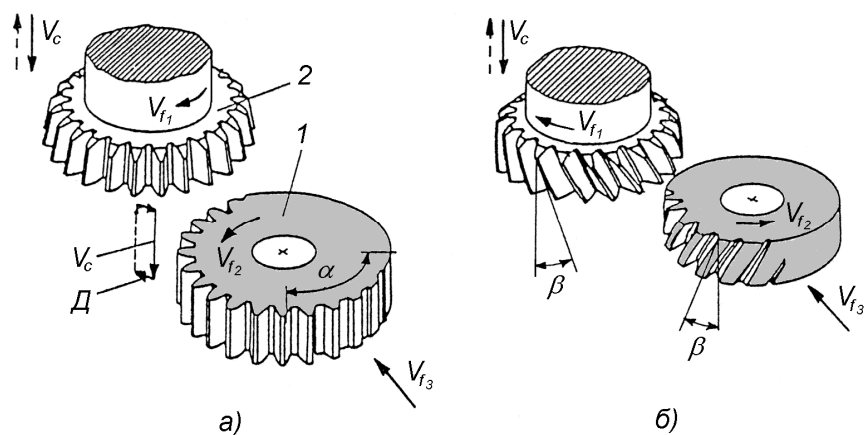
$$\frac{n_{\text{и}}}{n_{\text{з}}} = \frac{Z_{\text{з}}}{Z_{\text{и}}}, \quad (9.15)$$

или още

$$\frac{1}{Z_{\text{з}}} \rightarrow \frac{1}{Z_{\text{и}}}, \quad (9.16)$$

където $Z_{\text{з}}$ и $Z_{\text{и}}$ е съответно броят на зъбите на нарязваното зъбно колело и на инструмента;

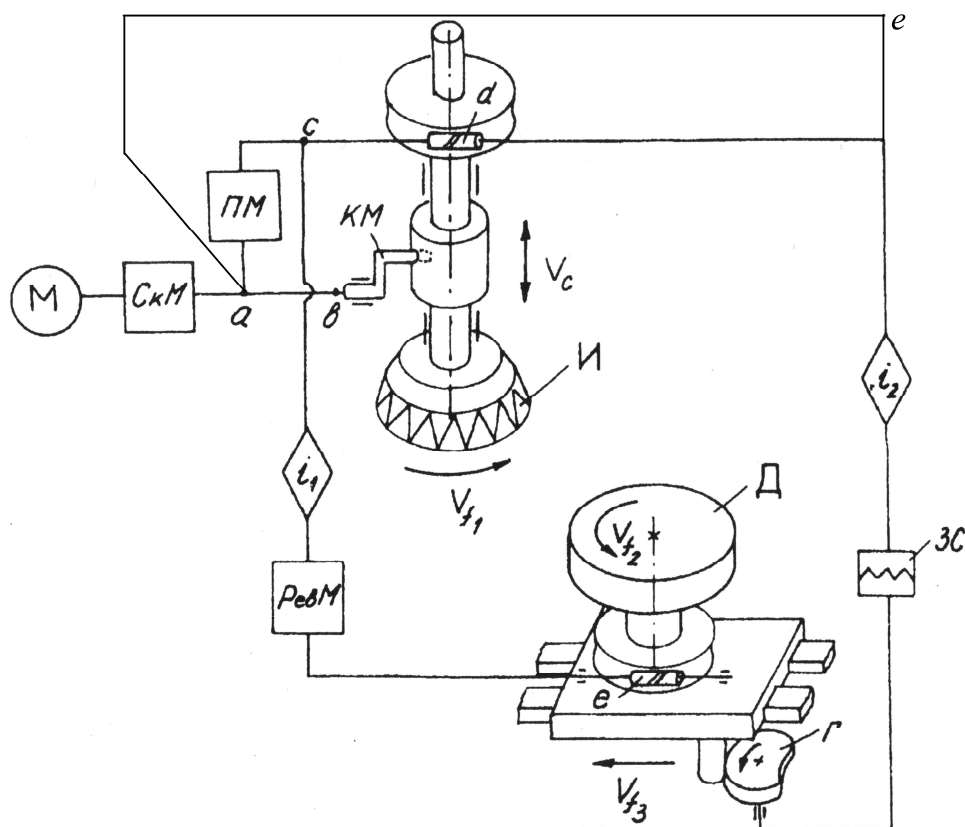
- радиално подавателно движение V_{f3} за постепенно врязване на инструмента в материала на заготовката за ъгъл на завъртане α на заготовката.



Фиг. 9.11 Технологически схеми при нарязване на външни прави (а) и винтови (б) зъби по метода Фелоу

За да се избегне триене по задната повърхнина на зъбите на инструмента и заготовката през време на обратния ход, се извършва отцепващо движение Д.

Описаните движения са необходими при нарязване на цилиндрични зъбни колела с прави зъби.



Фиг. 9.12 Структурна кинематична схема при зъбодълбачните машини, работещи по метода Фелоу

При цилиндрични зъбни колела с винтови (фиг. 9.11б) и стреловидни зъби зъбодълбачното колело извършва допълнително и завъртащо движение, което е съгласувано с главното движение.

Структурната кинематична схема на зъбодълбачните машини, работещи по метода Фелоу, е показана на фиг. 9.12 [6].

Веригата за главното движение със скорост V_c започва от електродвигателя М и завършва при кривошипния механизъм КМ, който трансформира въртеливото движение в праволинейно на инструмента И. Тази верига може да се опише по следния начин

$$M - C_{KM} - a - b - KM - И.$$

Входящото за веригата движение е равно по големина на честотата на въртене на електродвигателя n_M , а изходящото – на честотата на двойните ходове на инструмента $n_{И}$.

Настройването на скоростта на главното движение става чрез възела за настройване - скоростния механизъм (C_{KM}), като уравнението на кинематичния баланс на тази верига е

$$n_{И} = n_M \cdot I_1 \cdot i_{C_{KM}}, \quad (9.17)$$

където I_1 е предавателното отношение на постоянните предавки във веригата; $i_{C_{KM}}$ - предавателното отношение за настройване на скоростта V_c на главното движение.

От зависимостта

$$n_{И} = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot L}, \text{ min}^{-1}, \quad (9.18)$$

където L е дължината на хода на инструмента, mm, след заместване в (9.17) и преобразуване се получава изразът за настройване на скоростния механизъм C_{KM} :

$$i_{C_{KM}} = C_1 \frac{V_c}{L}, \quad (9.19)$$

където C_1 е константа на веригата ($C_1 = 1000 / (2 \cdot I_1 \cdot n_M)$) – число, в което са включени всички постоянни за кинематичната верига стойности (дава се в паспорта на машината).

Големината на L се регулира чрез промяна на радиуса на кривошипния (коляно-мотовилковия) механизъм КМ.

Кръговото подавателно движение на инструмента със скорост V_{f1} също се получава от електродвигателя М и по подавателната верига,

получаваща движение от скоростния механизъм С_{кМ}, се довежда до червячната предавка d, която го предава на инструмента И. Това е веригата

$$M - C_{кМ} - a - ПМ - c - d - И,$$

която се явява външна, т.е., по която се получава кръговото подавателно движение.

От технологични съображения е уместно това движение да бъде изразено чрез дължината на дъгата $S_{кр}$ от делителните окръжности на инструмента и заготовката, по която те се отъркават за времето на един двоен ход на инструмента (1 дв. х.и.). В такъв случай веригата трябва да съгласува главното движение на рязане V_c и кръговото подавателно движение на инструмента V_{fi} по условието

$$1 \text{ дв. х.и.} \rightarrow S_{кр}, \quad (9.20)$$

където големината на входящото движение е 1 дв.х. на инструмента, а изходящото - $S_{кр}$, mm.

Следователно веригата за кръговото подаване може да се опише по следния начин

$$И - КМ - b - a - ПМ - c - d - И.$$

Настройването на веригата за вътрешна връзка (входящото и изходящото движение са на инструмента) става чрез подавателния механизъм ПМ (при някои модели зъбодълбачни машини се използва лира).

Уравнението на кинематичния баланс (съответстващо на условие (9.20)) е

$$\frac{S_{кр,и}}{\pi \cdot m \cdot Z_{и}} = 1_{дв.х.} \cdot I_2 \cdot i_{пм}, \quad (9.21)$$

където m е модулът на нарязваното зъбно колело (съответно на инструмента), mm; $Z_{и}$ – броят на зъбите на зъбодълбачното колело; I_2 – предавателно отношение на постоянните предавки във веригата.

След преобразуване на (9.21) се получава изразът за настройване на ПМ

$$i_{пм} = C_2 \frac{S_{кр,и}}{(m \cdot Z)_{и}}, \quad (9.22)$$

където C_2 е константа на веригата ($C_2 = 1/\pi \cdot I_2$).

Кръговото подавателно (делително) движение на заготовката със скорост V_{f2} също се получава от верига, започваща от електродвигателя М и завършваща на масата със заготовката. Тъй като това движение трябва да бъде съгласувано с кръговото подавателно движение на инструмента V_{f1} , се оформя верига за обхождане, описана по следния начин

$$\text{И} - d - c - i_1 - \text{РевМ} - e - \text{Д}.$$

Както следва от (9.16), входящото движение в тази верига има големина $1/Z_{\text{и}}$, а изходящото – $1/Z_3$.

Уравнението на кинематичния баланс на тази верига е

$$\frac{1}{Z_3} = \frac{1}{Z_{\text{и}}} \cdot I_3 \cdot i_1, \quad (9.23)$$

където I_3 е предавателното отношение на постоянните предавки във веригата, откъдето изразът за настройване на лирата i_1 е

$$i_1 = \frac{Z_{\text{и}}}{Z_3 I_3},$$

или

$$i_1 = C_3 \frac{Z_{\text{и}}}{Z_3}, \quad (9.24)$$

където C_3 е константа на веригата.

Реверсивният механизъм РевМ се използва за смяна на посоката на въртене на заготовката при една и съща посока на въртене на инструмента и се включва в съответно положение в зависимост от това дали се нарязват външни или вътрешни зъби. За осъществяване на отъркалването при нарязване на външни зъби посоките на въртене на инструмента и заготовката са противоположни, а при вътрешни зъби те са еднопосочни.

Радиалното подавателно движение за врязване със скорост V_{f3} , което може да се извърши както от инструмента, така и от заготовката, не е необходимо от гледна точка на формообразуването да бъде съгласувано с някое от другите движения. От технологична гледна точка обаче е целесъобразно то да бъде изразено чрез големината на преместването $S_{\text{рад}}$ на заготовката (или инструмента) за един двоен ход на инструмента. Радиалното подавателно движение може да бъде изразено и чрез кръговите движения на инструмента и заготовката.

За структурната схема на зъбодълбачната машина от фиг. 9.12 веригата за радиалното подавателно движение за връзване може да се опише по следния начин

$$\text{И} - \text{КМ} - \text{b} - \text{a} - \text{e} - i_2 - \text{ЗС} - \Gamma - \text{Д}.$$

Входящото движение има големина 1 дв.х. на инструмента, а изходящото $S_{\text{рад}}$ т.е.

$$1 \text{ дв. х.и.} \rightarrow S_{\text{рад}}. \quad (9.25)$$

Уравнението на кинематичния баланс на веригата е

$$S_{\text{рад}} = 1_{\text{дв.х.}} \cdot I_4 \cdot h \cdot i_2, \quad (9.26)$$

където I_4 е предавателно отношение на постоянните предавки във веригата; h – стъпка на архимедовата спирала на гърбицата (предварително известна).

Тази верига се настройва чрез лирата i_2 по израза

$$i_2 = C_4 S_{\text{рад}}. \quad (9.27)$$

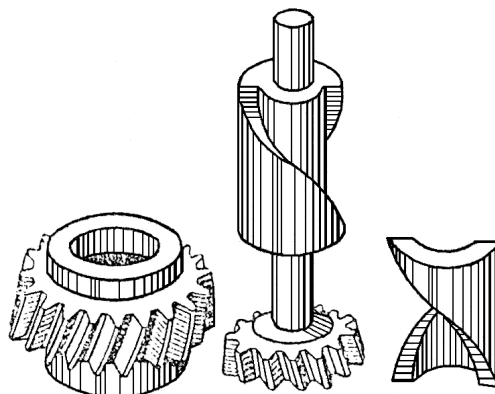
След като инструментът се вреже на зададената дълбочина в материала на заготовката радиалното движение $V_{\text{р}}$ се прекъсва и оттук до края на обработването заготовката трябва да извърши най-малко един оборот. Прекъсването на радиалното подавателно движение $V_{\text{р}}$ става обикновено чрез зъбния съединител ЗС.

Обработването на зъбите на заготовката може да се извърши на един, два или три работни хода. За целта се използва комплект от сменяеми гърбици.

При нарязване на цилиндрични зъбни колела с винтови зъби (фиг. 9.11 б) зъбите на инструмента трябва да са наклонени под същия ъгъл β , а траекторията на главното движение на рязане V_c трябва да бъде по винтова линия. Това се постига чрез винтови направляващи (гърбици) (фиг. 9.13), които заедно с праволинейно-възвратното движение на инструмента му предават съгласувано въртеливо-възвратно движение. Едната винтова направляваща гърбица се закрепва към зъбодълбачното вретено (вала на инструмента), а другата е закрепена в отвора на червячното колело, предаващо кръговото движение на инструмента.

