

При проектирането на технологичните процеси за обработване на детайлите и сглобяването на възлите и машините технологът трябва да разполага със задание за проектиране, което съдържа следните изходни данни: конструктивната документация за детайлите или сглобяемите единици; описание на изделието и неговото служебно предназначение; техническите условия за приемането на изделието, неговите сглобяеми единици и детайли; размера на производствената програма. Освен това технологът трябва да разполага с някои основни ръководещи и справочни материали.

1.1. ЗАПОЗНАВАНЕ С ИЗХОДНИТЕ ДАННИ

Проектирането на технологичните процеси се предшества от задълбочено проучване и анализиране на изходните данни.

Конструктивната документация е основният източник за информация, характеризираща дадено изделие. Тя трябва да е изработена в съответствие с изискванията на Българските държавни стандарти (БДС) и Единната система за конструктивна документация (ЕСКД). Това означава, че конструктивната документация, представена за проектирането на технологичните процеси, трябва да съдържа всички данни, необходими за възпроизвеждането на съответните изделия, а именно:

— проекциите и разрези, които дават възможност ясно и бързо да се изясни конфигурацията на отделните детайли или взаимното разположение на детайлите в сглобяемите единици или взаимното разположение на сглобяемите единици и детайлите в машината;

— размерите (включително допуските и сглобките), които са необходими за изсявяване на големините и точността на отделните повърхнини и детайли, в това число и тяхното взаимно разположение или връзката между тях;

— изискванията за грапавостта на повърхнините на отделните детайли;

— указанията за марката на материала, от които се изработват заготовките, както и физико-механичните свойства на готовите детайли;

— броят на детайлите, влизаци в една сглобяема единица или броят на сглобяемите единици и детайлите, влизаци в една машина;

— специални и допълнителни указания за отделните детайли, сглобяеми единици и машини.

При запознаването с конструктивната документация технологът може да открие в нея различни пропуски и грешки. В такъв случай той трябва да информира отговорния конструктор и да настоява за тяхното отстраняване.

Описание на изделието е важен документ, съдържащ изходни данни за служебното предназначение на готовата машина и на нейните механизми. То трябва да се подготви преди започване на конструирането на машината и да съдържа уточнено в най-голяма степен и ясно формулирано нейното служебно предназначение, т. е. потребностите, които ще се задоволяват от нея. В съответствие с предназначението на машината трябва да бъдат определени функциите, които ще изпълняват нейните основни механизми.

Само при наличието на такъв изходен документ може да се гарантира създаването на качествена машина при най-малки разходи и най-кратки срокове за усвояване на нейното произвеждане, както и най-добри експлоатационни показатели.

Техническите условия съдържат изискванията спрямо изделието и са свързани преди всичко с осигуряване на тяхното качество. Те могат да се отнасят както за отделните машини, така и за най-отговорните техни детайли и сглобяеми единици. Техническите условия се изработват в етапа на конструктивната подготовка на производството, когато по различни причини не е възможно да се дадат в конструктивните чертежи. Техническите условия съдържат следните основни данни:

— описание на предназначението на изделието;

— изисквания спрямо изделието;

— методи за контролиране на изделието;

— общи указания (в отделни случаи) за съхраняване, транспортиране, опаковане и пр. на изделието.

Размерът на производствената програма е от правен пункт за определяне типа на производството, от която пък зависи:

— степента на разчленяване на технологичния процес на неговите елементи;

— избиране на заготовката;

— избиране на машините и екипировката.

Ръководещите и справочните материали имат разнообразен характер и предназначение. Такива са:

— паспортите на наличните машини и каталозите за машините, които при нужда могат да бъдат доставени;

- албумите за приспособленията, които са налице или могат да бъдат доставени;
 - стандартите и нормалите за работни и измервателни инструменти;
 - стандартите и нормалите с общомашиностроително предназначение;
 - нормативите или програмите за изчисляване на прибавките и междинните размери;
 - нормативите или програмите за избиране на оптимални режими на работа;
 - нормативите или програмите за определяне на техническите норми на времето;
 - тарифно-квалификационните справочници;
 - нормативите за технико-икономически изчисления;
 - другите ръководещи материали.
- Накрая трябва да се отбележи, че при проектирането на технологичните процеси е необходимо технологът да разполага с предвидените в Единната система за технологична документация (ЕСТД) бланки за съответните технологични документи.

1.2. ОПРЕДЕЛЯНЕ ТАКТА НА РАБОТАТА ИЛИ ГОЛЕМИНАТА НА ПАРТИДАТА

При проектирането на технологичните процеси за обработване на детайлите обемът и характерът на работата зависят от типа на производството. Последният се определя от обема на произведената продукция, номенклатурата на изделията и организацията на работата. Според БДС 3.1108—76¹ той се характеризира с коефициента на закрепване на операциите $K_{3.0}$, който се изчислява за планов период един месец по формулата

$$K_{3.0} = \frac{O}{P}, \quad (1.1)$$

където O е броят на различните операции, изпълнявани през плановия период;

P — броят на работните места, на които се изпълняват различни операции.

Когато няма пълна информация за определяне на коефициента $K_{3.0}$, като показател за типа на производството се използва коефициентът на серийност K_c , определен по формулата

$$K_c = \frac{\tau}{T_{cp}}, \quad (1.2)$$

¹ БДС 3.1108—76. ЕСТД. Комплектност на документите в зависимост от типа и характера на производството.

където τ е тактът на работа, min;

T_{cp} — средното единично време за операциите на технологичния процес, min.

Коефициентът на серийност K_c дава приблизително броя на различните детайли, които ще се обработват на едно работно място през годината. От това следва, че за масовото производство $K_c = 1$. В действителност не е възможно да се осъществи пълно използване на машините по време, поради което $1 < K_c < 2$. При $K_c \geq 2$ производството се счита серийно. Коефициентите $K_{3.0}$ и K_c за различните типове производства са дадени в таблица 1.1.

Таблица 1.1

Коефициент на закрепване на операциите $K_{3.0}$ и коефициент на серийност K_c

$K_{3.0}$	$1 \leq K_{3.0} < 10$	$10 \leq K_{3.0} < 20$	$20 \leq K_{3.0} < 40$	Нерегламентиран
K_c	1—2	2—10	над 20	—
Тип на производството	масово	едросерийно	средносерийно	дребносерийно
				единично

Тактът на работа се определя при предпоставка, че производството е организирано на принципа на непрекъснатия поток:

$$\tau = \frac{T}{n}, \quad (1.3)$$

където T е определен интервал от работното време, min;

n — броят на еднаквите изделия, изработвани през този интервал от време.

При дадена годишна програма тактът се определя по формулата

$$\tau = \frac{F_d}{N} \text{ min}, \quad (1.4)$$

където F_d е действителният годишен фонд от работно време (табл. 1.2 — при продължителност на работната седмица 42,5 часа и 260 работни дни), min;

N — годишната програма за производство на детайла, броя.

Средното единично време T_{cp} за операциите на технологичния процес се определя от израза

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{ei}}{m} \text{ min}, \quad (1.5)$$

Действителен годишен фонд от работно време F_d

Работно място	Едносменна работа		Двусменна работа		Затова за планов ремонт, %	Лективен годишен фонд, min	Лективен годишен фонд, min
	Номиниален годишен фонд, min	Затова за планов ремонт, %	Лективен годишен фонд, min	Затова за планов ремонт, %			
Металорежещи машини с категория на ремонтна сложност 1—30	132600	2	129948	265200	3	257244	
Металорежещи машини с категория на ремонтна сложност над 30				265200	6	249288	
Поточни линии				265200	4	254592	
Автоматични линии				265200	10	238880	
Работни места без машини	132600	—	132600	265200	—	265200	

където $T_{ед}$ е единичното време за операциите на технологичния процес, min;

m — броят на операциите.

В началния етап на проектирането е невъзможно точно да се определят единичните времена за операциите на технологичния процес. Изчисляването на $T_{ср}$ по форм. (1.5) се извършва на базата на приблизителни методи за нормиране. За целта е необходимо да се набележи начален вариант на технологичния маршрут за обработване на детайла. Това става с помощта на типовите технологични маршрути, дадени в приложението II [28]. След избиране на технологичния маршрут с приблизителните формули, дадени в табл. VII.1, се определят нормите на време $T_{ед}$ за операциите. Възможно е $T_{ср}$ да се определи още като се ползуват данни от машиностроителните предприятия за технологичните маршрути и нормите на време на подобни детайли. За опростяване на изчисленията във форм. (1.5) се включват нормите на време само за основните операции на технологичния процес. Не се отчитат миенето на детайлите, термообработването, контролът, обработването на фаски, зачистването на ръбове и др. п. Нормата на времето на операции, за които изчисленото време $T_{ед}$ е по-голямо от такта t , се приема равна на такта. За такива операции технологичният процес се осъществява на повече от една машина.

При серийно производство трябва да се определи размерът на партидата детайли. Той оказва съществено влияние на икономическите показатели на производството. Увеличаването на броя детайли в партидата създава условия за повишаване производителността на труда. Същевременно се удължава производственият

цикъл, нараства незавършеното производство, необходими са по-големи складови и производствени площи. Поради сложното влияние на размера на партидата върху технико-икономическите показатели на производството той трябва да се определя чрез оптимизация, за да се постигне минимална себестойност на продукцията. Известни са различни методи, препоръчвани в специалната литература [39]. Ако се изходи от условията за намаляване на загубите за пренастройване на машините, минималният брой на детайлите в партидата може да се определи от формулата

$$n \geq \frac{480 + 6.2 T_{пз}}{T_{ед}} \text{ дет.}, \quad (1.6)$$

където $T_{пз}$ и $T_{ед}$ са подготвително-заклучителното и единичното време, min, за операцията от технологичния маршрут на детайла, при която отношението $\frac{T_{пз}}{T_{ед}}$ е най-голямо.

Изчисленият по форм. (1.6) обем на партидата се коригира с оглед планирането и организацията на производството. При непоточно производство партидата детайли трябва да се изработи за цяло число работни смени, а при поточно — за четно число смени. С това се създават условия за пренастройване на машините при поточното производство в извънработно време.