Недостатъци на тази схема са: машината трябва да бъде комплектована с гърбици и зъбодълбачни колела за всеки ъгъл на наклона β , което практически е невъзможно; настройването на машините е

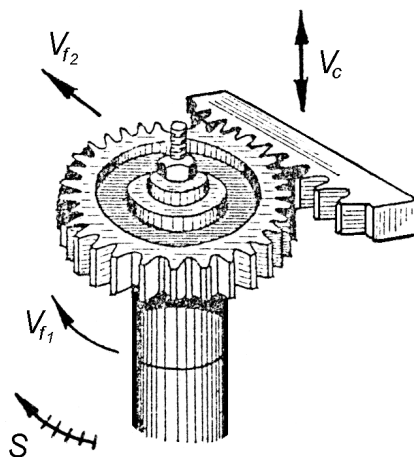
трудоемко. Поради тези причини този начин за нарязване на зъбни колела с винтови зъби се използва твърде ограничено.



Фиг. 9.13 Направляващи за нарязване на винтови зъби по метода Фелоу

•ЗЪБОСТЪРГАТЕЛНИ МАШИНИ, РАБОТЕЩИ ПО МЕТОДА МААГ

Зъбостъргателните машини, работещи по метода Мааг, са предназначени за нарязване на зъбите на цилиндрични зъбни колела с външни прави и винтови зъби (фиг. 9.3).



Фиг. 9.14 Технологическа схема при нарязване на зъбни колела по метода Мааг

Технологическите схеми на нарязване на зъбите при тези машини се характеризират със следните работни движения (фиг. 9.14):

- главно движение на рязане V_c , – праволинейно възвратно-постъпателно, което се извършва от инструмента – зъбодълбачен гребен;
- заготовката извършва две работни движения – кръгово подавателно V_{f1} и надлъжно (по оста на инструмента) подавателно V_{f2} ,

които са съгласувани по такъв начин, че се възпроизвежда отъркаване на зъбно колело около неподвижен зъбен гребен.

Законът за съгласуване на движенията гласи: докато нарязваното зъбно колело се завърти (V_{f1}) на един оборот, масата на машината трябва да се премести (V_{f2}) на разстояние, равно на дължината на делителната окръжност $\pi.(m.Z)_3$

$$1 \text{ об.з.} \rightarrow \pi (m.Z)_{3,}, \quad (9.28)$$

или докато зъбното колело се завърти на един зъб ($1/Z_3$), масата трябва да се премести на една стъпка (πm).

$$\frac{1}{Z_3} \rightarrow \pi.m_3. \quad (9.29)$$

Броят на зъбите на инструмента е ограничен (при всички случаи е по-малък от броя на междузъбията на заготовката), затова технологическата схема изисква още едно движение S_1 , което е установъчно (делително). След като се обработят няколко междузъбия, от които $1 \div 2$ изцяло, а останалите само частично, движенията V_{f1} и V_{f2} се реверсират, заготовката се изтегля в изходна позиция, завърта се (S_1) на $1 \div 2$ зъба и обработването продължава при многократна повтораемост на този цикъл. Системата за управление при тези машини е устроена така, че позволява автоматична повтораемост на този цикъл.

Предимствата на машините, работещи по метода Мааг, спрямо тези, работещи по методите Пфаутер и Фелоу са:

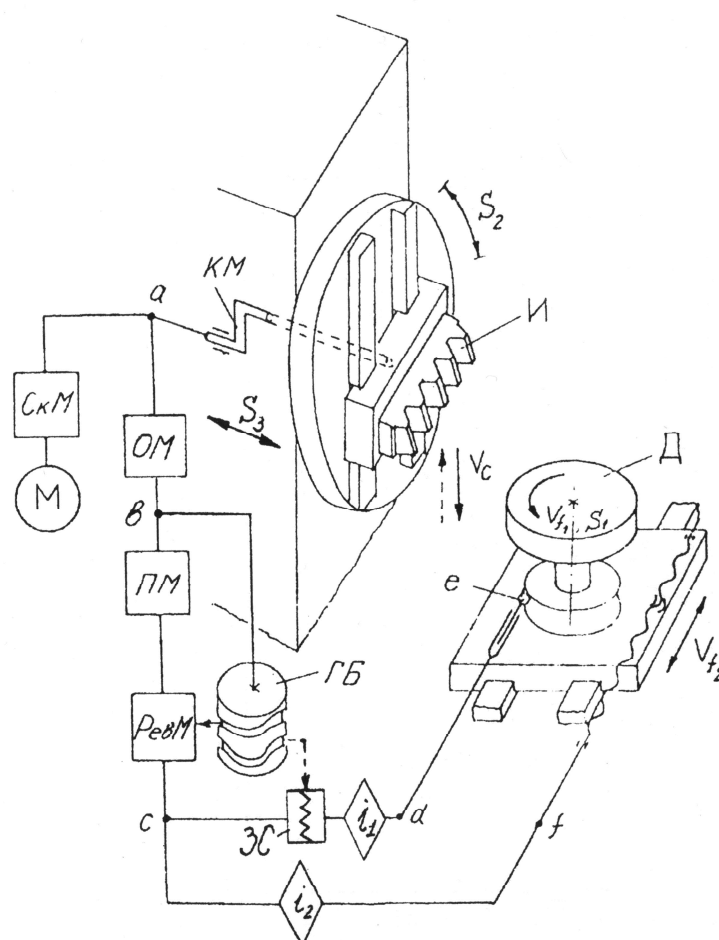
- инструментът има много проста конструкция и технология за изработване (режещите му ръбове са праволинейни, което дава възможност да се изработят с голяма точност);
- обработваните зъби се получават с голяма точност (6-7 степен на точност) и малка грапавост (обяснява се с голямата точност на инструмента, която се запазва при презаточването му, а също и с възможността за увеличаване на броя на двойните ходове на инструмента за обработване на един зъб на колелото, т.к. центроидните движения не са свързани с главното движение на рязане);
- еволвентният профил на зъбите се получава като обвиваща крива при търкалянето на делителната права на гребена по делителната окръжност на колелото, което е математическата дефиниция за еволвента;

- могат да се обработват блок зъбни колела с близко разположени зъбни венци, което е невъзможно при обработване с червячните фрези;
- могат да се нарязват зъбни колела с големи модули ($m \leq 60 \text{ mm}$).

Недостатъците на метода се състоят в това, че машините имат сложна конструкция и нарязването е съпроводено с ударно натоварване на инструмента и с много празни ходове.

Структурната кинематична схема на зъбостъргателните машини, работещи по метода Мааг, е показана на фиг. 9.15 [6].

Характерно за машините, работещи по метода Мааг, е че, в момента на рязане масата на машината е неподвижна, което разтоварва механизма за обхождане и повишава точността на обработването. Това означава, че центроидните работни движения V_{f1} и V_{f2} се извършват периодично. Когато инструментът извършва работния ход (главното движение на рязане), центроидните движения се преустановяват, а след обратния ход, когато инструментът се намира в горно положение, се възстановяват. Поради това в концепцията на тези машини се съдържа отцепващ механизъм (ОМ), който реализира тези функции.



Фиг. 9.15 Структурна кинематична схема на зъбостъргателни машини, работещи по метода Мааг

Веригата за главното движение със скорост V_c започва от електродвигателя М и завършва при коляно-мотовилковия механизъм КМ, който трансформира въртеливото движение в праволинейно на инструмента И. Тази верига може да се опише по следния начин

$$М - С_{кМ} - а - КМ - И.$$

Входящото за веригата движение е равно по големина на честотата на въртене на електродвигателя n_M , а изходящото – на честотата на двойните ходове на инструмента n_I . От зависимостта

$$n_I = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot L}, \text{ min}^{-1}, \quad (9.30)$$

където V_c е скорост на рязане, mm/min; L - дължината на хода на инструмента, mm, се получава изразът за настройване на скоростния механизъм $С_{кМ}$:

$$i_{СкМ} = \frac{n_I}{n_M} = \frac{10^3 V_c}{2 \cdot n_M L},$$

или

$$i_{СкМ} = C_1 \frac{V_c}{L}. \quad (9.31)$$

където $C_1 = 10^3 / 2 \cdot n_M = \text{const.}$

Големината на хода L се регулира чрез промяна на радиуса на коляното на коляно-мотовилковия механизъм КМ.

Кръговото подавателно движение на заготовката със скорост V_{fl} се получава от електродвигателя М и по съответна верига се довежда до червячната предавка e , която го предава на масата със заготовката Д. И тук от технологични съображения е уместно това движение да бъде изразено чрез дължината на дъгата $S_{кр}$ от делителната окръжност на заготовката, по която се отъркалва около инструмента за времето на един двоен ход. В този случай веригата трябва да съгласува главното движение на рязане V_c и кръговото подавателно движение V_{fl} на заготовката по закона

$$1 \text{ дв.х.и.} \rightarrow S_{кр}. \quad (9.32)$$

Веригата за кръговото подаване може да се опише по следния начин

И – КМ – а – ОМ – b – ПМ – РевМ – с – ЗС – i_1 – d – e – Д.

Настройването на веригата става чрез лирата i_1 .

Уравнението на кинематичния баланс, съответстващо на условие (9.32), е

$$\frac{S_{\text{кр.3}}}{\pi \cdot m \cdot Z_3} = 1_{\text{дв.х.}} \cdot I_2 \cdot i_1, \quad (9.33)$$

където m е модулът на нарязваното зъбно колело, mm; Z_3 - броят на зъбите на нарязваното зъбно колело; I_2 – предавателното отношение на постоянните предавки във веригата.

След преобразуване на (9.33) се получава изразът за настройване на веригата

$$i_1 = C_2 \frac{S_{\text{кр.3}}}{(m \cdot Z)_3}. \quad (9.34)$$

където $C_2 = 1/\pi \cdot I_2 = \text{const.}$

Надлъжното подавателно движение на заготовката със скорост V_{f2} също се получава от верига, започваща от електродвигателя М и завършваща на винта f . Тъй като това движение трябва да бъде съгласувано с кръгово движение със скорост V_{f1} на заготовката, то се оформя верига за отъркаване, описана по следния начин

Д – e – d – i_1 – ЗС – с – i_2 – f – Д.

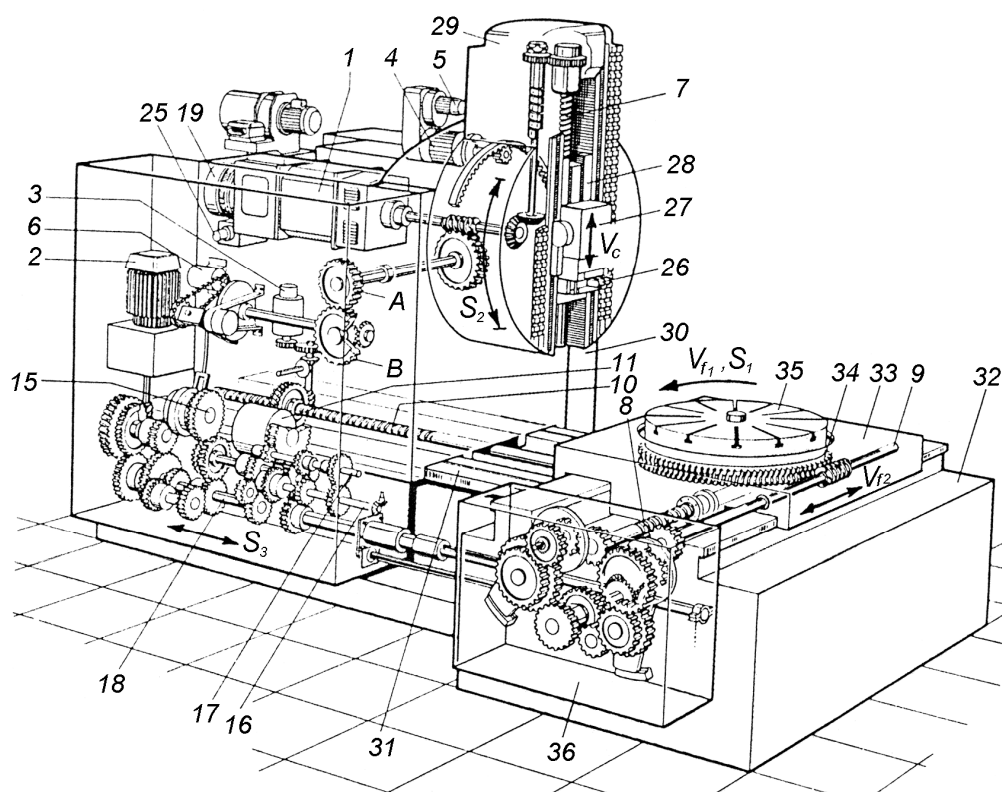
Както следва от (9.29), входящото движение в тази верига има големина $1/Z_3$, а изходящото – $\pi \cdot m_3$.

От уравнението за кинематичния баланс веригата за обхождане се настройва с лирата i_2 по изрази

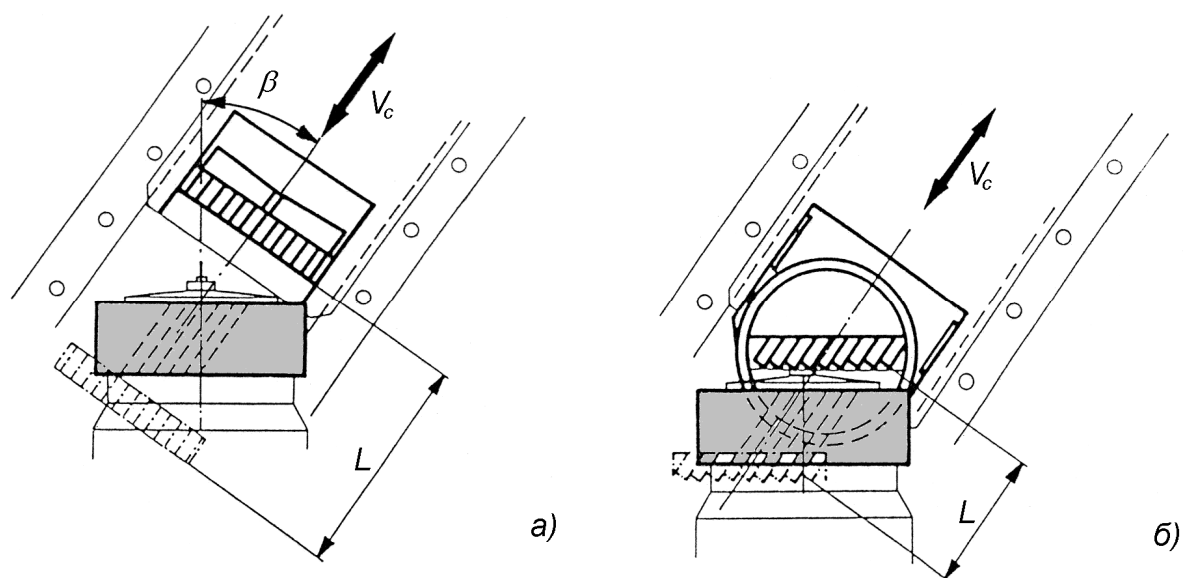
$$i_2 = C_3 \frac{m_3}{Z_3}, \quad (9.35)$$

където C_3 е константа на веригата – число, в което са включени всички постоянни за кинематичната верига стойности.

Автоматизираният цикъл на работа се постига чрез гърбичния барабан ГБ, който чрез лостова система превключва реверсивния механизъм РевМ и зъбния съединител ЗС.



Фиг. 9.16 Кинематична схема на зъбостъргателна машина, модел SH-250/300S (1 – главен електродвигател; 2 – електродвигател за кръговото подавателно движение V_{f1} и установъчното движение S_1 ; 4 – електродвигател за установъчното движение S_2 ; 6 – датчик за път; 7 – двигателен винт за главното движение V_c ; 10 – двигателен винт за установъчното завъртане S_3 ; 26 – инструмент; 27 – плъзгач; 32 – основа; 33 – напречна шейна; 35 – въртяща маса; А – В – сменни зъбни колела)



Фиг. 9.17 Схема на нарязване на винтови зъби по метода Мааг

На фиг. 9.16 е показана пространствена кинематична схема на зъбостъргателна машина, модел SH-250/300S, произведена от фирмата Мааг [6]. Това е една съвременна конструкция, при която главно движение на рязане V_c се получава от постояннотоковия електродвигател 1 с безстепенно регулиране на скоростта, а механизмът за трансформиране на въртеливото движение в праволинейно е винтовата предавка 7. Реверсирането на главното движение се извършва от електродвигателя 1.

При нарязване на винтови зъби плъзгачът с инструментите се завърта на ъгъл β чрез установъчното движение S_2 (фиг. 9.15, фиг. 9.16) [6]. Тази схема може да се осъществи с два инструмента – зъбодълбачен гребен с прави зъби (фиг. 9.17 а) и с наклонени зъби (фиг. 9.17 б). Както се вижда, във втория случай (фиг. 9.17 б) дължината на хода L е по-малка, което води до по-висока производителност на обработването, но изисква инструмент с определен ъгъл β на наклона на зъбите.

9.3. МАШИНИ ЗА ШЛИФОВАНЕ НА ЗЪБИТЕ НА ЦИЛИНДРИЧНИ ЗЪБНИ КОЛЕЛА

• МЕТОДИ ЗА ШЛИФОВАНЕ НА ЗЪБИТЕ НА ЦИЛИНДРИЧНИ ЗЪБНИ КОЛЕЛА

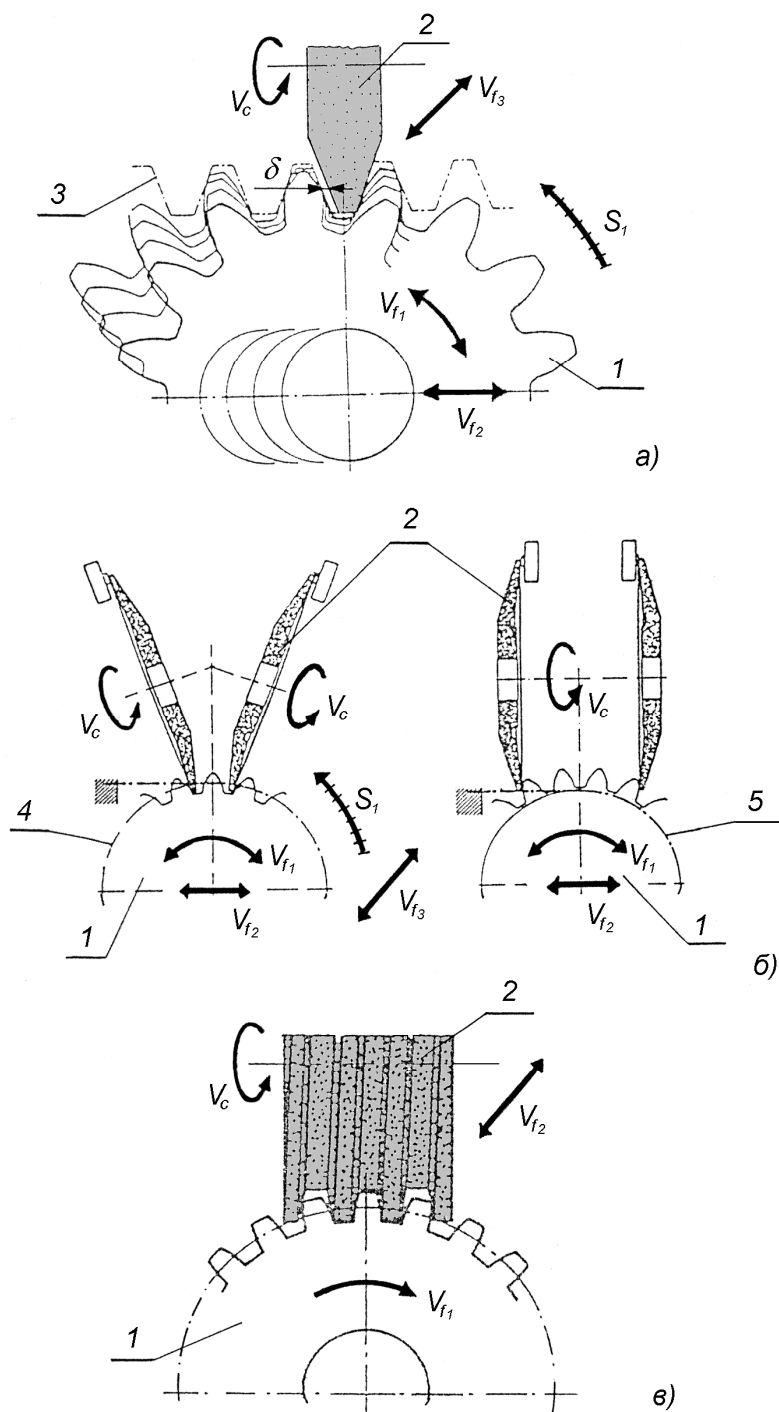
Зъбите на цилиндричните зъбни колела могат да се шлифуват чрез *копиране*, т.е. когато едната от произвеждащите линии (еволвентата) се получава като копие на профила на шлифовъчния диск. В този случай точността на обработването зависи до голяма степен от точността на профилиране на инструмента, което изисква специални заточващи устройства. Поради тази причина методът е намерил ограничено приложение в практиката.

По-широко приложение намира методът на *обхождане*, който се осъществява по различни схеми в зависимост от вида на шлифовъчния диск (фиг. 9.18):

1. *Метод Найлс* (фиг. 9.18а), при който инструментът 2 е шлифовъчен диск с трапецовиден профил, който извършва главното движение на рязане V_c и надлъжното подавателно движение V_{β} по дължината на зъбите. Заготовката 1 извършва две подавателни движения – кръгово V_{f1} и праволинейно V_{f2} , които са съгласувани по такъв начин, че се възпроизвежда отъркаване между зъбно колело и въображаем, неподвижен зъбен гребен 3. След шлифование на поредното междузъбие заготовката се завърта чрез установъчно (делително) движение S_1 за обработване на следващото междузъбие.

Работната част на инструмента 2 е по-тясна от зъба на въображаемия зъбния гребен 3, като разликата се явява в хлабината δ . При отъркаване в едната посока се шлифова само едната страна на междузъбието, а след

реверсиране на подавателните движения V_{f1} и V_{f2} хлабината се обира едностранно и дискът се премества за шлифване на другата страна на междузъбието.



Фиг. 9.18 Методи за шлифване на зъбите на цилиндрични зъбни колела чрез обхождане (1 – заготовка; 2 – инструмент; 3 – зъбен гребен; 4 – делителна окръжност; 5 – основна окръжност)

2. *Метод Мааг* (фиг. 9.18 б), при който инструментите 2 са два тарелчати шлифовъчни диска, които се установяват един спрямо друг така, че възпроизвеждат разнoименните страни на зъбите на един въображаем, неподвижен зъбен гребен. Главното движение на рязане V_c се извършва от инструментите 2. Заготовката 1 извършва две подавателни движения - кръгово V_{f1} и праволинейно V_{f2} , които са съгласувани по такъв начин, че се възпроизвежда отъркалване на зъбно колело около въображаем, неподвижен зъбен гребен. Особеното при този метод е това, че в зависимост от взаимното разположение на инструментите отъркалването може да стане по делителната окръжност 4 или по основната окръжност 5 (фиг. 9.18 б) на заготовката. Освен това са необходими още две движения:

- надлъжно подавателно V_{f3} по дължината на зъбите, което може да се извършва както от заготовката, така и от инструментите;
- делително (установъчно) S_1 за обработване на следващото междузъбие, което се извършва от заготовката.

3. *Метод Райсхауер* (фиг. 9.18 в), при който шлифовъчният диск 2 има формата на червяк и извършва главното движение на рязане V_c . Заготовката 1 извършва кръговото подавателно движение V_{f1} , което е съгласувано с главното движение V_c по такъв начин, че се възпроизвежда отъркалване между червяк и зъбно колело. Инструментът 2 извършва и подавателното движение V_{f2} по дължината на зъбите. Както се вижда, делително движение тук не е необходимо.

По отношение на производителността методът Райсхауер превъзхожда другите два, защото при него процесът е непрекъснат. Той обаче притежава някои експлоатационни недостатъци, като:

- шлифовъчният диск е със сложен профил и трябва да се презаточва периодично според модула на зъбното колело;
- високата периферна скорост на шлифване V_c и необходимостта от съгласуване на движенията V_c и V_{f1} налага въртене на заготовката с висока скорост, което отчасти може да се компенсира с по-голям диаметър на диска, но създава проблем по отношение на неговото балансиране.

Поради тези причини методът Райсхауер намира по-ограничено приложение, предимно при шлифване на зъбни колела с по-голям брой зъби.

• ЗЪБОШЛИФОВЪЧНИ МАШИНИ, РАБОТЕЩИ ПО МЕТОДА НАЙЛС

Зъбошлифовъчните машини, работещи по метода Найлс, трябва да осъществяват следните работни движения (фиг. 9.18 а):

- главното движение на рязане V_c , което се извършва от инструмента 2;
- кръговото подавателно движение V_{f1} , което се извършва от заготовката 1;

- праволинейно подавателно движение V_{f2} , което се извършва от масата със заготовката и е съгласувано с кръговото подавателно движение V_{f1} ; по аналогия със збостъргателните машини, работещи по метода Мааг, при който също се възпроизвежда отъркаване на зъбно колело около неподвижен, въображаем зъбен гребен (израз 9.28), законът за съгласуване на движенията V_1 и V_{f2} се изразява чрез

$$\frac{1}{Z_3} \rightarrow \pi.m_3. \quad (9.36)$$

- делително движение S_1 , което се извършва от заготовката с големина $1/Z_3$;

- надлъжно подавателно движение V_{f3} на шлифовъчния супорт.

Структурната кинематична схема на машините, работещи по метода Найлс, е показана на фиг. 9.19 [6].

Веригата за главното движение V_c започва от електродвигателя M_1 , завършва при вретеното с инструмента и може да се опише по следния начин

$M_1 - a - И.$

Връзката между електродвигателя M_1 и вретеното е през ремъчна предавка. Специализираният характер на збошлифовъчните машини и ограниченият обхват от диаметри на шлифовъчния диск не изискват по принцип регулиране на скоростта на вретеното. При някои конструкции това се постига чрез сменни ремъчни шайби.