Броят на работните смени за обработване на партидата детайли се определя по формулата

$$n_c = \frac{T_{ср} \cdot n}{0.8 \cdot 480} \text{ смени.} \quad (1.7)$$

Полученото число се закръглява до цял или четен брой смени $n_{ск}$ след което се определя коригираният обем n_k на партидата:

$$n_k = \frac{n_{ск}}{n_c} n \text{ дет.} \quad (1.8)$$

ТЕХНОЛОГИЧЕН АНАЛИЗ НА КОНСТРУКЦИЯТА

2.1. УСЪВЪРШЕНСТВУВАНЕ НА КОНСТРУКЦИЯТА НА ИЗДЕЛИЯТА

В Единната система за технологична подготовка на производството (ЕСТПП) на усъвършенстването на конструкцията на изделията на технологичност се отделя специално място, като са включени четири специални стандарта — БДС 14.201—76 до БДС 14.204—76. Записаните в тях правила следва да се съблюдават на всички етапи на проектирането и изработването на изделията. Под „технологичност на конструкцията“ според БДС 14.004—76¹ се разбира „съвкупност на свойства на конструкцията на изделието, осигуряващи възможност за оптимални разходи на труд, средства, материали и време в техническата подготовка на производството, изработването, експлоатацията и ремонта в сравнение със съответните показатели на едниотипни конструкции изделия със същото предназначение при осигуряване зададените стойности на нивото на качеството и приетите условия за изработване или ремонт на изделието се отнасят типът на производството, неговата специализация и организация, годишната програма и прилагането на производството на изделията, а така също и прилаганите технологични процеси.

Технологичността на конструкцията на изделията бива два вида (БДС 14.202—76²): производствена, проявяваща се в съкращаване на разходите от време и средства за конструктивна и технологична подготовка на производството и процесите за изработване, и експлоатационна, проявяваща се в съкращаване на разходите от време и средства за техническо обслужване и ремонт на изделието. Главните фактори, определящи изискванията за технологичност на конструкцията, са видът на изделието, обемът и типът на производството. Оценка на технологичността на конструкцията на изделието може да бъде качествена, обобщена въз основа на опита на изпълнителя, и количествена, изразявана с показатели, чиято числена стойност характеризира степента на задоволяване на изискванията за технологичност.

¹БДС 14.004—76. ЕСТПП. Основни термини и определения.

²БДС 14.202—76. ЕСТПП. Правила за избиране на показатели за технологичност на конструкцията на изделията.

При осигуряването технологичността на конструкцията на изделията поотделно се разглежда технологичността на конструкцията на сглобяемите единици и на детайлите.

В БДС 14.203—76¹ е дадена система от правила, чрез които се осигурява технологичността на сглобяемите единици в различните стадии на разработване на конструкцията (предварително проучване, проектно задание, идеен проект, работен проект). Общ за тези правила е, че те предвиждат анализ или пресмятане, чрез които се установява дали се удовлетворяват и в каква степен изискванията за технологичност на конструкцията на сглобяемите единици.

В курсовия проект по Технология на машиностроенето по методични съображения по-голямо внимание се отделя на анализа на технологичността на конструкцията на детайлите и на условията и правилата за нейното осигуряване. В това отношение работата следва да се организира в съответствие с изискванията на БДС 14.204—76², които са формулирани така, че да осигуряват получаването на конструкция на детайлите, задоволяваща изискванията за изработване, експлоатация и ремонт на изделията с най-производителни и икономични методи.

Според БДС 14.201—76³ технологичността на конструкцията на изделието се изразява с показатели, характеризиращи технологичната рационалност на конструктивните решения и приемствеността на конструкцията или пригодността ѝ за използване в състава на други изделия.

Технологичната рационалност на конструктивните решения се определя от редица показатели: трудопогълтаемост при изработване на изделието, специфична материалопогълтаемост на изделието, коефициент на използване на материала и др. Приемствеността на конструкцията се определя от показателите: коефициент на стандартизиране конструкцията на изделието, коефициент на унификация на изделието, коефициент на унификация на конструктивните елементи и коефициент на повторяемост.

Значително място в технологичния анализ на конструкцията заема качествена оценка на технологичността („добро—лошо“, „допустимо—недопустимо“, „правилно—неправилно“), която трябва да предшества количествената. Като правило качествени оценки се формулират по-трудно, а те са свързани най-пряко с технологичната рационалност на конструктивните решения както като геометрични елементи, така и като качество, зададено с размерите и грапавостта на повърхнините. За точност трябва да се

¹ БДС 14.203—76. ЕСТПП. Правила за осигуряване технологичността на конструкцията на сглобяемите единици.

² БДС 14.204—76. ЕСТПП. Правила за осигуряване технологичността на конструкцията на детайлите.

³ БДС 14.201—76. ЕСТПП. Общи правила за усъвършенстване конструкцията на изделието на технологичност.

отбележи, че за качествените характеристики са предвидени коефициенти показатели: коефициент на точност и коефициент на грапавост на повърхнината, но засега техните оптимални стойности не са стандартизирани и поради това оценките трябва основно да се дават качествено.

Технологичният анализ на конструкцията на машиностроителните изделия и приемането на решения за нейното усъвършенстване е един от най-сложните и трудни етапи на конструктивната и технологичната подготовка на производството. В практиката на развойните и производствените звена с усъвършенстването на технологичността на конструкцията се занимават най-добре подготвените и с голям опит конструктори и технологи, които подробно познават състоянието и перспективите за развитието на дадено производство.

За да бъдат подпомогнати студентите в работата по анализа на технологичността на конструктивните решения, се дава материал, който следва да се разглежда повече като методично въведение в изложените въпроси. Практиката на разработването на курсовия проект по Технология на машиностроенето показва, че особено внимание заслужават въпросите:

- рационалност на конструкцията на сглобяемите единици и конфигурацията на заготовките и детайлите;
- точност на размерите, формите и взаимното разположение на повърхнините на детайлите;
- качество на повърхнините на детайлите.

2.2. РАЦИОНАЛНОСТ НА КОНСТРУКЦИЯТА НА СГЛОБЯЕМИТЕ ЕДИНИЦИ И КОНФИГУРАЦИЯТА НА ЗАГОТОВКИТЕ И ДЕТАЙЛИТЕ

При разработването на курсовия проект студентите трябва да оценят рационалността на конструктивните решения от гледна точка на следните три етапа: изработване на заготовките, изработване на детайлите и сглобяване на изделията.

2.2.1. Рационалност на конфигурацията на монолитни заготовки

Отливки от чугуни, стомани, цветни метали или сплави. При заготовките, получени чрез лееене, рационалността на конфигурацията в по-малка степен се свързва с простотата на отливката като геометрично тяло. Технологични могат да бъдат и заготовки със сложна конфигурация, стига тя да е съобразена с технологичните процеси на формоване и лееене, в това число да не изисква използването на сърца за външните повърхнини (фиг. 2.1). Пример за рационализиране на конфигурацията на сложна отливка е

показан на фиг. 2.2. На заготовката е приладена по-технологична обтекаема форма по външния контур, не изискваща външни сърца при лееенето, но предлагаща възможност за машинно формоване.

Рационалната конфигурация на отливките се свързва и с условията за избягване на участъци с местни удебелявания, които при заливане трудно се захравчат, а при изстиване предизвикват появянето на пукнатини, всмукнатини или шупли поради неравномерното изстиване и свиване. На фиг. 2.3а удебеляването на тялото е причина за голям брак.

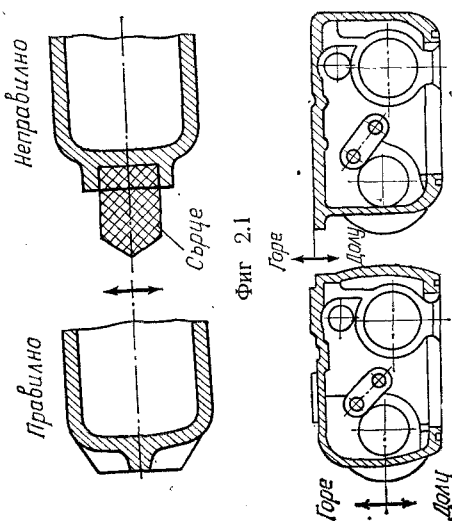
След технологичното рационализиране на конструкцията (фиг. 2.3б) удебеляването е избягнато, но стабилността на детайла е запазена с допълнително ребро.

Често нетехнологичността на отливките се дължи на неправилно конструирани издагъци и фланци, затрудняващи формоването и лееенето. Примери за такива технологични и нетехнологични решения са дадени на фиг. 2.4.

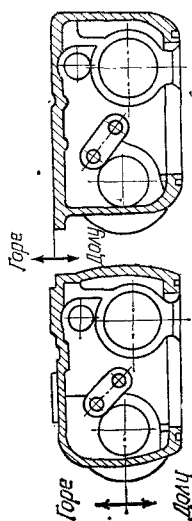
Отливките, получени по стопяеми модели, не трябва да имат големи неоребренни повърхнини, тъй като керамичната кора, образуваща формовашата кухина, се деформира и води до брак. Конструктивно решение, при което чрез диагонални ребра е избягнато голямото дъно, е показано на фиг. 2.5.

В условията на едросерийното и масовото производство на детайли предимно от цветни сплави особено технологични се оказват отливките, получени чрез лееене под налягане. Изискванията към конфигурацията на отливките е тя да допуска свободно изваждане на заготовката от металната форма и свободно движение на подвижните части на формата (фиг. 2.6).

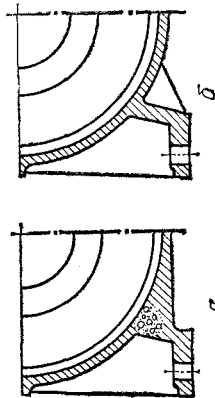
Щамповки, получени в горещо състояние. Щампованите заготовки за ротационни детайли с местни удебелявания в краищата



Фиг. 2.1

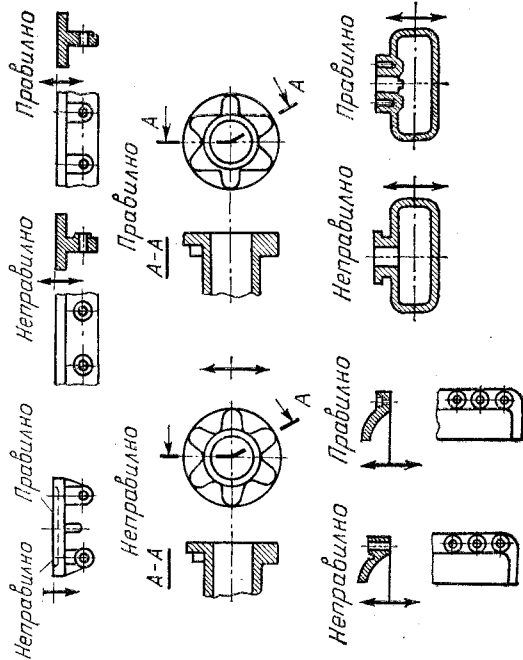


Фиг. 2.2

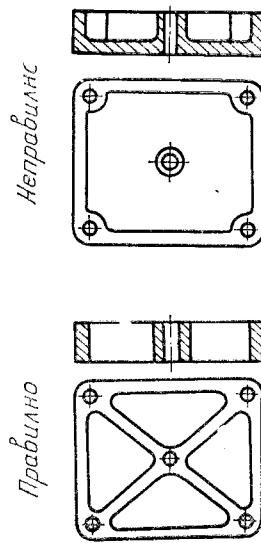


Фиг. 2.3

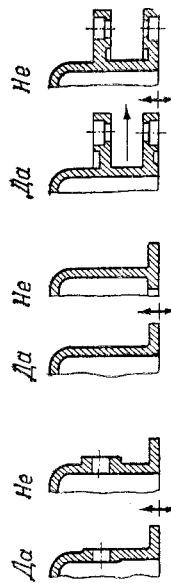
та са технологични при изработването им на хоризонтално-ковашки машини (фиг. 2.7).