Веригата на надлъжното подавателно движение V_{f3} на шлифовъчния супорт ШС започва от електродвигателя M_2 и завършва при коляно-мотовилковия механизъм КМ. Тя може да се опише по следния начин

$M_2 - ПМ - б - КМ - И.$

Входящото движение в тази верига е равно по големина на честотата на въртене на електродвигателя M_2 , т.е. n_{M2} , а изходящото – на броя на двойните ходове $n_{шс}$ на шлифовъчния супорт. Тази верига се настройва чрез подавателния механизъм ПМ, който осъществява $6 \div 8$ подавателни скорости, подредени обикновено в геометрична прогресия, чрез изказа

$$i_{пм} = C_{пм} \cdot n_{шс}. \quad (9.37)$$

The diagram illustrates a control system for a mechanical drive. The top part shows a 3D view of the mechanical assembly, which includes a motor M_1 , a gear, and a shaft with a ring. The bottom part shows a control circuit with a motor M_2 , a motor M_3 , a relay KM , a summing junction Σ , and various sensors and actuators labeled with symbols like ΔenM , EMC , MPX , and i_1, i_2, i_3 . The circuit also includes a feedback loop with a potentiometer and a variable resistor.

Веригата за праволинейното подавателно движение V_{p2} на масата със заготовката започва от електродвигателя M_3 и завършва при двигателния винт e . Тя може да се опише по следния начин

Входящото движение в тази верига е равно по големина на честотата на въртене на електродвигателя M_3 , т.е. n_{M3} , а изходящото – на подавателната скорост V_{f2} , mm/min, на масата със заготовката. Тази верига се настройва чрез лирата i_1 по изрази

258

Механизмът за регулиране на хлабината МРХ служи за създаване на необходимата хлабина δ (фиг. 9.18 а) според размерите на шлифовъчния диск и междузъбието на заготовката.

Кръговото подавателно движение V_{f1} на заготовката се получава от верига, започваща също от електродвигателя M_3 и завършваща при червячната предавка h . Тъй като тук трябва да бъдат съгласувани движенията V_{f1} и V_2 , се оформя *верига за отъркаване*, която свързва двигателния винт e и червячната предавка h . Тя може да се опише по следния начин

$$Д - h - g - \Sigma - f - i_2 - d - МРХ - e - Д.$$

Както следва от израз (9.28), входящото движение в тази верига има големина $1/Z_3$, а изходящото - $\pi.m_3$. Веригата се настройва по израза

$$i_2 = C_2 \cdot \frac{1}{(m.Z)_3}. \quad (9.39)$$

Тук диференциалният механизъм Σ се разглежда като предавка с определено предавателно отношение $i_{\Sigma 1}$.

Движението за делене S_1 е прекъснато с големина $1/Z_3$. То се извършва автоматизирано след обработването на едно междузъбие. Системата за управление на машината включва електромагнитния съединителя ЕМС и делителния механизъм ДелМ, като дава определено количество движение $n_{\text{дел.м.}}$ (при някои конструкции $n_{\text{дел.м.}} = 1$ оборот, при други $n_{\text{дел.м.}} = 6$ оборота и т.н), след което съединителят ЕМС се изключва. Така се оформя следната верига за делене

$$ЕМС - \text{ДелМ} - i_3 - k - \Sigma - g - h - Д.$$

Входящото движение тук има големина $n_{\text{дел.м.}}$, а изходящото - $1/Z_3$. Веригата се настройва чрез лирата i_3 по израза

$$i_3 = C_3 \cdot \frac{1}{Z_3}. \quad (9.40)$$

Тук диференциалният механизъм Σ се разглежда като предавка с определено предавателно отношение $i_{\Sigma 2}$.

При шлифване на зъбни козла с винтови зъби направляващите на шлифовъчния супорт се наклоняват на необходимия ъгъл чрез установъчното движение S_2 . Веригата за отъркаване в този случай се настройва по челния модул m_s , т.е.

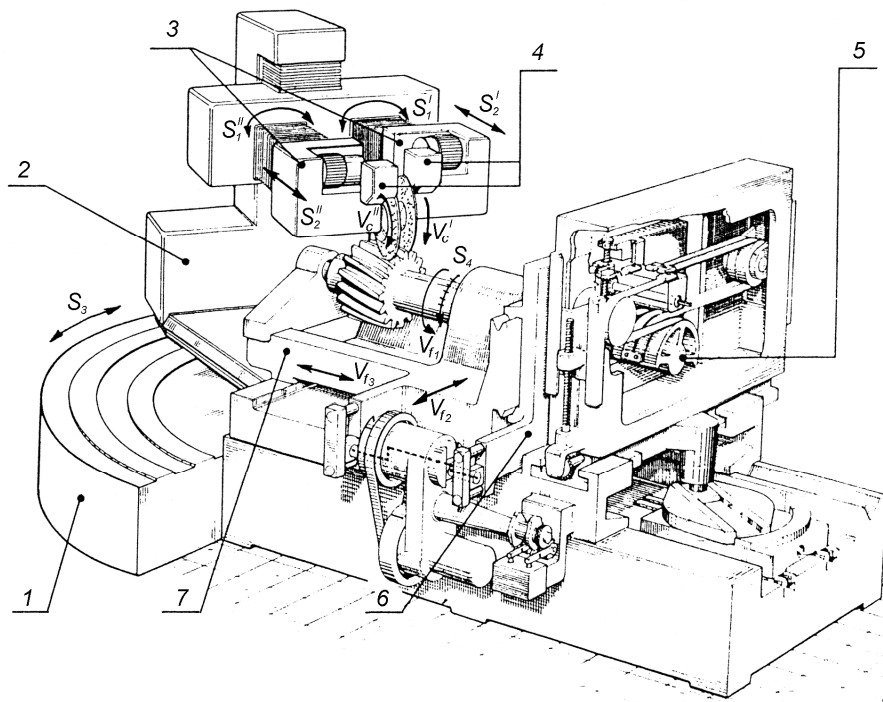
$$i_2 = C_2 \cdot \frac{1}{(m_s \cdot Z)_3} \cdot \quad (9.41)$$

• ЗЪБОШЛИФОВЪЧНИ МАШИНИ, РАБОТЕЩИ ПО МЕТОДА МААГ

Зъбошлифовъчните машини, работещи по метода Мааг, изпълняват същите движения, както машините работещи по метода Найлс (фиг. 9.18б). Това обуславя и съответно подобие в кинематиката на машините, работещи по двата метода, като при машините, работещи по метода Мааг има някои оригинални конструктивни решения.

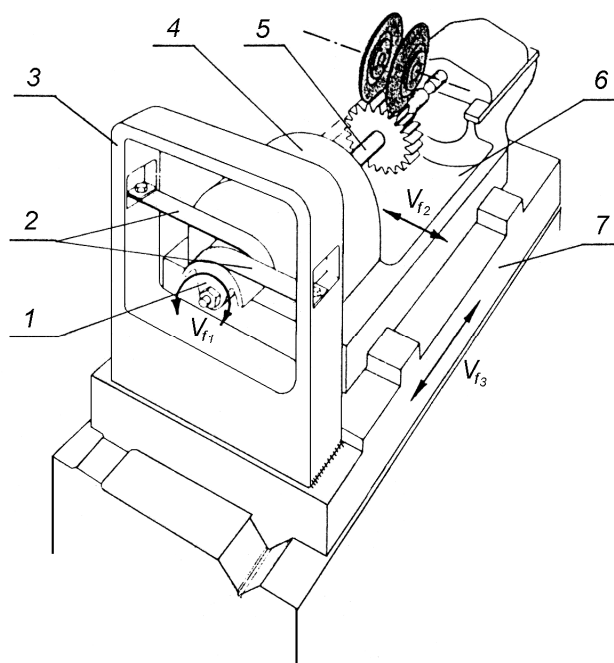
На фиг. 9.20 е показан общ вид на машината, модел SD-36-X [6]. Двата шлифовъчни инструмента са установени върху самостоятелните шлифовъчни супорти 3, които им позволяват независимо ориентиране спрямо обработваната заготовка (движения S_1' , S_1'' , S_2' и S_2''). Шлифовъчните супорти могат да се завъртат в блок спрямо оста на заготовката (движение S_3), с което се постига шлифование на винтови зъби.

Надлъжното подавателно движение V_{f3} се осъществява от надлъжната шейна със заготовката.



Фиг. 9.20 Общ вид на зъбошлифовална машина Мааг SD-36-X
(1 – тяло; 2 – колона; 3 – шлифовъчен супорт; 4 – заточващи устройства;
5 – лентов механизъм; 6 – напречна шейна; 7 – надлъжна шейна)

Кръговото V_{f1} и праволинейното V_{f2} подавателно движение се извършват от заготовката. Те се съгласуват чрез специален лентов механизъм, патентован от фирмата Мааг (фиг. 9.21) [4,6,14]. В задния си край дорникът 5 със заготовката завършва с един цилиндричен сектор 1, по който са закрепени краищата на двете стоманени ленти 2. Другите краища на лентите са закрепени на стойката 3, като са добре опънати. Напречната шейна 6, върху която са монтирани корпусът 4 на механизма и дорникът 5, се придвижва напречно по направляващи върху надлъжната шейна 7 (движение V_{f2}), при което лентите 2 предизвикват завъртането V_{f1} на заготовката. Този механизъм работи без хлабина и практически без износване, което обуславя особено висока точност при съгласуване на подавателните движения V_{f1} и V_{f2} .



Фиг. 9.21 Лентов механизъм при машините Мааг
(1 – цилиндричен сектор; 2 – лента; 3 – стойка; 4 – корпус;
5 – дорник; 6 – напречна шейна; 7 – надлъжна шейна)

При настройването на машината барабанът 1 трябва да има определен диаметър D_6 , както следва:

- при отъркаване по делителната окръжност с диаметър D_t :

$$D_6 = D_t + a \quad (9.42a)$$

- при отъркаване по основната окръжност с диаметър D_o :

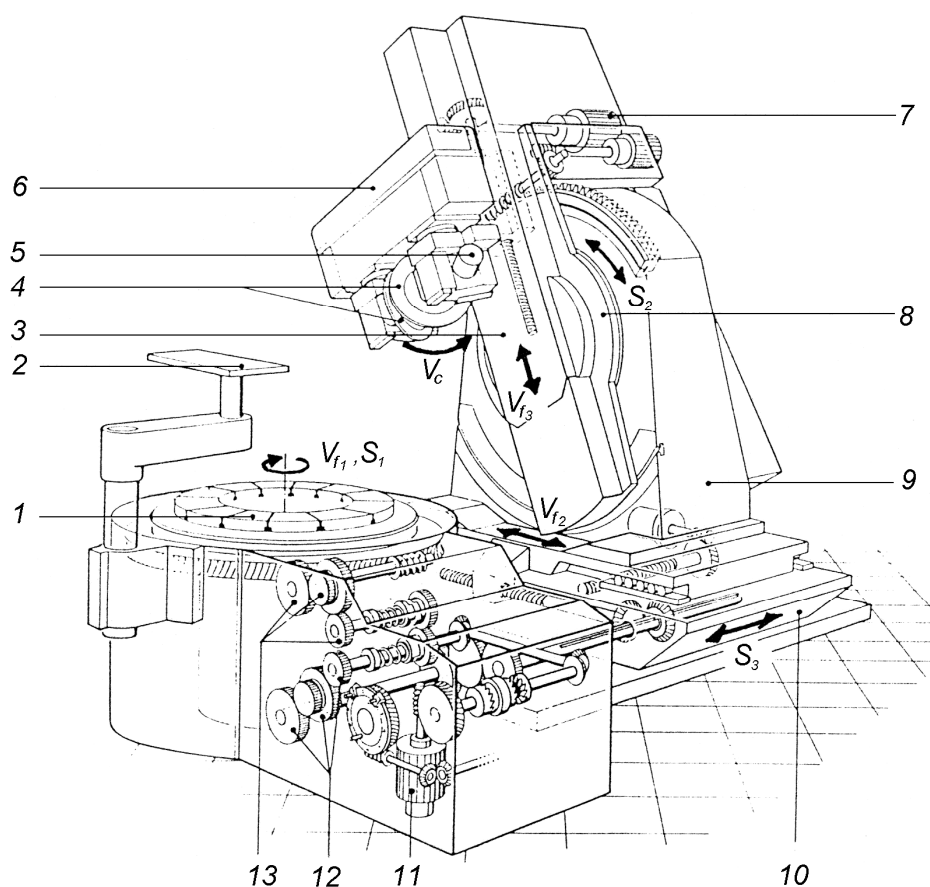
$$D_6 = D_o + a, \quad (9.42b)$$

където „а“ е дебелината на лентите.

При по-новите конструкции машини лентовият механизъм е усъвършенстван, като външният край на лентите може да се закрепва към стойката на различна височина. Това позволява при един и същ диаметър на барабана D_6 да се възпроизвежда отъркаване по различни диаметри D_t и D_o , които се изменят в определен обхват

Така се отстранява недостатъкът, произтичащ от израз (9.42), за всеки типоразмер заготовка да се изработва отделен барабан.

На фиг. 9.22 е даден общият вид на машина Мааг, модел HSS-460-B, която е с вертикално разположение на шлифованото зъбно колело [6].