Фиг. 2.4



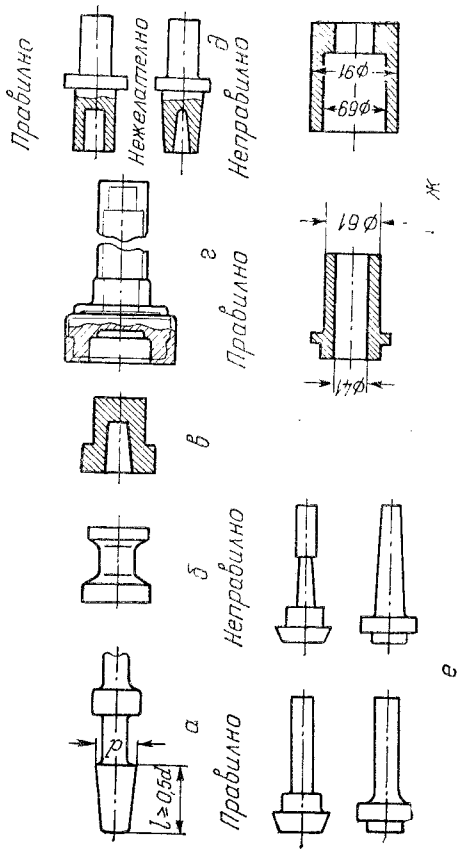
Фиг. 2.5



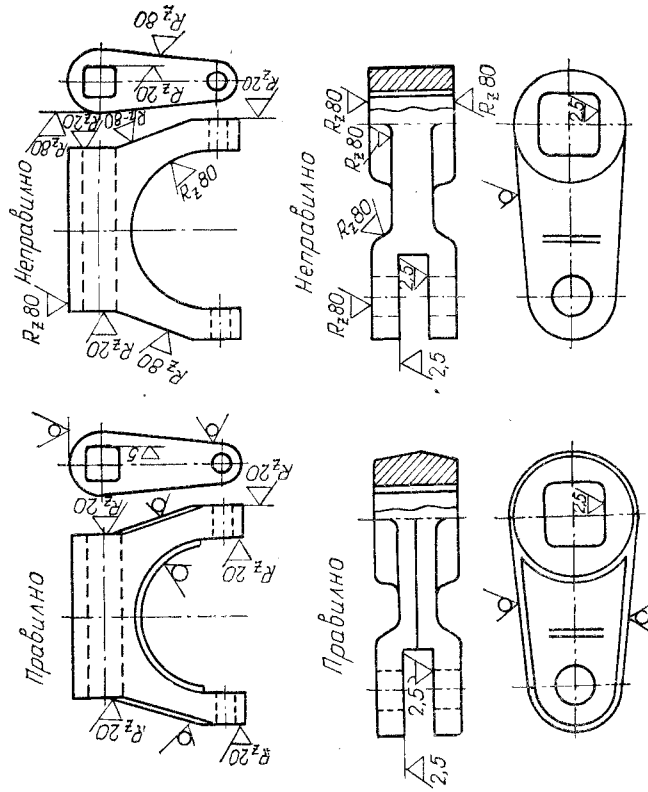
Фиг. 2.6

За заготовки, шамповани в закрити шампи, конфигурацията се смята технологична, ако свободните повърхнини, които не се

сдружават с други, могат да се получат направо при шамповането и не се нуждаят от допълнително обработване (фиг. 2.8).



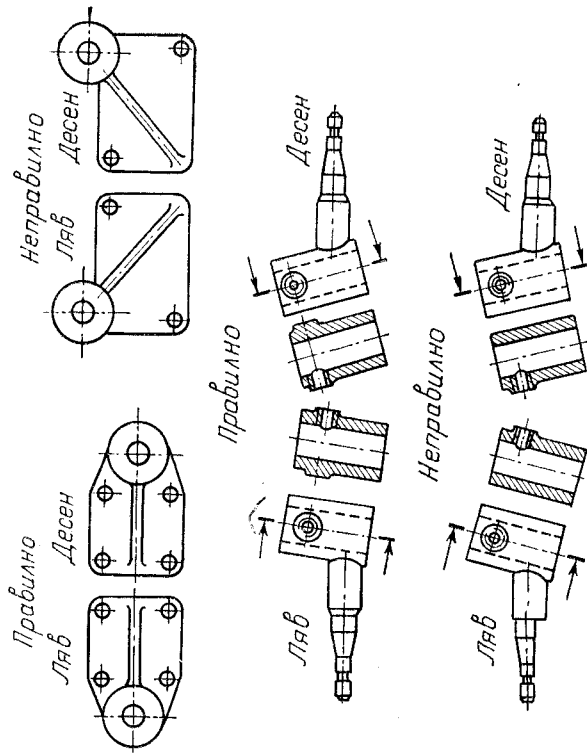
Фиг. 2.7



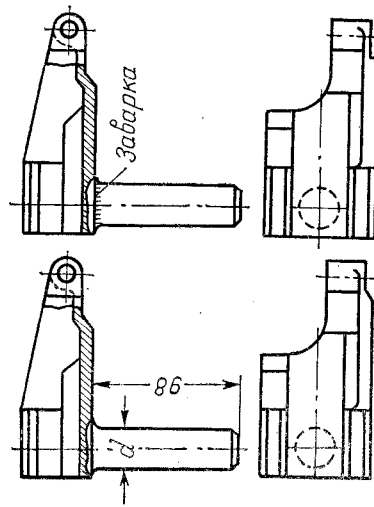
Фиг. 2.8

Значителен икономически ефект се получава при унифицирането по заготовка на леви и десни детайли от едни и същи из-

делия. Чрез такава унификация два пъти се увеличава серийността на заготовките, а това е предпоставка за прилагането на производствени методи и технологично екипиране (фиг. 2.9).



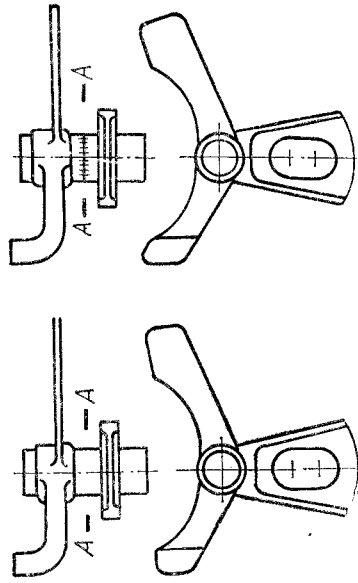
Фиг. 2.9



Фиг. 2.10

При сложни заготовки по-технологично се оказва разделянето им на отделни части, получавани чрез независимо шамповане, със

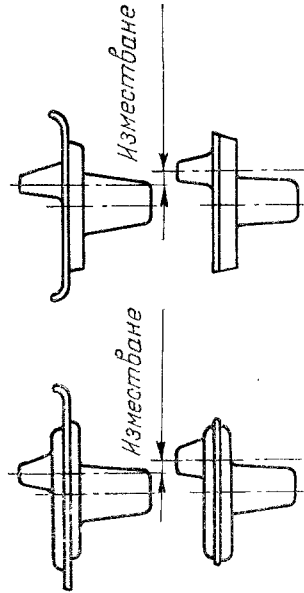
следващо съединяване чрез заваряване. Такива примери са показани на фиг. 2.10 и фиг. 2.11. Заготовката от фиг. 2.10 може да се произведе за сметка на по-малката точност и по-големите раз-



Фиг. 2.11

ходи, но тази от фиг. 2.11 изобщо не може да се получи изцяло чрез шамповане. Тя се шампова по части, разделени в равнината А-А, и след това се заварява.

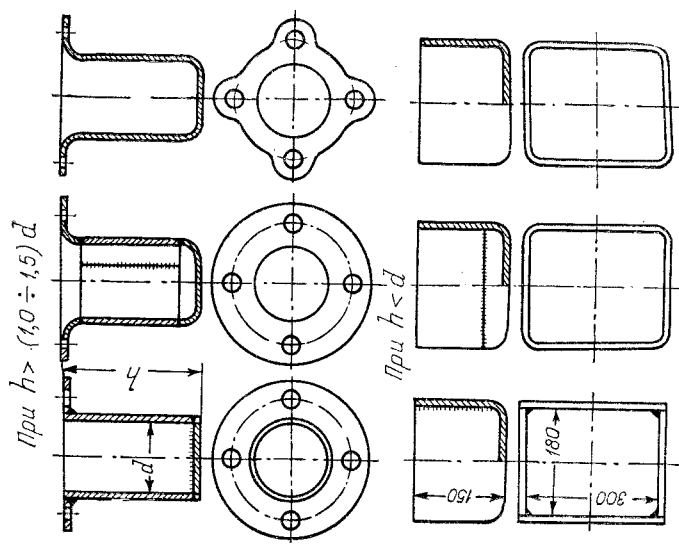
Рационалната конфигурация на шамповките трябва да осигурява целесъобразно разполагане на разделятелната повърхнина на шамповката. Последната трябва да минава през тялото на шамповката и по възможност да бъде равнина. По такъв начин се създават условия за визуално контролиране на относителното подпо-



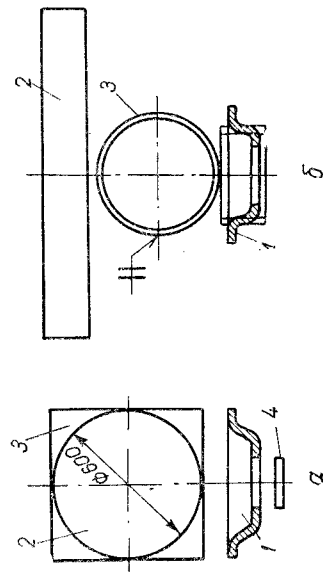
Фиг. 2.12

жение на двете половини на шамповката и за нейното по-точно центроване. По-добре се центрова заготовката и в отрязващата шамповка и отпадъкът не затяга на пуансона (фиг. 2.12).