Фиг. 9.22 Общ вид на зъбошлифовъчна машина Мааг HSS-460-B
(1 – въртяща маса; 3 – плъзгач; 4 – инструменти; 5 – главен електродвигател;
9 – стойка; 10 – напречна шейна; 12, 13 – сменни зъбни колела)

9.4. МАШИНИ ЗА НАРЯЗВАНЕ НА ЗЪБИТЕ НА КОНУСНИ ЗЪБНИ КОЛЕЛА

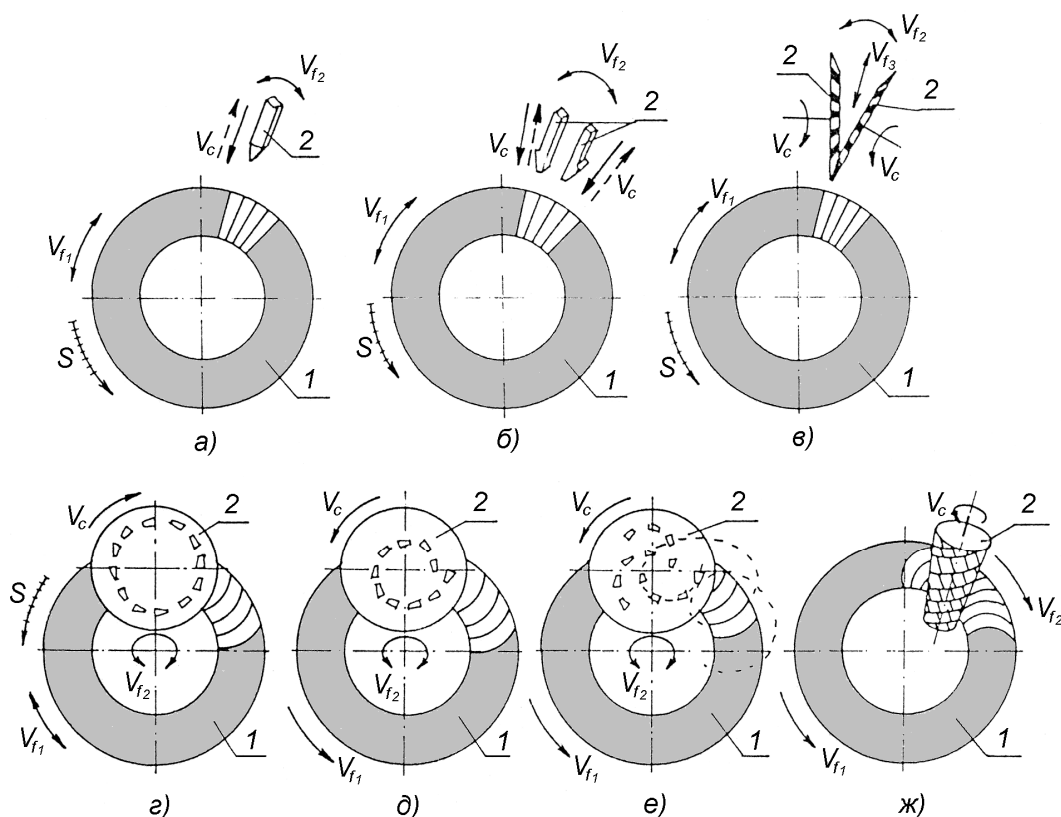
• МЕТОДИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ СХЕМИ ЗА НАРЯЗВАНЕ НА ЗЪБИТЕ НА КОНУСНИ ЗЪБНИ КОЛЕЛА

Разнообразието в геометрията на зъбите на конусните зъбни колела е обособило и различни методи за нарязването им, които имат една обща

характерна черта: в процеса на рязане се възпроизвежда отъркаване между две конусни зъбни колежа, едното от които е заготовката, а другото е реално несъществуващо (въображаемо) зъбно колело, възпроизвеждано от режещите зъби на инструмента.

Въображаемото конусно зъбно колело се нарича още *производящо*. Възпроизвеждането на производящото колело се осъществява от движенията на режещия инструмент, установен върху елемент на машината, наречен люлка (планшайба).

Технологическите схеми на най-разпространените в практиката методи са показани на фиг. 9.23 [6].



Фиг. 9.23 Методи за нарязване на зъбите на конусни зъбни колежа

Първите три схеми се отнасят до нарязването на конусни зъбни колежа с прави зъби. На фиг. 9.23 а е показан методът Билгрем, при който инструментът 2 е стъргателен нож, извършващ главното движение на рязане V_c , което е праволинейно възвратно. На фиг. 9.23 б е показан методът Глисън, при който инструментите 2 са два стъргателни ножа, извършващи главното движение на рязане V_c алтернативно (когато единият нож сменя материал, другият се връща назад). На фиг. 9.23 в зъбите се нарязват с две дискови фрези 2, завъртени така една спрямо друга, че зъбите на едната проникват в междузъбията на другата. Те извършват главното движение на рязане V_c и надлъжното подавателно движение V_{f3} . При тези схеми са налице още и следните движения:

- кръгово подавателно движение V_{f1} на заготовката;
- кръгово подавателно движение V_{f2} на люлката, върху която са установени инструментите 2; двете движения V_{f1} и V_{f2} са съгласувани по такъв начин, че се възпроизвежда отъркаване между две конусни зъбни колела;

- установъчно (делително) движение S , с което се преминава към обработването на следващото междузъбие.

Останалите схеми (фиг. 9.23 г-ж) показват нарязването на криволинейни зъби. На фиг. 9.23 г е показана схемата на нарязване на криволинейни зъби по дъга от окръжност с ножова глава по метода Глисън. Ножовата глава 2 е монтирана в люлка, имитираща въображаемото зъбно колело. Главата извършва независимо въртливо движение около оста си – главното движение на рязане V_c и заедно с люлката въртливо обхождащо движение около оста на въображаемото колело - кръгово подавателно движение V_{f1} . Заготовката се установява, така че върхът на началния конус на обработваното зъбно колело 1 и на въображаемото плосковърховото колело да съвпадат и извършва кръгово подавателно движение V_{f2} . Движенията възпроизвеждат зацепване на един зъб на производящото колело с едно междузъбие на заготовката 1. При тези движения на практика се изрязва едно междузъбие, след което заготовката се завърта на един зъб (делително движение S) и се нарязва следващото междузъбие.

На фиг. 9.23 д,е са показани схеми на нарязване на епициклоидни зъби. Схемата на фиг.9.16 д се осъществява по метода Фиат-Мимано. При него инструментът 2 е многоножова глава (челна фреза), чиито зъби са разположени по едноходова архимедова спирала.

Схемата, показана на фиг.9.23 е, се осъществява по метода Оерликон, при който инструментът 2 е многоножова глава, зъбите на която са разположени по дъги от многоходова архимедова спирала.

И при двата метода главното движение на рязане V_c се извършва от инструмента 2, а заготовката 1 извършва съгласувано с него кръгово подавателно движение V_{f1} . Освен това люлката с инструмента извършва кръгово подавателно движение V_{f2} съгласувано с първите две.

На фиг. 9.23 ж е показана схемата при нарязване на криволинейни зъби с еволвентна надлъжна форма по метода Клингелнберг. Инструментът 2 е конусна червячна фреза, която извършва главното движение на рязане V_c . Заготовката 1 извършва кръгово подавателно движение V_{f1} , което е съгласувано с главното движение V_c . Освен това люлката с инструмента извършва планетно подавателно въртливо движение V_{f2} около заготовката. При тези движения, преминавайки над заготовката, фрезата обработва зъбите, които получават еволвентна форма.

• **ЗЪБОСТЪРГАТЕЛНИ МАШИНИ ЗА НАРЯЗВАНЕ НА КОНУСНИ ЗЪБНИ КОЛЕЛА С ПРАВИ ЗЪБИ, РАБОТЕЩИ ПО МЕТОДА ГЛИСЪН**

Зъбостъргателните машини, работещи по метода Глисън, са предназначени за нарязване на зъбите на конусни зъбни колела с прави зъби (фиг. 9.23 б). На фиг. 9.24 а е показана технологическата схема при метода Глисън, която се извършва при следните работни движения:

- главно движение на рязане V_c , извършвано от инструментите И;
- кръгово подавателно движение V_{f1} на заготовката;
- кръгово подавателно движение V_{f2} на люлката върху която са установени инструментите 2, които възпроизвеждат зъби на въображаемото зъбно колело (ВЗК); двете движения V_{f1} и V_{f2} са съгласувани по такъв начин, че се възпроизвежда отъркаване между две конусни зъбни колела, като законът за съгласуване на тези движения се изразява чрез израза:

$$\frac{1}{Z_3} \rightarrow \frac{1}{Z_{ВЗК}}, \quad (9.43)$$

- установъчно (делително) движение S_1 , с което се преминава към нарязването на следващия зъб.

Структурната кинематична схема на зъбостъргателните машини, работещи по метода Глисън, е показана на фиг.9.25 [6].

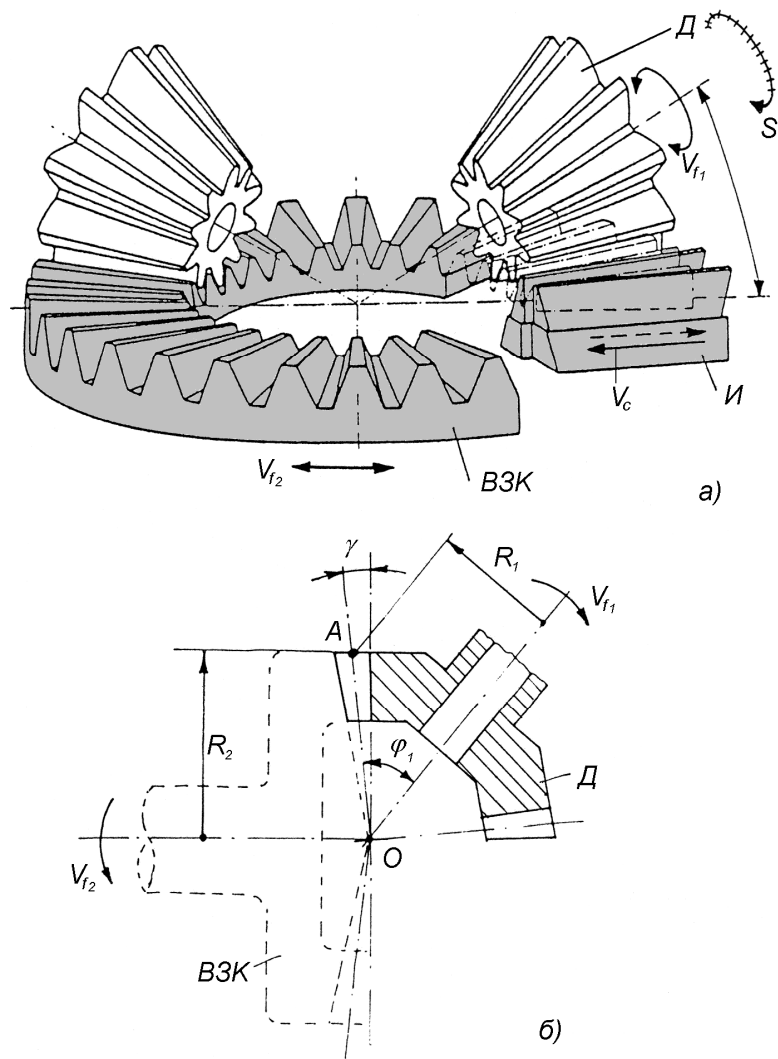
Веригата за главното движение V_c започва от електродвигателя М и завършва при коляно-мотовилковия механизъм КМ, който трансформира въртеливото движение в праволинейно на инструмента И. Тази верига може да се опише по следния начин

$$М - a - i_1 - b - КМ - И.$$

Входящото за веригата движение е равно по големина на честотата на въртене на електродвигателя n_M , а изходящото – на честотата на двойните ходове на инструмента $n_{И}$. От зависимостта

$$n_{И} = \frac{1000 \cdot V_c}{2 \cdot L}, \text{ min}^{-1}, \quad (9.44)$$

където V_c е средната скорост на рязане, mm/min, а L - дължината на хода на инструмента, mm, може да се определи честотата на двойните ходове на инструментите $n_{И}$.



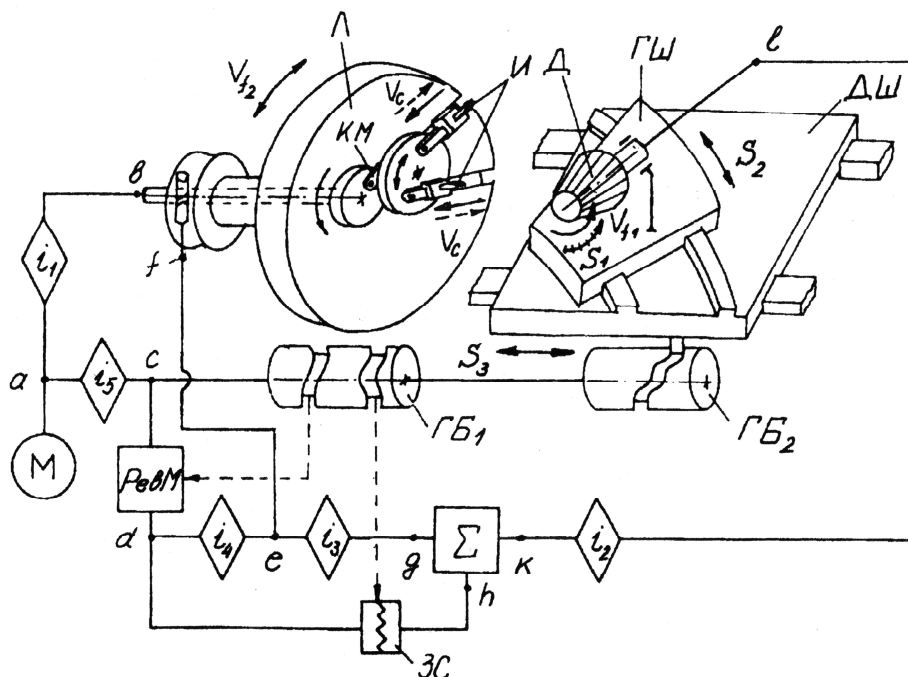
Фиг. 9.24 Технологическа схема при нарязване на зъбите на конусни зъбни козела по метода Глисън

Веригата се настройва чрез лирата i_1 по израза

$$i_1 = C_1 \frac{V_c}{L}. \quad (9.45)$$

Веригата за делене S_1 се включва в определен момент, за да се завърти заготовката на един зъб ($1/Z_3$). Тъй като машините, работещи по метода Глисън, са полуавтомати, управлението на тази верига се извършва от гърбичните барабани ГБ₁ и ГБ₂. Когато настъпи моментът за делене, гърбичният барабан ГБ₂ изтегля детайла от зоната на рязане (движение S_3), а гърбичният барабан ГБ₁ включва зъбния съединител ЗС. Така по веригата $M - a - i_5 - c - \text{РевМ} - d - \text{ЗС} - h$ се предава на сумиращия механизъм определено количество движение (обикновено 1 оборот), след което гърбичия барабан ГБ₁ изключва зъбния съединител ЗС. Следователно веригата за делене може да се опише по следния начин

3C – h – Σ – k – i₂ – l – Д.



Фиг. 9.25 Структурна кинематична схема при зъбостъргателните машини, работещи по метода Глисън

Входящото движение тук има големина 1 оборот на ЗС, а изходящото - $1/Z_3$. Веригата се настройва чрез лирата i_2 по израза

$$i_2 = C_2 \cdot \frac{1}{Z_3} \quad (9.46)$$

- като точка от заготовката: $V_A = R_1 \cdot \omega_1$, като $R_1 = \overline{OA} \cdot \sin \varphi_1$;
- като точка от ВЗК: $V_A = R_2 \cdot \omega_2$, като $R_2 = \overline{OA} \cdot \cos \gamma$

След приравняване на получените изрази и преобразуване се получава

$$\frac{1/Z_3}{1/Z_{ВЗК}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\overline{OA} \cdot \cos \gamma}{\overline{OA} \cdot \sin \varphi_1},$$

или още

$$\frac{Z_{ВЗК}}{Z_3} = \frac{\cos \gamma}{\sin \varphi_1}. \quad (9.47)$$

Веригата за обхождане се настройва чрез лирата i_3 и при отчитане на условията (9.46) и (9.47), след преобразуване, се получава

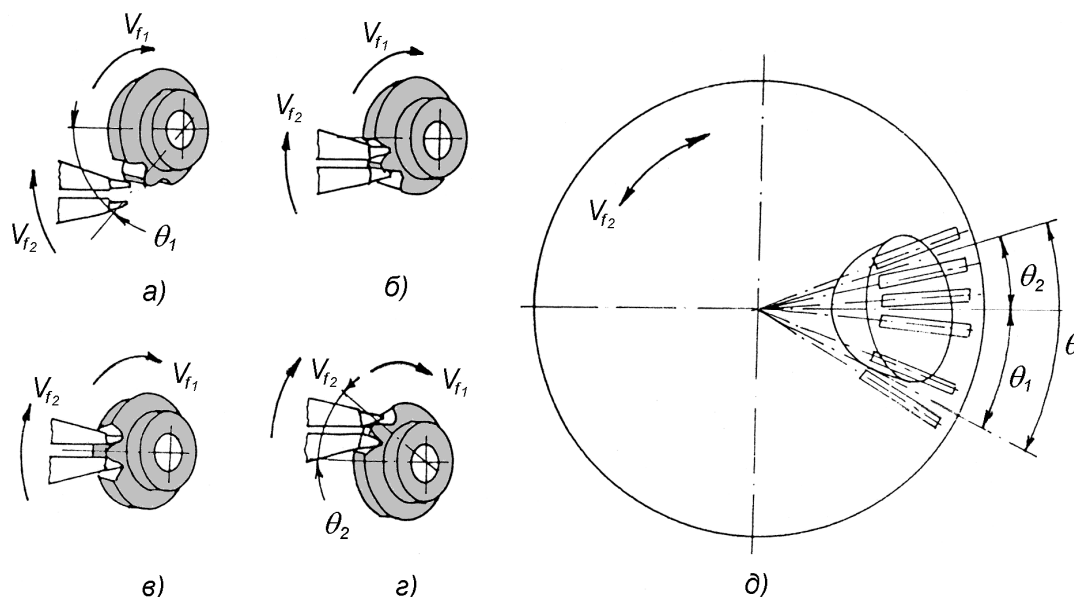
$$i_3 = C_3 Z_3 \frac{\cos \gamma}{\sin \varphi_1}. \quad (9.48)$$

Веригата за колебателното движение на люлката се използва за настройване на централния ъгъл θ на който люлката се завърта при отъркаване със заготовката. На фиг. 9.26 а-г са показани положенията на люлката с инструментите спрямо заготовката при един цикъл на обработване [6]. В началото (фиг. 9.26 а) инструментите са изтеглени встрани от заготовката и чрез движенията V_{f1} и V_{f2} започва отъркаването. След известно време се достига средното положение (фиг. 9.26 в), до което люлката се е завъртяла на ъгъл θ_1 . После въртенето на люлката продължава до другото крайно положение (фиг. 9.26 г), на което съответства ъгъл θ_2 . Дотук зъбите са нарязани на определена дълбочина. В този момент барабанът ГБ₂ (фиг. 9.25) подава заготовката на нова дълбочина (движение S_3), след което движенията V_{f1} и V_{f2} се реверсират и люлката и заготовката се връщат в другото крайно положение (фиг. 9.26 а). Както следва от фиг. 9.26 д, общият ъгъл на завъртане на люлката е $\theta = \theta_1 + \theta_2$. Той се определя от геометричните параметри на заготовката.

Тъй като между гърбичните барабани ГБ₁ и ГБ₂ има твърда връзка (с постоянно предавателно отношение), а цикълът се управлява от гърбичния барабан ГБ₁, той може да се приеме за начално звено на тази верига, а крайното звено ще бъде люлката Л с инструментите. Така веригата може да се опише по следния начин

ГБ₁ – с – РевМ – d – i₄ – e – f – Л(И).

Входящото движение ще има големина, равна на ъгъла на завъртане на барабана ГБ₁, т.е. $\varphi_{ГБ1}$, на който съответства отъркалване в една посока. Този ъгъл зависи от профила на кривата за управление и се отчита от паспорта на машината.



Фиг. 9.26 Цикъл на нарязване на зъбите по метода Глисън

Веригата за колебателното движение на люлката се настройва чрез лирата i₄ по израза

$$i_4 = C_4 \theta. \quad (9.49)$$

Веригата за кръгово подаване се използва за съгласуване на кръговото подавателно движение на люлката Л (ВЗК) с двойните ходове на инструментите. По аналогия на методите Фелоу и Мааг кръговото подаване се изразява с дължината $S_{кр}$ на дъга от делителната окръжност (при конусни зъбни козела – от средната делителна окръжност) за един двоен ход на инструментите. Като се изхожда от кинематичната схема (фиг. 9.25), тази верига може да се опише по следния начин

И – КМ – b – i₁ – a – i₅ – с – РевМ – d – i₄ – e – f – Л(И).

Входящото движение в тази верига има големина 1 дв.ход на инструментите, а изходящото - $S_{кр}$, mm. Настройването на веригата се извършва чрез лирата i₅ (като се отчитат от изразите (9.45), (9.48) и (9.49), стойностите за лирите i₁ и i₄) по израза

$$i_5 = C_5 \frac{v_c}{L} \theta \frac{S_{кр}}{(m.Z_3)} \frac{\sin \varphi_1}{\cos \tau} . \quad (9.50)$$

При настройване на машината за работа заготовката трябва да се ориентира в определено положение спрямо траекторията на инструментите, което зависи от ъгъла при върха на делителния конус на заготовката. Това се извършва, като горната шейна ГШ (фиг. 9.25) се завърти установъчно (движение S_2) по кръговите направляващи на долната шейна ДШ.

глава 10

АГРЕГАТНИ МАШИНИ

10.1 ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА АГРЕГАТНИТЕ МАШИНИ

Агрегатните машини са специализирани металорежещи машини, които са изградени от нормализирани възли (агрегати) и елементи, работещи в полуавтоматичен или автоматичен цикъл. Тези машини са предназначени за обработване на сложни детайли в условията на едросерийно и масово производство.

Най-широко разпространение са получили агрегатните машини за обработване на отвори (свредловане, разстъргване, зенкерование, райберование, нарязване на резби) и на равнинни повърхнини (фрезование) в корпусни детайли. В някои случаи се създават агрегатни машини и за други обработки – шлифование, пластично деформиране и др.

Предимството на тези машини се изразява в голямата производителност и концентрация на операциите, в автоматизирания режим на работа, във високата точност и стабилност и др. Основният им недостатък е малката им гъвкавост. Обикновено не могат да се пренастроят за обработване на друг детайл, но ако това е възможно, то е свързано с подмяна на приспособленията за установяване на заготовките и многовретенните приставки.

Конструктивната схема на агрегатната машина зависи от геометрията на обработваните заготовки и от избраната технология. На фиг. 10.1 са показани варианти на конструктивни схеми на агрегатни машини, където основните елементи и възли са следните: 1 – тяло, 2 – силова глава, 3 – стойка и 4 – маса [18].

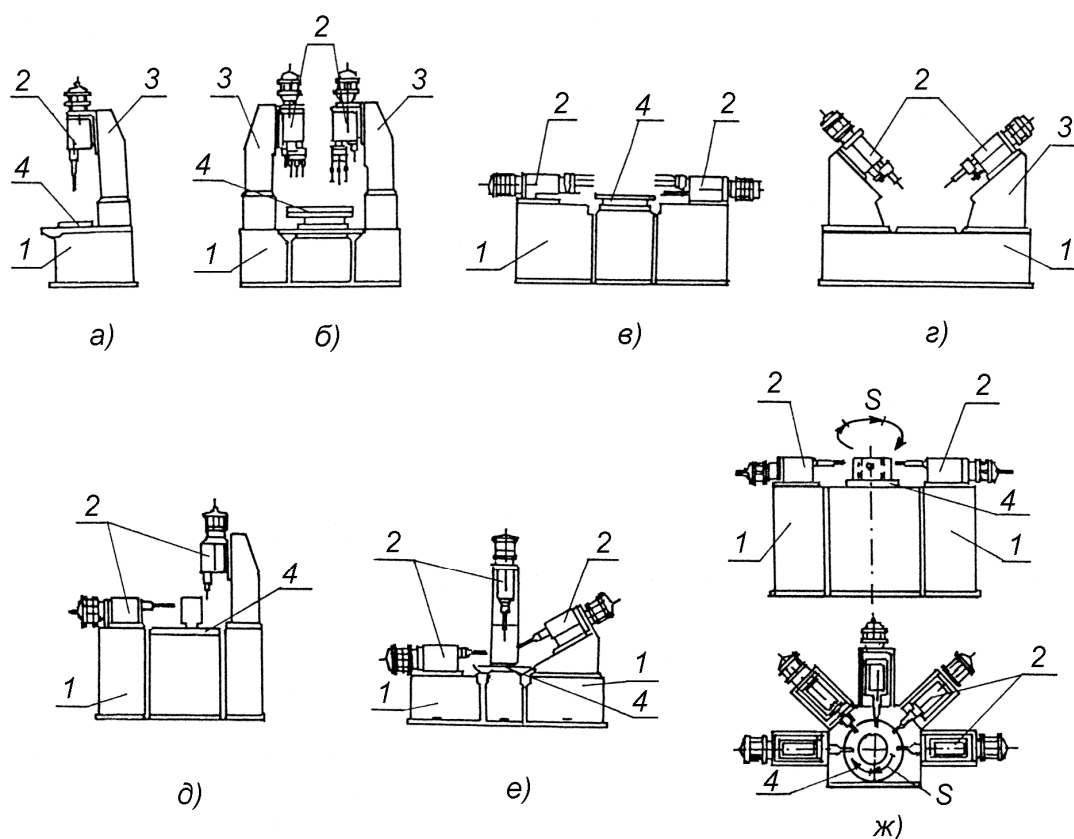
Както се вижда, многообразието на тези варианти е голямо, затова и класификация може да се направи по следните признаци:

- по отношение на разположението на инструментите в пространството – с вертикална ос (фиг. 10.1 а,б,д,е), с хоризонтална ос (фиг. 10.1 в,д,е,ж) и с наклонена ос (фиг. 10.1 г,е);
- по отношение на броя на силовите глави 2 – с една (фиг. 10.1 а), с две (фиг. 10.1 б,в,г,д), с три (фиг. 10.1 е) или повече (фиг. 10.1 ж) силови глави;
- по отношение на броя на инструментите в една силова глава – с един (фиг. 10.1 а,г,д,е,ж) или повече инструменти (фиг. 10.1 б,в);

- по отношение на степените на свобода на масата 4 – с неподвижна (фиг. 10.1 а,б,г,д,е), преместваща се (фиг. 10.1 в) и с въртяща се (фиг. 10.1 ж) маса;

- по отношение броя на работните позиции на заготовките – едно-позиционни (фиг. 10.1а...е) и многопозиционни (фиг. 10.1ж).