Щамповки, получени в студено състояние. Технологичната рационалност на конфигурацията на заготовките, получени чрез листово щамповане (щанцоване), в значителна степен се влияе от

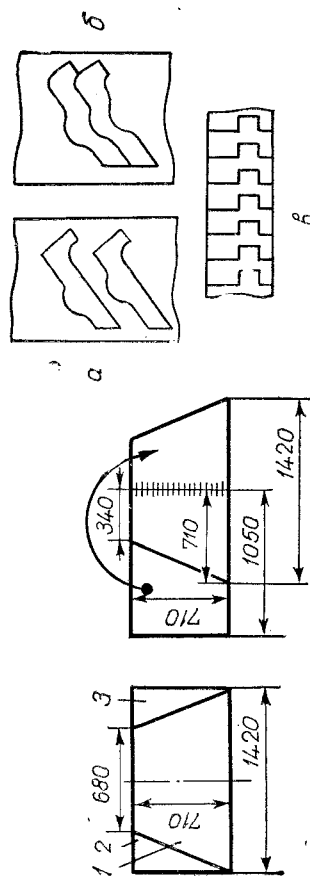


Фиг. 2.13



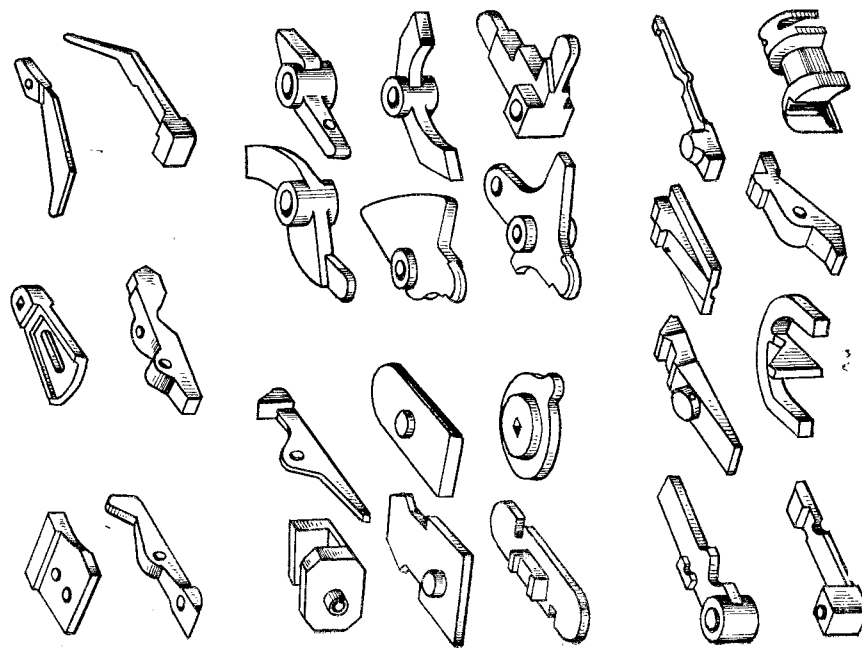
Фиг. 2.14

типа на производството. Характерно за случая е, че колкото по-малка е серията, толкова по-голям е относителният дял на работите по заваряването (заготовките се изработват съставни, фиг. 2.13).



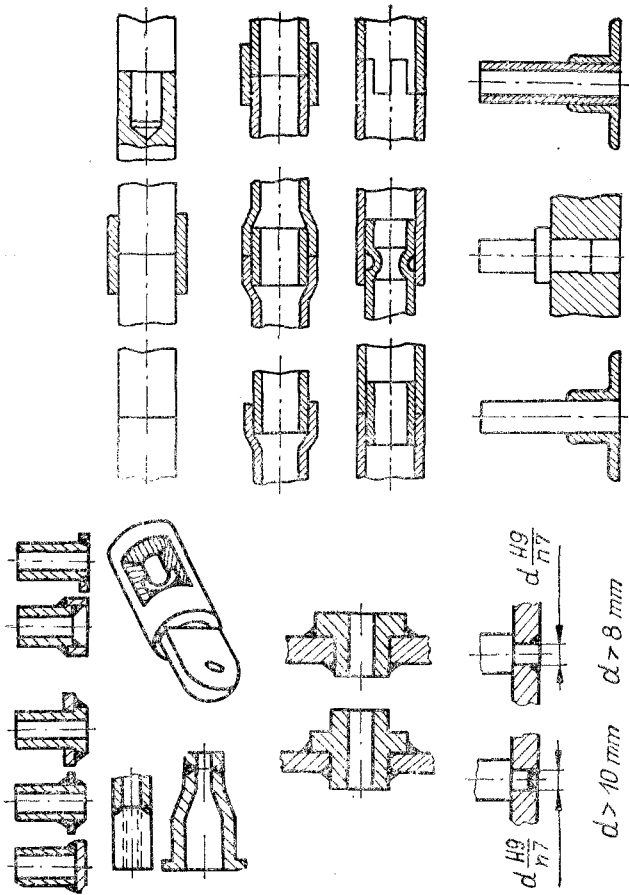
Фиг. 2.15

Фиг. 2.16



Фиг. 2.17

Използването на заваряването като междинен технологичен процес може да доведе до икономия на метал, както е показано на фиг. 2.14б, където детайлът се получава без отпадък, тъй като се шампово от заварения пръстен 3. Условие за прилагането



Фиг. 2.18

Фиг. 2.19

на този метод е рационалната конфигурация, изразяваща се в симетричността на контура на детайла. Подобен пример е показан на фиг. 2.15—заготовката е правилен трапец, което позволява тя да се изработи безотпадъчно чрез заваряване на две еднакви половини. С намалено количество отпадък ще се изработват заготовките, които имат конфигурацията, показана на фиг. 2.16б, в сравнение с тези на фиг. 2.16а. Безотпадъчно се шамповат и заготовките, показани на фиг. 2.16в.

Особено технологични са заготовките, получени чрез студено обемно шамповане. Най-голям е икономическият ефект при детайли със сложна форма, механичното обработване на които е много трудоемко, а обемът на отделните стружки — голям. На фиг. 2.17 са показани конструкциите на типови заготовки, изработени чрез студено обемно шамповане.

2.2.2. Рационалност на конфигурацията на съставни заготовки

Заварени съставни заготовки. Технологичността на конструкцията на заварените заготовки се свързва с намалените разходи на материали, време и средства за обработване чрез рязане. Някои начини за осигуряване рационалността на конструкцията в зависимост от вида на заготовките са дадени на фиг. 2.18. За нагледност заварките са означени с почерненото сечение на заваръчния шев. Вижда се и предварителната подготовка, която трябва да се направи на отделните детайли. Заварените заготовки са толкова по-ефективни, колкото по-големи са габаритите и масата им.

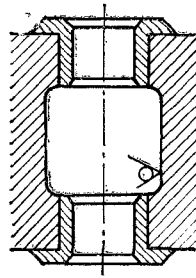
Запоени съставни заготовки. Тези заготовки се използват в някои специални клонове на машиностроене и най-вече в механичното и електротехническото уредостроене. Общо правило за осигуряване на рационална конфигурация на заготовката е осигуряването на достатъчна площ за разполагане на припои. Представя за такива заготовки се получава от фиг. 2.19. Изготвени съставни заготовки в общото машиностроене не се прилагат.

2.2.3. Рационалност на конфигурацията на детайлите

Рационалност на конфигурацията на детайлите, обработени чрез рязане. Детайлите от класа на корпусите трябва да се конструират така, че да се налага минимално обработване чрез рязане. Това се постига, като на свободните повърхнини не се предписва обработване. Конструирането на обработвани повърхнини с голяма дължина и площ трябва да се избягва (фиг. 2.20). Обработваните повърхнини, разположени от една страна на детайла, по възможност да лежат в една равнина (фиг. 2.21). По такъв начин се осигуряват условия за обработване на един проход. Предписването на обработване за наклонени повърхнини да се избягва (2.22б).

При конструирането на корпусни детайли да се осигурява възможност за точно и сигурно установяване. За целта се препоръчва да се използват специални технологични издатъци (А на фиг. 2.23). За подобряване сигурността на установяването могат да се внесат съществени изменения в конфигурацията на детайлите (фиг. 2.24б).

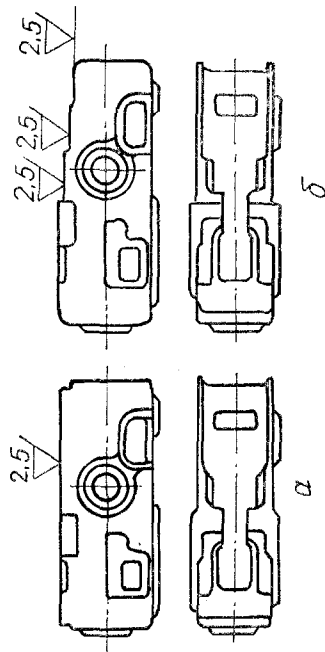
Отворите с висока точност трябва да бъдат открити и нестъпални и да допускат обработване на един преход (фиг. 2.25б). Ако се налага обработването на вътрешно чело, да се осигури възможност за свободен достъп на инструмента до него (фиг. 2.26б). Ако се налага изработването на канали в отворите в неротационни корпусни детайли, предпочитат се запресоването на втулка в гладък отвор (фиг. 2.27б).



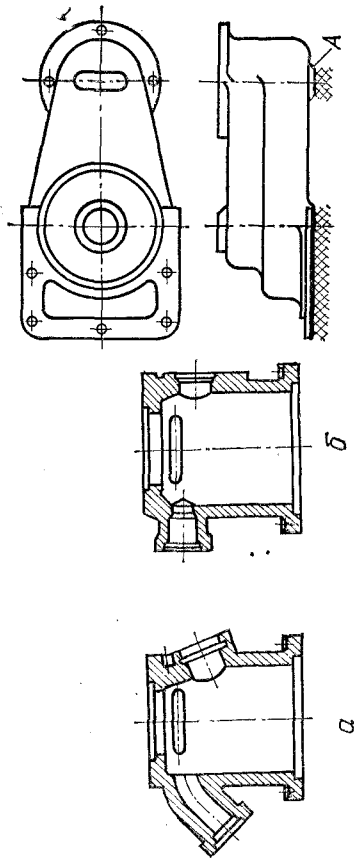
Фиг. 2.20

При анализа на технологичността на конструкцията на корпусни детайли да се преценяват възможностите за използване на заварени заготовки.