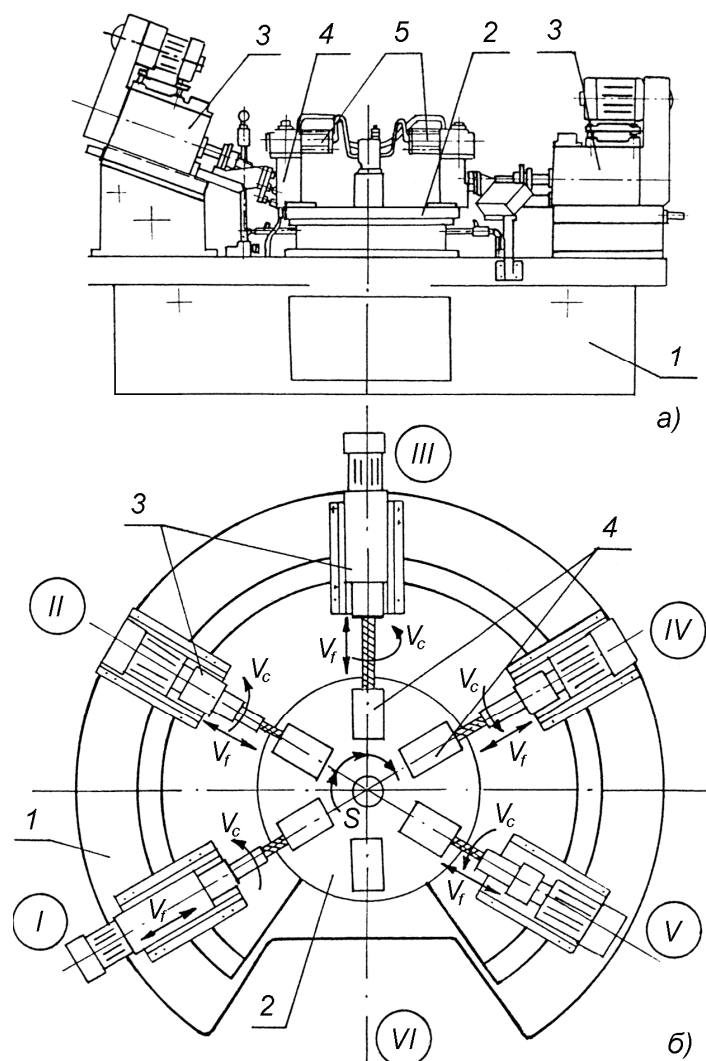
Заготовките, една или няколко, се установяват върху масата 4 при използване на приспособления с бързодействащи затягащи устройства (пневматични, хидравлични). Инструментите се установяват във вретената на силовите глави 2, като извършват двете работни движения - главното движение на рязане V_c и надлъжното подавателно движение V_f .



Фиг. 10.1 Конструктивни схеми на агрегатни машини

Общ вид на хоризонтална агрегатна машина с въртяща делителна маса (ВДМ) е показан на фиг. 10.2 [18]. Тя е шестпозиционна, като пет от позициите (от I до V) са работни, а последната (VI) е за смяна на обработения детайл с нова заготовка.

Приспособленията за установяване на заготовките 5 са от пневматичен или хидравличен тип. Масата извършва установъчното завъртане S , което е периодично с големина $1/6$ от оборота и установява заготовката последователно във всяка от позициите.



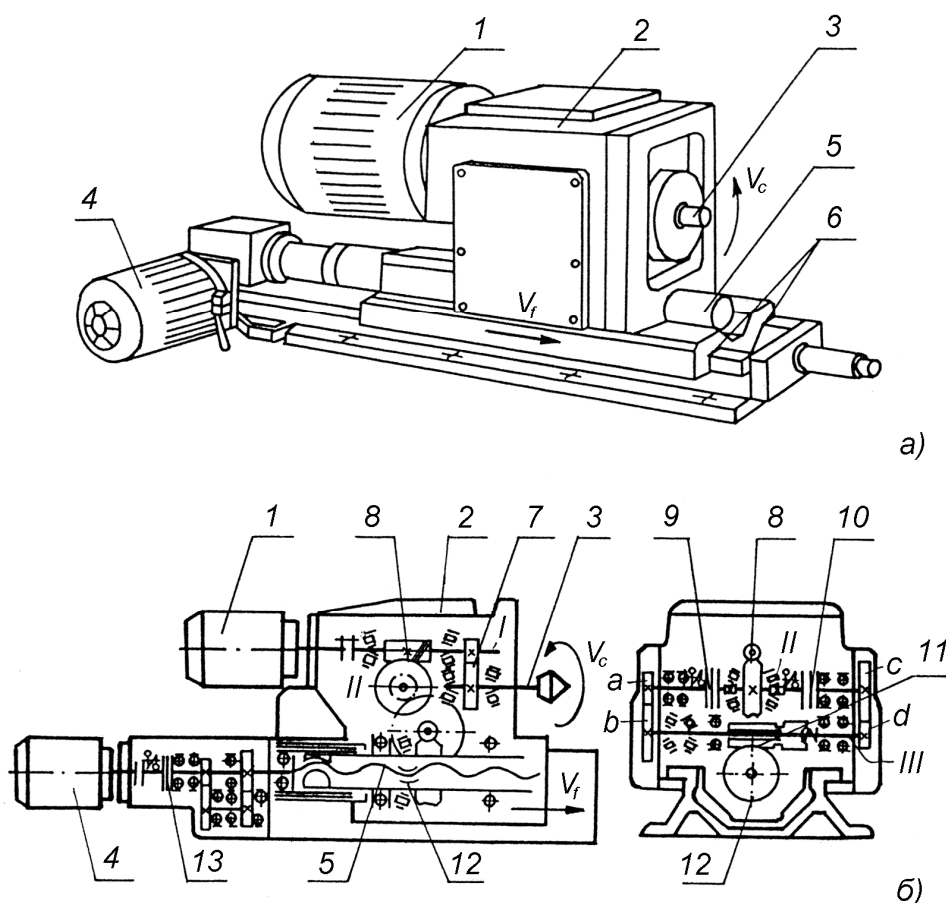
Фиг. 10.2 Хоризонтална агрегатна машина с ВДМ
(1 – тяло; 2 – маса; 3 – силова глава; 4 – заготовка;
5 – приспособление с пневматично затягащо устройство)

10.2 ВЪЗЛИ, ИЗГРАЖДАЩИ АГРЕГАТНИТЕ МАШИНИ

Агрегатните машини се изграждат от нормализирани възли, агрегати и елементи, като силови глави, многовретенни приставки, подавателни маси, позициониращи маси, корпусни и други елементи. Те се изграждат на модулен принцип, при който от сравнително ограничен брой модули могат да се компановат голям брой различни металоурежещи машини.

Един от основните възли на агрегатните машини е силовата глава (СГ). На фиг. 10.3 а е показан общ вид на електромеханична СГ, а на фиг. 10.3 б – нейната кинематична схема [18]. Главното движение на рязане V_c се получава от асинхронния електродвигател 1 и чрез зъбна предавка 7 се предава на вала 3. Подавателното движение V_f се взема от вал I и през червячната предавка 8 се довежда до вал II. Оттам то преминава към вал III алтернативно по два пътя – при включен електромагнитен съединител 9 -

през лирата а – b или при включен електромагнитен съединител 10 - през лирата с – d. През червячната предавка 11 се завърта гайката 12. През това време е включена електромагнитната спирачка 13, която застопорява винта 5, поради което въртенето на гайката 12 предизвиква надлъжното подавателно движение V_f на корпуса 2.



Фиг. 10.3 Електромеханична силова глава

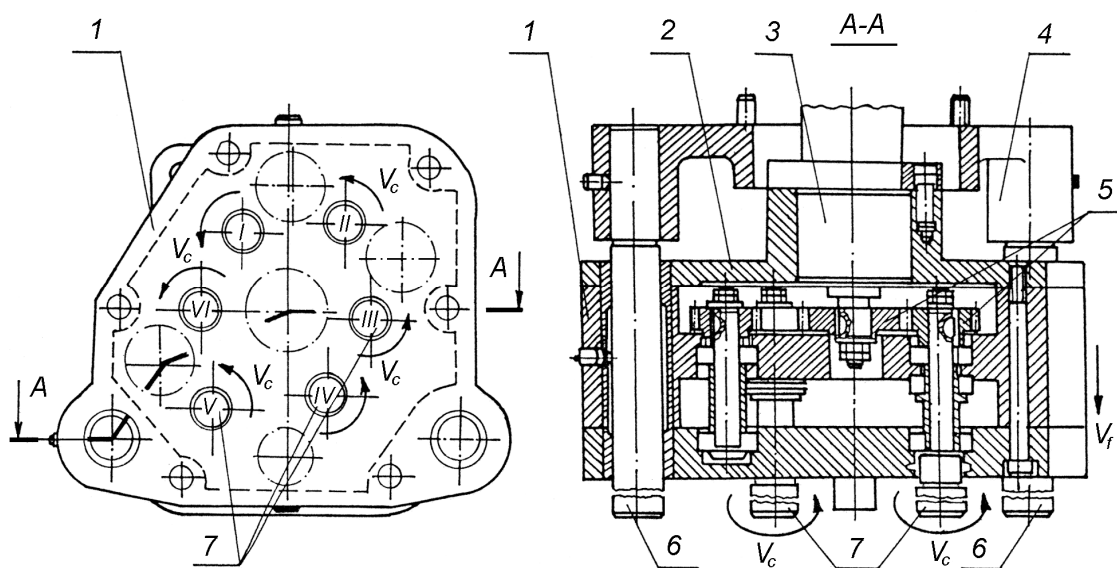
(1 – главен електродвигател; 2 – корпус на СГ; 3 – вретено; 4 – електродвигател за бърз ход; 5 – двигателен винт; 6 – направляващи; 7 – зъбна предавка; 8,11 – червячни предавки; 9,10 – електромагнитни съединители; 12 – гайка; 13 – електромагнитна спирачка)

Чрез подбиране на предавателните отношения а/б и с/д се осигуряват две подходящи скорости на надлъжното подавателно движение V_f .

За бързи установъчни премествания се включва електродвигателят 4, който завърта винта 5 (електромагнитната спирачка 13 се изключва).

Когато се обработват няколко еднакви или близки по размер координатни отвори, се използват многовретенни приставки. При показаната на фиг. 10.4 а приставка вретената 7 са шест – от I до VI [13]. Приставката се монтира в предния край на СГ чрез фланеца 2 и взема движение от централния вал 3. Зъбните двойки 5 предават движението на вретената 7.

За извършване на подавателното движение V_f приставката се премества по цилиндричните направляващи 6.



Фиг. 10.4 Многовретенна приставка към агрегатна машина
(1 – корпус; 2 – фланец; 3 – задвижващ вал; 4 – държач; 5 – зъбни предавки;
6 – кръгли направляващи; 7 – вретена)

Друг основен възел на агрегатните машини е въртящата делителна маса (ВДМ). Според конструкцията си тя може да се завърта с постоянна или с променлива скорост (ускоряване в началото и забавяне преди спиране). Вторият начин на завъртане – с променлива скорост, подобрява динамичните показатели на ВДМ и повишава точността на позициониране.

Задвижването на ВДМ става по различни начини:

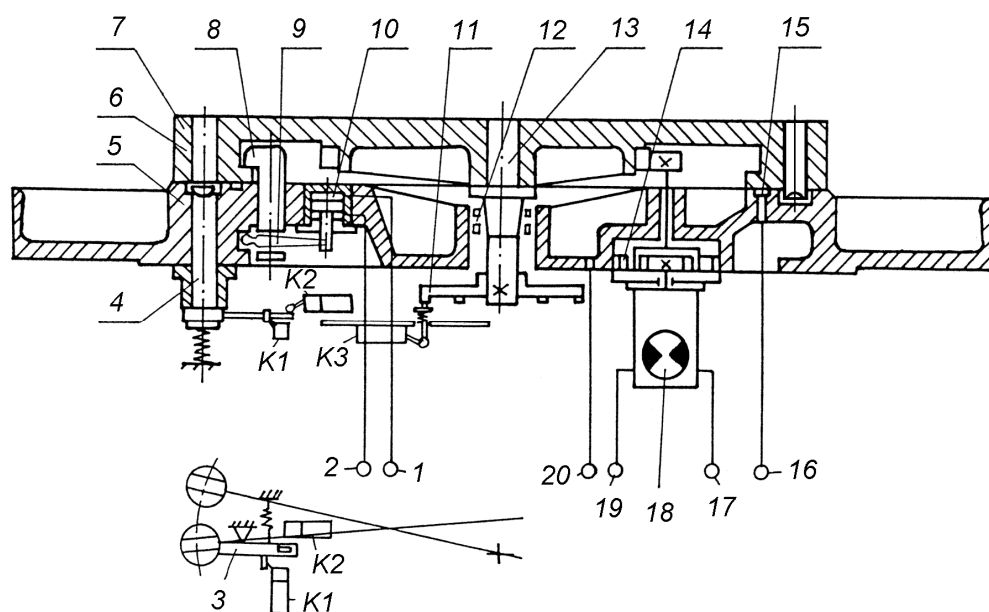
- електромеханично при използване на малтийски механизъм;
- хидравлично чрез хидромотор;
- пневматично при използване на пневмоцилиндър и механизъм за трансформиране на праволинейното движение във въртеливо (зъбно-гребенна предавка или острозъбо колело с палец);
- пневмохидравлично, при което налягането на сгъстения въздух се трансформира в налягане на масло с възможност за прецизно регулиране на дебита му и т.н.

За по-точно позициониране и закрепване на ВДМ към корпуса на машината през време на работа се използват различни фиксиращи механизми с цилиндрични, конусни, клинови и други фиксатори и затегателни устройства, които обират хлабините в системата.

На фиг. 10.5 е дадена ВДМ за агрегатна машина [2].

Движението на масата се извършва по следния начин. Най-напред се подава масло под налягане в маслопроводите 2 и 16, които захранват съответно хидроцилиндъра 10 и пръстеновидния канал 15 в корпуса 5.

Хидроцилиндърът 10 чрез лоста 9 освобождава скобата 8 и масата се повдига на разстояние 0,08 – 0,15 mm. По сигнал на релета за налягане, включени в маслопроводите 2 и 16, се подава масло в маслопровода 19, чрез което се задвижва хидродвигателят 18 и чрез планетния редуктор 14 масата 7 се завърта. Малко преди фиксаторният щифт 6 да достигне фиксатора 4 гърбицата 11 задейства крайния изключвател КЗ, който подава сигнал за дроселиране на изходящия от хидродвигателя 18 поток в маслопровода 17. Това намалява скоростта на масата. При бавен ход напред щифтът 6 притиска фиксатора 4, минава над него, след което чрез пружина фиксаторът 4 се връща нагоре. Последователното включване и изключване на К2 е сигнал за реверсиране на хидродвигателя 18. Масата 7 се връща назад с намалена скорост, докато фиксиращите повърхнини на щифта 6 и на фиксатора 4 се притиснат една към друга. В този момент изключвателят К1 подава сигнал за прекъсване на притока на масло в маслопроводите 2 и 16 и за подаване в маслопровода 1, при което хидроцилиндърът 10 затяга чрез скобата 8 масата 7 в работно положение.

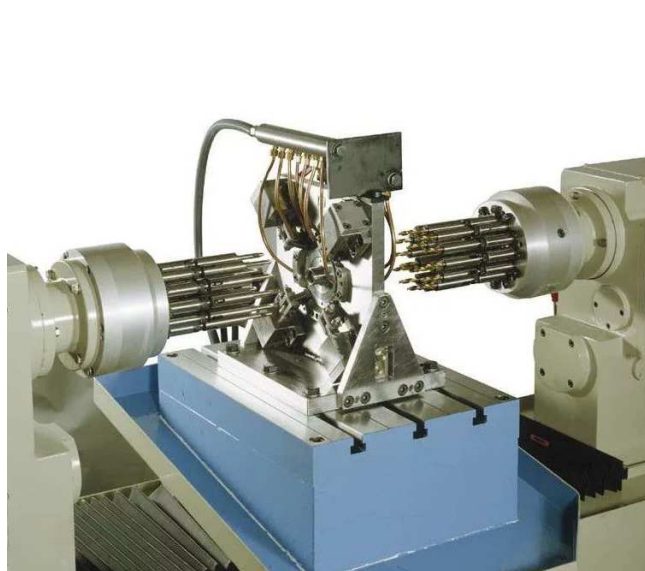


Фиг. 10.5 Въртяща делителна маса от гамата ВДМ1211...ВДМ1241
(1,2,16,17,19,20 – маслопровод; 3 – лост; 4 – фиксатор; 5 – корпус;
6 – фиксаторен щифт; 7 – маса; 8 – скоба; 9 – лост; 10 – хидроцилиндър;
11 – гърбица; 12 – лагери; 13 – ос; 14 – планетен редуктор; 15 – канал;
18 – хидродвигател; К1, К2, К3 – крайни изключватели)

При варианта от фиг. 10.1 в масата 4 извършва праволинейно установъчно преместване със съответно позициониране и затягане в работно положение. Това позволява машината да работи с две маси – върху тази от тях, която е в неработна позиция, се извършва смяната на готовия детайл с нова заготовка във времето, когато на другата маса се обработва друга заготовка. На основата на този вариант на компоноване

могат да се изградят поточни линии от последователно наредени агрегатни машини, като масите със заготовките преминават от една машина на друга.

На фиг.10.6 са показани хоризонтална агрегатна пробивна машина BFH-6 (а) и вертикална агрегатна пробивна машина BV-70/2/C/DV (б), производство на ELIONMOST (Русия) [24].



а



б

Фиг. 10.6 Хоризонтална агрегатна пробивна машина BFH-6 (а) и вертикална агрегатна пробивна машина BV-70/2/C/DV (б), производство на ELIONMOST (Русия)

Изискванията към съвременното машиностроително производство, което се характеризира с малки серии, налагат в последните години с цел по-голяма гъвкавост изграждането на агрегатни машини с ЦПУ [6]. При тях пренастройването за обработване на друга заготовка се извършва за по-кратко време чрез управляваща програма, като машината се зарежда с нови комплекти инструменти.

ИЗПОЛЗВАНИ ОЗНАЧЕНИЯ И СЪКРАЩЕНИЯ

Означение	Параметър
a,b,c,d	Сменни зъбни колела
CNC	Computer numerical control (Цифрово програмно управление)
D, d	Диаметър, mm
D_j	Диаметър на ремъчна шайба с пореден номер „j”
I	Предавателно отношение на постоянните предавки в кинематична верига
L	Дължина, разстояние, линеен рамер, mm
M	Въртящ момент, N.m
P	Мощност, kW
P_j	Преводна група с пореден номер по място „j”
P_h	Стъпка на винтова линия
R, r	Радиус
S	Установъчно (позициониращо, делително) движение Стъпка на резба, mm
U	Напрежение, V
V_c	Скорост на рязане, m/min, m/s
V_f	Скорост на подавателно движение, m/min
X, Y, Z	Координатни оси
f	Подаване за оборот, mm/tr Честота на електрически ток, Hz
$f_{дв.х.}$	Подаване за двоен ход, mm/дв.х.
f_z	Подем на зъб, mm
h	Хлабина Стъпка на архимедова спирала
Z_j	Зъбно колело с пореден номер по схемата „j” (Z – брой на зъбите)
i	Предавателно отношение
m	Модул, mm Брой преводни групи в главен или подавателен превод
m_n	Нормален модул, mm
m_t	Челен модул, mm
n	Честота на въртене, min^{-1}
$n_{дв.х.}$	Честота на двойни ходове, min^{-1}
p	Брой на полюсите на електродвигател
$v_{ст}$	Технологична скорост, m/min
dv	Абсолютна загуба на скорост, m/min
Δv	Относителна загуба на скорост, m/min
$z_{гр}$	Брой на предавките в преводна група

$z_{\text{пр}}$	Брой на честотите на въртене или подаванията на превода
$\Delta z_{\text{пр}}$	Брой на препокритите честоти на въртене на превода
q	Брой на преводните групи с еднакъв брой предавки в главен или подавателен превод
q_j	Червяк с пореден номер по схемата „j” (q – брой на ходовете)
α	Ъгъл на подем на винтовата линия на зъбите на инструмента
β	Ъгъл на подем на винтовата линия на зъбите на зъбното колело
ϕ	Показател (частно) на геометричната прогресия
θ	Ъгъл на завъртане на люлката на зъбостъргателна машина за нарязване на конусни зъбни колела
Φ	Магнитен поток, V.s
Σ	Диференциален механизъм
АгММ	Агрегатни металорежещи машини
АЛ	Автоматична линия
ВДМ	Въртяща делителна маса
ВЗК	Въображаемо зъбно колело
Г	Гайка Гърбица
ГАЛ	Гъвкава автоматична линия
ГАПМ	Гъвкав автоматизиран производствен модул
ГАПС	Гъвкава автоматизирана производствена система
ГБ	Гърбичен барабан
ГШ	Горна шейна
ДШ	Долна шейна
Д	Детайл/Заготовка
ДелМ	Делителен механизъм
ЕМС	Електромагнитен съединител
ЗС	Зъбен съединител
И	Инструмент
К	Характеристика на делителен апарат Брой на вариантите на превод
$K_{\text{кон}}$	Брой на възможните конструктивни варианти на главен или подавателен превод
$K_{\text{кин}}$	Брой на възможните кинематични варианти на главен или подавателен превод
$K_{\text{пр}}$	Коефициент на регулиране на превод
$K_{\text{гр}}$	Коефициент на регулиране на група
$K_{\text{вар}}$	Коефициент на регулиране на вариатор
$K_{\text{м}}$	Коефициент на регулиране на електродвигател

КДМ	Кръгла делителна маса
КМ	Коляно-мотовилков/Кривошипен механизъм
КПД	Коефициент на полезно действие
Л	Лост
Л	Люлка
МА	Металорежещ автомат
ММ	Металорежеща машина
МПИЗ	Машина-приспособление-инструмент -заготовка
МРХ	Механизъм за регулиране на хлабина
ОЦ	Обработващ център
ОМ	Отцепващ механизъм
ПМ	Подавателен механизъм
ПКД	Призматично-корпусни детайли
РК	Ръчно колело
РММ	Реконфигурираща се металорежеща машина
РМС	Реконфигурираща се машинна станция
РПС	Реконфигурираща се производствена система
РевМ	Ревърсивен механизъм
РСД	Ротационно-симетрични детайли
С	Съединител
СВП	Сачмено-винтова предавка
СГ	Силова глава
СкМ	Скоростен механизъм
СОТ	Смазочно-охлаждаща течност
УДА	Универсален делителен апарат
УММ	Универсална металорежеща машина
Х	Характеристика на група
X_m	Характеристика на многоскоростен електродвигател
ЦПУ	Цифрово програмно управление

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов О. И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ, М., «Машиностроение», 1987.
2. Грозданов А. и др. Агрегатни металорежещи машини, С., Техника, 1984.
3. Кузманов Т., Хр. Метев. Технология на машиностроенето, ч.4. Технологически процеси за машини с ЦПУ, Габрово, Издателство «ЕКС-ПРЕС» ООД, 2007.
4. Любенов А., С. Даскалов, П. Гълъбов, С. Гергов. Металорежещи машини. Справочник, С. Техника, 1989.
5. Попов Г. Поддържане, ремонт и модернизация на металорежещите машини, С., Изд. на ТУ-София, 2003.
6. Попов Г. Металорежещи машини. Част I. Приложимост, устройство и управление. С., Изд. на ТУ – София, 1994, 2002 г., 2009 г., 2011.
7. Попов Г. Металорежещи машини. Част II. Конструирание и пресмятане. С., Изд. на ТУ – София, 1996, 2002 г., 2011.
8. Попов Г., Х. Карамисhev. Ръководство за лабораторни упражнения по металорежещи машини, С., Изд. на ТУ-София, 2005.
9. Попов Г., Т. Гешев, Хр. Карамисhev, Г. Стамболов. Принцип на модулно изграждане на реконфигуриращи се производствени системи”, 23-25.09.2004, МТ’04, Варна, Сб. доклади, с. 34-37.
10. Пуш В. и др. Металлорежущие станки, М. «Машиностроение», 1985.
11. Рачев М. Ц. Металорежещи машини, Варна, Изд. на ТУ-Варна, 1988.
12. Сафронович А. А. Карусельные станки, М., «Машиностроение», 1983.
13. Тепенкичиев В.К. и др. Металлорежущие станки, М. «Машиностроение», 1973.
14. Тошев И., М. Топалова, Б. Борисов. Металорежещи машини. Изд. на ТУ – София, 2004.
15. Тошев И., В. Колева, С. Домбровска. Ръководство за курсово проектиране по металорежещи машини, С., Техника, 1978.
16. Трондин К. Е. Металлорежущие станки, Минск, «Высшая школа», 1975.
17. Угринов П. Металорежещи машини с ЦПУ. С., Издателство «Авангард Прима», 2019.
18. Чернов Н. Н. Металлорежущие станки, М. «Машиностроение», 1978.
19. Schmidt J.W. Ausgewählte Kapitel aus der Fertigungstechnik, WBK, TU Karlsruhe, 1998.
20. Schmidt J.W. Werkzeugmaschinen WBK, TU Karlsruhe, 2000.
21. Kief H. NC/CNC Handbuch 2005/2006, Hanser-Verlag 2005.
22. Weck M. Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme. Band 1 – Maschinenarten, Bauformen und Anwendungsbereiche, VDI Verlag, 1998.
23. Weck M. Werkzeugmaschinen. Band 2, Konstruktion und Berechnung, VDI Verlag, 2001.
24. <https://elionmost.ru/erlo>

*Автори: доц. д-р инж. Христо Цанев Метев
гл. ас. д-р инж. Калин Красимиров Крумов*

МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ

Рецензент: проф. д-р инж. Ирина Стефанова Александрова

*Националност българска
Първо издание*

*Формат: 60/84/16
Печатни коли:*

Печат: Университетско издателство “Васил Априлов” – Габрово

ISBN