Правилно *Неправилно*



Фиг. 2.21

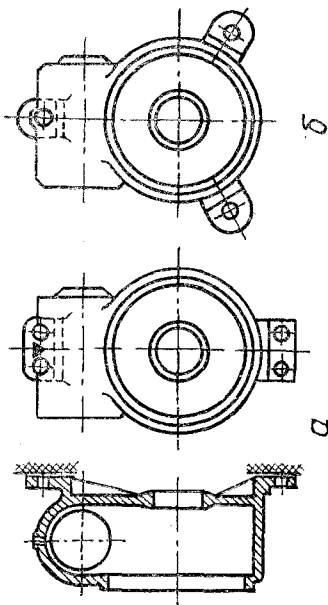


Фиг. 2.22

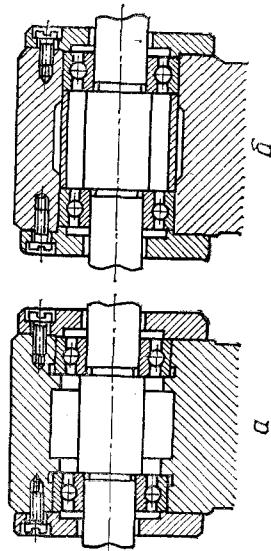
Фиг. 2.23

Детайлите от класа на валове трябва да имат предвидени центровъчни отвори. По такъв начин се осигуряват условия за точно и по-производително обработване. Стъпалните валове по възможност да се конструират с малки разлики в диаметрите на стъпалата, които да имат еднаква или кратна дължина. С това се осигуряват условия за високопроизводително обработване на многоножови стругове.

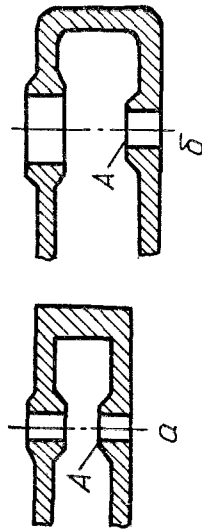
Рационалността на конструкцията на детайлите от класа на лостовете се свързва със спазването на определените правила, които най-общо могат да се сведат до следното:



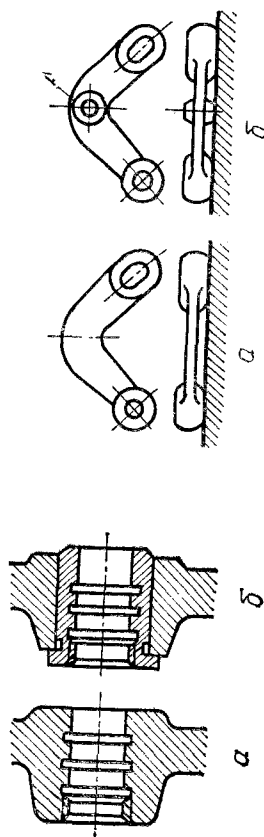
Фиг. 2.24



Фиг. 2.25



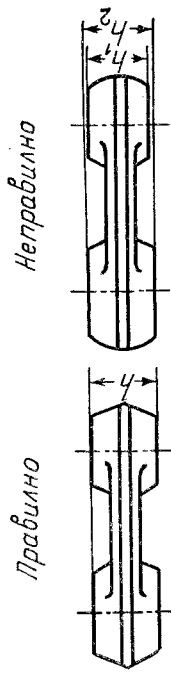
Фиг. 2.26



Фиг. 2.27

Фиг. 2.28

— да се осигурят специални условия за повишаване сигурността на установяване на заготовките при тяхното обработване, защото по конструкция те са нестабилни (фиг. 2.28б);



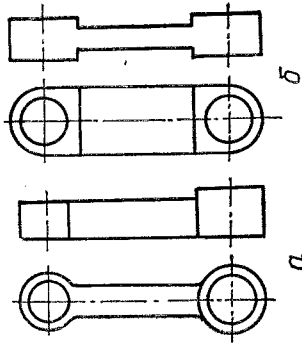
Фиг. 2.29

— да се избягва стъпалното разполагане на повърхнините, които ще се обработват чрез рязане (фиг. 2.29);

— да се конструират лостове с възможно най-прости форми (фиг. 2.30);

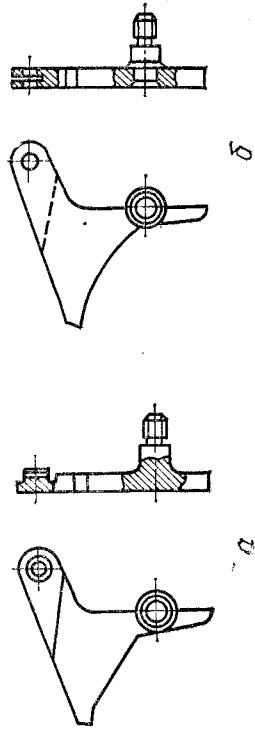
— рационализация на конфигурацията на лостовете може да се получи чрез прилагане на заварени палци и шилки (фиг. 2.31б).

За детайли от класа на дисковете и зъбните колела рационалната конфигурация трябва да осигурява високопроизводително обработване, свободен достъп на инструмента, възможност за едновременно обработване на няколко детайла и др. Като основни могат да се посочат следните правила:



Фиг. 2.30

— за зъбните колела да се осигуряват точни базови повърхнини, а ако няма такива, точността да се повишава технологично;



Фиг. 2.31

— при многовенцови зъбни блокове да се предвиждат канали с достатъчна ширина за излизане на инструмента (фиг. 2.32);

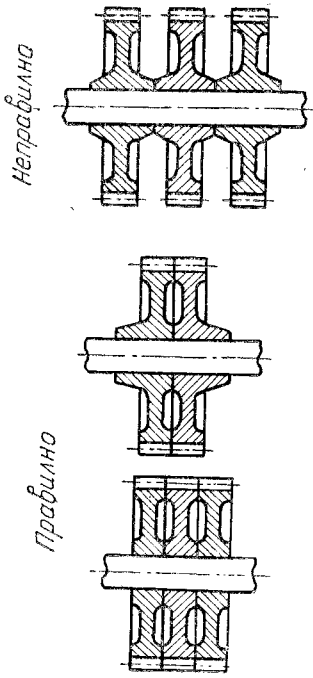
— при големи валове-зъбни колела по-рационална е съставната конструкция (фиг. 2.33);

— при конструиране на главните на зъбните колела да се осигурява възможност за едновременно обработване на повече заготовки (фиг. 2.34).

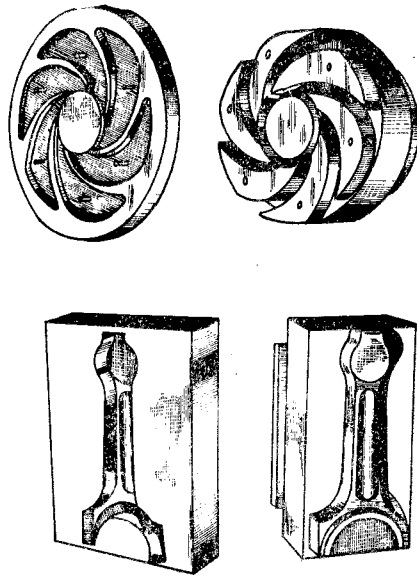


Фиг. 2.32

Фиг. 2.33



Фиг. 2.34



Фиг. 2.35

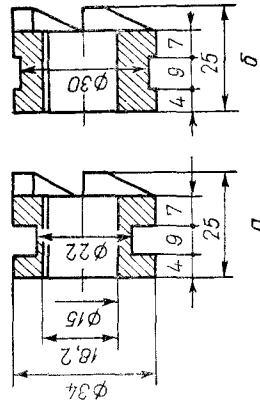
Рационалност на конфигурацията на детайлите, обработвани електроерозионно или електрохимично

Електроерозионното обработване осигурява обработването на детайли със сложна форма и в общото машиностроене се използва основно в инструменталното производство. Представа за възможната конфигурация на детайлите може да се добие от примерите, показани на фиг. 2.35.

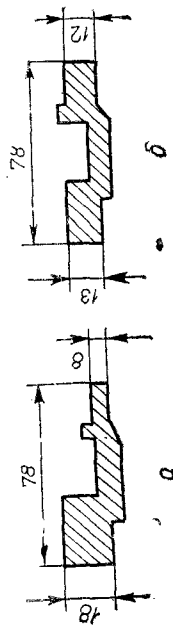
Електрохимичното обработване се прилага в специални машиностроителни производства за обработване на детайли със сложна пространствена форма. Методът не налага особени изисквания към конфигурацията на детайлите.

Рационалност на конфигурацията на детайлите, обработвани термично

Детайлите, които ще се обработват термично, трябва да имат такава конфигурация, че да се предотвратява възникването на големи напрежения и деформации. Това се постига, като се из



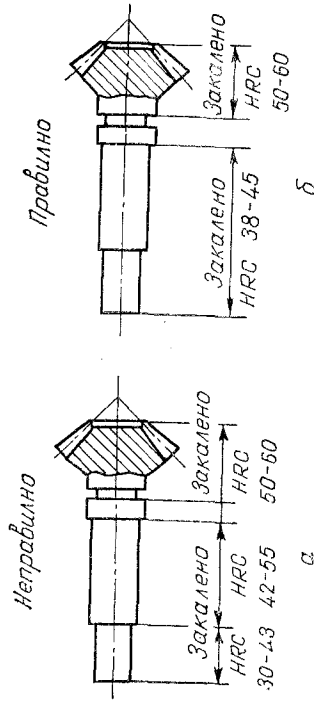
Фиг. 2.36



Фиг. 2.37

бяват резките преходи, дълбоките канали и др. под. Кухите детайли трябва да се конструират по възможност с еднаква дебелина на стените (фиг. 2.36б). Сечението на детайлите да бъде със симетрична конфигурация. Наличието на голяма асиметрия води при закаляването до значителни деформации. Изкривяванията могат

да се намалят чрез утъняване на дебелия стена и удебеляване на тънката (фиг. 2.37).

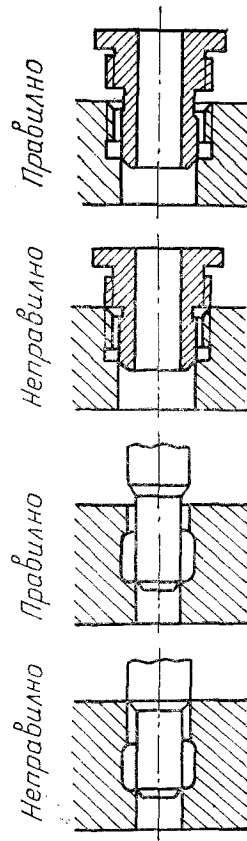


Фиг. 2.38

На детайлите, закалявани по вътрешни повърхнини, трябва да се предвиди възможност за излизане на парите при охлаждане. Да се разграничават отчетливо участъците с местно закаляване или със закаляване до различна твърдост (фиг. 2.38б).

2.2.4. Рационалност на конструкцията на сглобяемите единици

Рационалността на конструкцията на сглобяемите единици се оценява по това, дали се осигурява качествено сглобяване и дали конструкцията облекчава сглобяването и разглобяването.

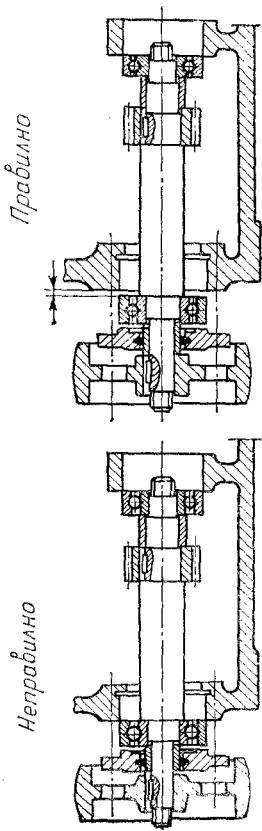


Фиг. 2.39

Ако се сглобяват ротационни детайли по няколко повърхнини чрез съответните осови размери, съединението им да се осъществява последователно (фиг. 2.39). Същото трябва да се спазва и при сглобяването на възли (фиг. 2.40). Сдружаваните повърхнини

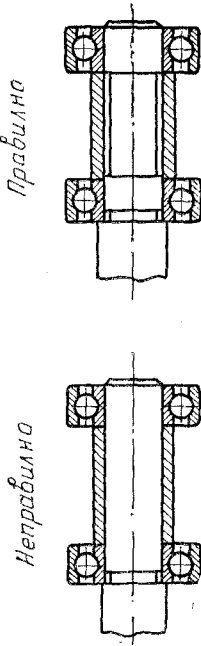
да имат по възможност най-малка дължина (фиг. 2.41), което облекчава и гарантира по-добро качество на сглобката.

При болтови връзки да се предвиждат конструктивни елементи, неразрешаващи превъртането на болтовете (фиг. 2.42). Да се

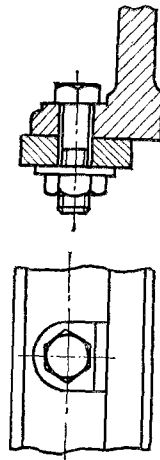


Фиг. 2.40

Правилно

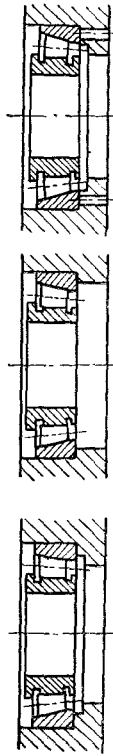


Фиг. 2.41



Фиг. 2.42

Правилно

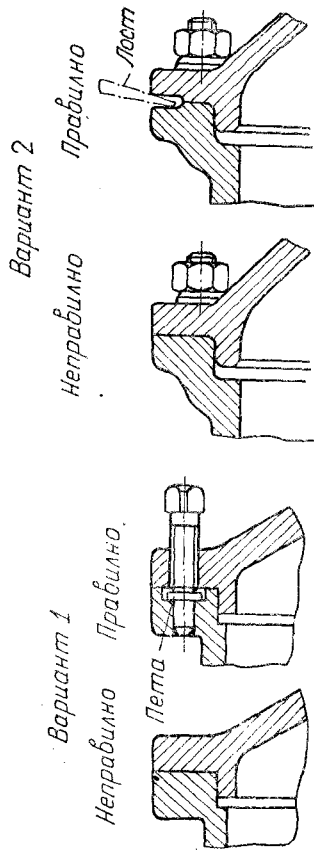


Фиг. 2.43

осигурява възможност за изваждане на лагерите от техните гнезда (фиг. 2.43). При съединения със стегнатост да се осигурят конструктивни възможности за лесно разглобяване (фиг. 2.44) — ва-

риантът 1 се прилага при детайли от цветни сплави, а при черни метали летата не е необходимо.

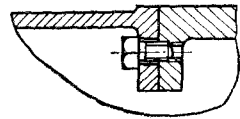
При закрепването на детайлите да се осигуряват условията за удобна работа (фиг. 2.45). При вариант 1 закрепването се изнася



Фиг. 2.44

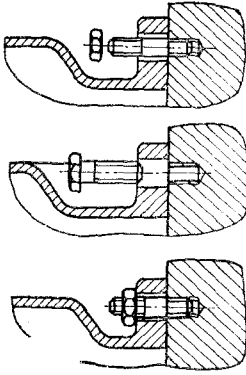
Вариант 1

Не се препоръчва



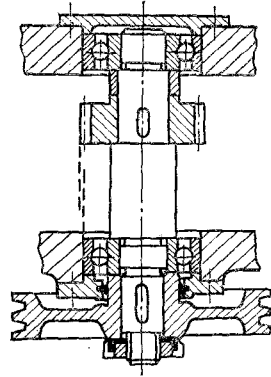
Вариант 2

Неправилно



Фиг. 2.45

Не се препоръчва



Фиг. 2.46

4. Оценява се зададената точност на размерите и се формулират предложения за целесъобразно изменение с цел подобряване на технологичността.

При разглеждания анализ на точността може да се даде заключение и за правилността на избора на конструкторските бази, използвани при измерването на детайлите. Правилно зададен размер се смята този, който участва в най-късата размерна верига, осигуряваща съответно техническо условие. Повече подробности по размерния анализ на сглобяемите единици и измерването на детайлите, а така също и по решаването на размерните вериги, могат да се намерят в [8].

Уточнените с размерни анализ размери на детайлите се приемат за технологични, тъй като на тях могат да се зададат възможни най-големите допуски. При измерването на заготовките трябва да се използват същите конструкторски бази, ако това не противоречи на технологията на тяхното получаване (разделителни повърхнини на лярски форми и щампи, съдна, поансонни и др.). Измерването на заготовките от други бази не води до рискове, ако междинните размери и размерите на заготовката се определят с помощта на размерни вериги, както е показано в гл. 4.

Точността на размерите на свободни повърхнини при разработването на курсовия проект не може да се анализира количествено, тъй като тези размери се определят от якостни или други пресмятания на изделията. За такива повърхнини трябва да се даде качествена оценка за необходимостта от допълнително обработване, ако такава е зададено от конструктора. При това се изхожда от предполагаемите условия на работа на детайла, като цикличност на натоварването, необходимост от съвместване на масовия център на тежестта с оста на въртене, ергономични и естетически изисквания и други от този род.

Точността на формата на повърхнините на детайлите при разработването на курсовия проект се анализира на технологичност, като се сравняват зададените от конструктора изисквания с предписаните по стандарта. Практически това става с помощта на табл. 1.2, 1.3 и 1.4, където са дадени степените на точност на формата, достигани с различните технологични преходи. Зададената от конструктора точност на формата се приема за технологична, ако за нейното осигуряване не се налага прилагането на допълнителен технологичен преход, който не се изисква от точността на размера.

Точността на взаимното разположение на повърхнините на детайлите се анализира на технологичност с помощта на размерния анализ, като се оценява дали зададените отклонения се налагат от условието за възможно сглобяване (шпонкови, шлицеви и други съединения) или за осигуряване точността на относителното положение на изпълнителни повърхнини на детайлите в сглобяемите единици.

на по-достъпно място, а при вариант 2 се осигурява повече място за удобно установяване и завинтване на винтовете и гайките. Трябва да се търсят възможности отделните сглобяеми единици да се сглобяват по комплекти (фиг. 2.46).

2.3. ТОЧНОСТ НА РАЗМЕРИТЕ, ФОРМИТЕ И ВЗАИМНОТО РАЗПОЛОЖЕНИЕ НА ПОВЪРХНИНТЕ НА ДЕТАЙЛИТЕ

Точността по всичките ѝ показатели има отношение както към производствената, така и към експлоатационната технологичност на изделието. В общия случай двата вида технологичност налагат противоположни изисквания — от производствени съображения за предпочитане е по-малка точност, а от експлоатационни — по-голяма.

Точността на размерите при анализа на технологичност трябва да се оценява в зависимост от това, дали размерът е: — на повърхнина, която участва в осъществяването на стандартна или нестандартна сглобка;

— определен от размерната връзка в сглобяема единица;

— на свободна повърхнина.

Правилното и обоснованото избиране на сглобките с оглед осигуряване на оптимална надеждност при експлоатация е сложен и отговорен процес, който търпи непрекъснато развитие. В тази връзка при разработване на курсовия проект от студентите се изисква само да проверят дали означените на чертежа стандартни сглобки отговарят на дадените в съответните стандарти. Сглобките, размерите и техните допускови полета трябва да отговарят на БДС 1120—77¹⁾.

Точността на размерите, определяна от размерната връзка в сглобяемата единица, при разработването на курсовия проект задължително се анализира. За целта върху сборния чертеж на единицата се чертае размерната верига, в която се включва детайлът от заданието за курсово проектиране.

При анализа на точността на размерите, участващи в размерната връзка, се работи в следната последователност:

1. Определя се дали детайлът със своите размери участва в получаването на затварящи звена на размерни вериги и кои.

2. Съставят се съответните размерни вериги, по които се получава затварящото звено, и се проверява дали те са най-късите.

3. Решават се размерните вериги за различните методи за получаване на точността на затварящото звено по реда, препоръчван в БДС 14.203—76. Допуските на съставните звена се включват в изчисленията, така както са зададени в конструктивната документация.

¹⁾ БДС 1120—77. Единна система за допуски и сглобки на СИВ. Общи положения, редове допуски и основни отклонения.

При шпонкови, шлицеви и други подобни съединения отклоненията от точното взаимно разположение на повърхнините се определя така, че да осигуряват най-малката допустима хлабина, която е затварящо звено на размерната верига.

Преди решаването на размерните вериги трябва да се провери дали зададените стойности на граничните отклонения на взаимното разположение съответствуват на стандартизираните с БДС 5634—76¹. Ако няма съответствие по стандарта, избират се най-близките до зададените от конструктора стойности. Това е необходимо, за да се отнесат граничните отклонения към съответната степен на точност. След това по табл. I.2, I.3 и I.4 се проверява дали технологичният преход, който се прилага за получаването на точността на размерите, осигурява съответната степен на точност. Ако липсва съответствие, за проверочното решаване на размерната верига се приемат стойности на граничните отклонения според степенята на точност, зададена в таблиците като технологична. За улесняване на работата в посочените таблици са дадени числените стандартни стойности на отклоненията на формата и някои отклонения на разположението на повърхнините.

Ако при решаването на размерната верига се окаже, че приетите гранични отклонения не осигуряват точността на затварящото звено, следва да се провери не съществуват ли възможности за намаляване на допуските на други съставни звена, които са размери на повърхнини на други детайли от сглобяемата единица. Този подход се препоръчва, тъй като практически точността на взаимното разположение се постига по-трудно.

При разработването на курсовия проект не винаги съществуват условия за провеждане на анализа по разглежданата методика. Най-често това се среща в случаите, когато конструктивната документация на сглобяемата единица не е комплектована с всички необходими чертежи на детайлите. Като се отчита това, допуска се анализът да се проведе по опростена методика, която включва сравняване на зададените стойности на граничните отклонения със стандартните и съответствието на степенята на точност с тази, която икономично осигурява технологичния преход, прилаган за получаване на точността на размера на съответната повърхнина.

24. КАЧЕСТВО НА ПОВЪРХНИНТЕ НА ДЕТАЙЛИТЕ

Анализът на технологичността на конструкцията на детайлите според зададеното качество на повърхнините им на настоящия етап значително се затруднява от липсата на стандартизиращи

¹ БДС 5634—76. Отклонения на формата и разположението на повърхнините. Числени стойности на граничните отклонения.

документи и достатъчно справочни данни, поради което в по-голямата си част той има субективен характер. Като се изходи от двете характеристики на качеството на повърхнините, анализът се провежда отделно за грапавостта на повърхнините и тяхната вълнообразност и физико-механичните свойства на повърхностния слой.

Грапавостта на повърхнините е характеристика, която има най-пряко отношение към експлоатационната технологичност на конструкцията и в тази връзка задаването на оптимална грапавост е един сложен проблем, по който се работи непрекъснато. В много от случаите грапавостта на повърхнините се задава по аналогия на изпитани в практиката съединения или дове повърхнини. За задачите на курсовия проект анализът на грапавостта се прави по табл. I.1. В нея са дадени основните сглобки и препоръчаните грапавости за тях.

За повърхнините, по които няма да се реализират стандартни сглобки, в курсовия проект технологичността на зададената грапавост се допуска да се оценява по това, дали съответствува на осигурената от технологичния преход точност на размера според табл. I.2, I.3 и I.4. По-обосновано заключение за оптималната грапавост може да се даде, като се използва специалната литература [18].

При разработването на курсовия проект технологичността на оптималните физико-механични свойства на повърхностния слой (структура, твърдост, знак и стойност на напреженията и др.) се оценява за стандартизираните и нормализираните детайли или техните повърхнини чрез сравняване на предписаните на чертежа изисквания със зададените в стандартите или нормите.

2.5. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЗА ИЗМЕНЕНИЯ НА КОНСТРУКЦИЯТА

Подходът, който се прилага за обосноваване на предложения за изменение на конструкцията, се изяснява чрез разглеждането на конкретен пример.

Пример. На фиг. 2.47 е показана скоростната купия на струг, която е част от главния превод, задвижващ вретеното. Необходимо е да се разработи технологичен процес за обработването на детайла *Вал—зъбно колело I*. Трябва да се направи проверка правилно ли е зададена точността на размерите на детайла (фиг. 2.48), като се използват размерните връзки в сглобяемата единица.

Детайлът е елемент на сглобяемата единица *Скоростна купия*. Анализът на технологичността на конструкцията на скоростната купия според изискванията на БДС 14.203—76, показва, че тези изисквания в значителна степен са удовлетворени.

Анализът на технологичността на конструкцията на детайла вал — зъбно колело ще бъде направен според изискванията на БДС 14.204—76. От съображения за прегледност и пълнота на анализа той се провежда последователно по реда на изискванията.

ИЗБИРАНЕ НА ЗАГОТОВКИТЕ

логичен преход „фино шлифоване“, осигуряващ степен на точност със стойност $0,01$ mm (табл. 1.2). Според БДС 5634—76 стойността на граничното отклонение трябва да бъде $0,012$ mm. Чрез анализа на размерната верига, по която се осигурява, може да се стигне и чрез анализа на размерната верига, по която се осигурява точността на зъбното зацепване между коелата 2 и 3. Като се огча на зъбното, предлага се радиалното биене да бъде $0,02$ mm. На чертежа на детайла е западено гранично чедно биене $0,01$ mm. За номинален размер до 40 mm стандартната стойност е $0,012$ mm (БДС 5634—76) и съответствува на VII степен на точност. Такава точност се осигурява чрез фино подрязване или еднократно шлифоване (табл. 1.4). Ако граничното чедно биене се западе $0,02$ mm, което съответствува на VIII степен на точност, обработването може да се реализира чрез чисто подрязване.

Границата неуспореденост на стените на канала за шпонка $0,01$ mm се огчавя към VIII степен на точност, която се постига чрез еднократно фрезование, каквато е обработването с шпонкова фреза. Следва изводът, че зададената граница на неуспореденост е технологична.

Границата несиметричност на оста на канала за шпонка спрямо оста на шийката, върху която е изработен, може да се огцени като нетехнологична, тъй като се огнася към VI степен на точност и може да се постигне с фино фрезование. Формално за несиметричност трябва да се предложи гранично отклонение $0,025$ mm, отговарящо на VIII степен на точност. Ако обаче се разгледаат условията за осъществяването на шпонковото съединение, ще се види, че това предложение е необосновано. Шпонката се слобва по вала по $H9/h9$, което означава нулева минимална хлабина, а в главината — по $D10/h9$, за която слобка минималната хлабина е $0,04$ mm. Пресмятането показва [12], че слобването на шпонковото съединение може да се осигури при гранични отклонения от симетричност за двата канала по $0,01$ mm. От изложеното следва да се направи изводът, че зададената граница несиметричност трябва да остане както е на чертежа. За нейното осигуряване трябва да се вземат мерки, които включват точното насройване на технологичната система и точното базирание, което за случая се препоръчва да бъде между центри.

Грапавостта на цилиндричните повърхнини, по които се осъществяват стандартните слобки е зададена правилно (табл. 1.1). Правилно е зададена и грапавостта на свободните повърхнини, която се осигурява чрез еднократно или чисто струговане. Добре е зададена и грапавостта на цилиндричната повърхнина на зъбния венец, осигурявана с чисто обстъргване, което се налага от точността на размера. Грапавостта на работните повърхнини на зъбите също е правилно западена, тъй като съответствува на пределованата за конуса от VII степен на точност [4]. Технологични са грапавостите и на челните повърхнини и канала за шпонка — те съответствуват на технологичните преходи, прилагани за осигуряване на точността на размерите.

Грапавостта на двете крайни чела на вала е технологична, защото се осигурява чрез грубо фрезование или еднократно подрязване (табл. 1.4).

3. Физико-механичните качества на детайла се приемат за обосновани при анализа сподобни детайли. Основание за такъв извод дава и фактът, че детайлът по паспорта на izdeleto не е включен в числото на безразносващите се части.

4. На детайла са предвидени точни базова повърхнини — центровъчните огвори, осигуряващи точността на установяването и контрола.

5. Съчетанието на повърхнините на детайла е такава, че позволява прилагането на високопроизводителни методи за осигуряване на точността и грапавостта им.

6. Конструкцията на детайла осигурява възможност за прилагането на типов технологичен процес.

7. Детайлът е от такъв клас, за който у нас не се използва технологично екипиране за едновременно обработване на повече от един детайл. Конструкцията му обаче позволява прилагането на стругово обработване върху полуавтомати с непрекъснато действие, използвани в СССР.

8. Детайлът може да се изработи от унифицирана заготовка, получена чрез горешо шамповане или от валцован прътов материал.

9. Конструкцията на детайла позволява заготовката да бъде получена по рационален начин, тъй като не са поставени никакви предварителни условия.

Избирането на заготовките е отговорна работа, която се изпълнява в началото на работната фаза на проектиране на технологичния процес. Видът, формата и размерите на заготовките оказват съществено влияние на технико-икономическите показатели на целия технологичен процес. Избирането на заготовките включва определянето на метода за тяхното получаване, формата, радиусите на закръгление, шамповъчните и леярските наклони, прибавките, допуските и размерите на изходната заготовка.

3.1. ВИДОВЕ ЗАГОТОВКИ И МЕТОДИ ЗА ТЯХНОТО ПОЛУЧАВАНЕ

3.1.1. Заготовки от прътов и листов валцован материал и тръби

Прътовият валцован материал се използва като заготовка при изработването на детайли, конфигурацията на които е близка до тази на напречното сечение на прътовете и когато за получаване на окончателната форма на детайла не се налага снемането на голямо количество материал. Според начина на получаване, определят точността на формата и размерите на напречното сечение прътовият материал бива: горещовалцован, студеновалцован (калиброван) и с повишено качество на повърхнината (сребрянка). Според формата на напречното сечение той е кръгъл, квадратен, шестостенен, за призматични и сегментни шпонки и с други профили.

При закрепване в цапгов патронник се избира калиброван прътов материал с точност $7 \div 12$ клас (табл. 1.6). Същият материал се използва и когато най-големият диаметър на детайла не се обработва, но към повърхнината се предявяват определени изисквания. Върху автоматични и револверни стругове могат да се обработват детайли от прътов материал с диаметър до 100 mm.

В редни случаи заготовките могат да се получат от тръби (табл. 1.7), тъй като коефициентът на използване на материала може да бъде по-голям, а себестойността по-малка, отколкото при заготовки от кръгъл прътов материал или шамповки. Когато диаметърът на заготовката е по-голям и не могат да се намерят подходящи тръби, използват се заготовки, получени от листов материал чрез огъване и заваряване.

В отделни случаи в условията на единично и дребносерийно производство заготовките за различни фланци, пръстени и други детайли могат да се получат от горещовалцован листов материал (БДС 3992—70) чрез изрязване с газови горелки.

В условията на масово производство заготовките за стъпални валове могат да се получат от кръгъл периодичен профилен материал.

Масата на заготовките от прътов материал се определя от таблици на основата на данни за масата на един линейен метър. При липса на такива таблици тя се изчислява по формулата

$$G = V\rho \text{ kg.} \quad (3.1)$$

където V е обемът на заготовката, m^3 ;

ρ — плътността на материала на заготовката (за стомана $\rho = 7,85 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$), kg/m^3 .

Броят на заготовките, получавани от един прът, се определя по следната формула:

$$n = \frac{L - K - q}{l + B + 2z_0}, \quad (3.2)$$

където L е дължината на стандартния прътов материал, mm ;

l — дължината на детайла, mm ;

B — широчината на материала, който се снема при отрязването (табл. 3.1), mm ;

z_0 — общата прибавка за обработване на едното чело на заготовката, mm ;

Таблица 3.1

Метод на отрязване	Диаметър на отрязвания материал, mm									
	до 20	20—30	30—45	45—75	75—100	100—125	125—150	150—200	200—350	
На универсални или револверни стругове с отрезни ножове	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0	5,0	6,0	7,0	10,0	
На фрезови машини с циркулярни фрези	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	—	—	—	—	
На циркулярна резачна машина	4,0	4,0	4,0	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0	
На механична ножовка	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	—	

Широчина на снемания материал при отрязване, mm

K — дължината на остатъка от материала при всеки прът, необходим за затягане при отрязване на последната заготовка, mm ;

q — дължината на остатъка от материала поради некрайността на полезната част на пръта спрямо дължината на материала за една заготовка ($l + B + 2z_0$), mm .

Дължината на остатъка K се допуска да бъде: при обработване върху автоматични стругове—50—150 mm ; при обработване върху револверни стругове—30—60 mm ; при универсални стругове—15—30 mm . Дължината на остатъка q при детайли с дължина $l \leq 200 \text{ mm}$ се приема равна на $l/2$.

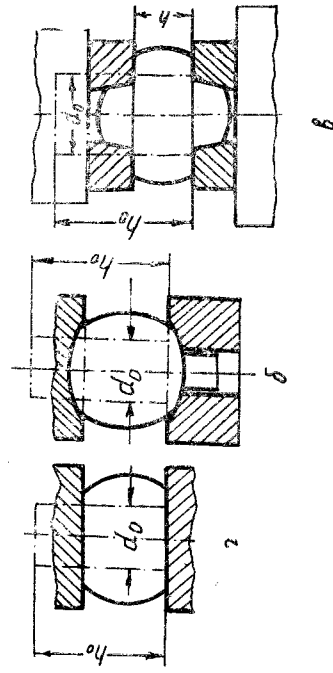
При заготовки с по-голяма дължина, когато полезната част на пръта не е кратна на дължината на една заготовка, може да се използва комбинирано разкрояване. В този случай от един прът се нарязват заготовки за два или повече видове детайли с различна дължина.

3.1.2. Заготовки, получени чрез свободно коване (изковки)

Малки и средни изковки се използват в условията на дребносерийното производство, а големи—при всички типове производства. Чрез свободно коване се изработват заготовки с маса от 0,150 до $250 \cdot 10^3 \text{ kg}$.

При избиране формата на изковките трябва да се имат предвид ограниченията, дадени в табл. 3.2.

За получаване на заготовки с по-голямо напречно сечение и за подобряване на еднородността на структурата на материала изходната заготовка се подлага на сбиване между чука и нако-

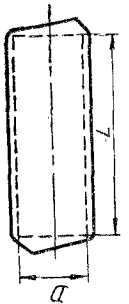
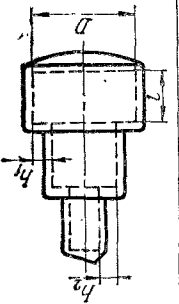
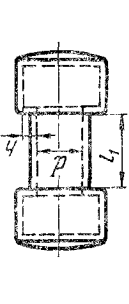
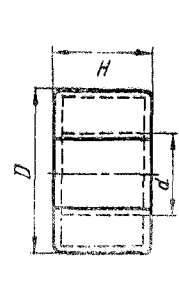
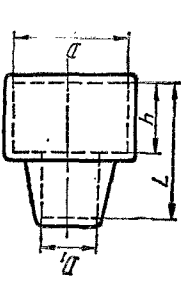


Фиг. 3.1

валната или между плочи, при което трябва да се спазва ограничението $h_0 < 3d_0$ (фиг. 3.1 а). В условията на дребносерийно производство освен сбиване може да се извърши и оформяне на

Таблица 3.2

Съотношение между размерите на детайла и изковката

Вид на изковката	Форма на изковката	Съотношение между размерите на детайла и изковката
Гладки с кръгло и правоъгълно сечение		$L > 1,5D$
Кръгли със стеснявания		$L > 0,3D$ $h_{1,2} > 5 \text{ mm}$
Кръгли с междинно стесняване		$l_1 > d$ $h > 5 \text{ mm}$
Втулки		$H \leq D$ $d > 0,5 D$
Фланци		$L \leq D$ $h < 0,75 L$ $D - D_1 > 0,2 D$

част от заготовката. За целта се използват междинни плочи или втулки, профилирани според формата на заготовката (Фиг. 3.1 б, в).

Масата на изходната заготовка при свободно коване се определя по формулата

$$G = G_{\text{изк}} + G_0 \text{ kg,} \quad (3.3)$$

където $G_{\text{изк}}$ е масата на изковката, kg;

G_0 — общият материал, който изгаря при загряването на заготовката и се отделя при нейното почистване, kg.

При сбаване и пробиване G_0 е 1,5—2,5% от масата на заготовката, при изтегляне на гладки валове—5—7%, при стъпални валове—10—12%, при колянови валове—25—30%.

3.1.3. Заготовки, получени чрез шамповане (шамповки)

Шамповането се прилага за изработване на заготовки от типа на зъбни колела, фланци, лостове, корпусни детайли с проста конфигурация и др. В ковачко-шамповъчните заводи и в цеховете на машиностроителните заводи са разпространени главно два начина на шамповане: в открити и закрити шампи. Шамповането в закрити шампи има следните предимства в сравнение с шамповането в открити:

— съкращава се разходът на метал с около 20—40% в резултат на премахване на израстъците и намаляване на прибавките за обработване;

— получава се по-голяма точност на диаметралните размери и по-малка грапавост;

— необходимата за шамповане мощност е с около 40% по-малка поради намаляната площ на шампованата заготовка (липсва израстъкът);

— отпада необходимостта от операцията изрязване на израстъка. Поради изложените предимства шамповането в закрити шампи, което се нарича още безотпадъчно шамповане, е доста перспективен метод, особено при заготовки с ротационна форма. Недостатъците на безотпадъчното шамповане са:

— точността на височинните размери на заготовката е по-малка;

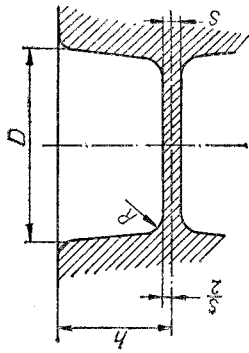
— изходните заготовки трябва да се отрязват с по-голяма точност;

— не е възможно всички заготовки, които могат да се шамповат в открити шампи, да се изработват с безотпадъчно шамповане.

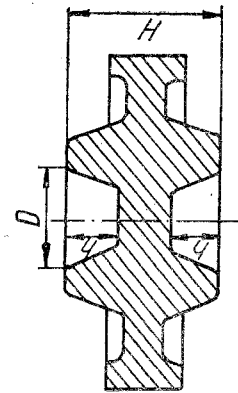
Шамповането може да се извърши върху механични чукове, преси или хоризонтално-ковашки машини. Поради голямата скорост на падащата част на механичните чукове (около 5 m/s) на тях е възможно да се шамповат само заготовки от по-пластични метали и сплави като нисковъглеродни стомани, алуминиеви и медни сплави и др. Метали и сплави с по-малка пластичност, каквито са високовъглеродните стомани, магнезиевите сплави и др., не допускат такава висока скорост на деформиране, за това се шамповат на механични преси, при които скоростта на падащата част е около 0,5 m/s.

Шамповането на заготовки върху преси се осъществява на един ход, докато при чуковете—с няколко удара. Поради тази причина независимо от по-малката скорост на движение времето за шамповане на пресите е по-малко, отколкото при чуковете. Механичните (кривошипните) преси работят по-безшумно и са по-подходящи за механизация и автоматизация на процеса.

Основен недостатък на шамповането върху преси е задържането на нагар по повърхнините на заготовките след тяхното шамповане. Вследствие на безударната работа на пресите образуванят при нагриването нагар не се отделя, както при чуковете, а се на-



Фиг. 3.2



Фиг. 3.3

бива в повърхнините на заготовката. За отстраняване на този недостатък трябва да се вземат мерки за намаляване на окисляването на заготовките или отстраняването на нагара след загрева-

нето. **Шамповане на чукове.** Типовите заготовки, които могат да се шамповат на чукове и преси са показани на фиг. 5.1. При шамповане на заготовки с отвори между горната и долната част на шампата се оставя минимално дебел слой метал, който след това се обрязва (фиг. 3.2). При шамповки със средни размери вместо отвор се шамповат конусни гнезда (фиг. 3.3).

Таблица 3.3

Размери на каналите за израстъците (фиг. 3.4)

h_0	h_1	A		B		B			
		b	b_1	b	b_1	b_1	S		
0,6	3,0	6	18	6	20	0,61	8	22	0,74
1	3,0	7	22	8	25	0,80	10	28	1,04
2	4,0	9	26	10	28	1,36	12	32	1,77
5	7,0	12	32	15	40	3,43	18	46	5,06
8	10,0	14	38	18	46	6,01	22	55	9,03
10	12,0	15	40	20	50	7,68	25	60	12,08

Забележки: Всички линейни размери са в мм; S—лицето на напречното сечение на канала без мостчето, cm^2 ; $h_2=0,015 h_1$; $h_1=\sqrt{S_1}$; S_1 —лицето на хоризонталната проекция на сечението на шамповката по делителната повърхнина, mm^2 .
Когато при шамповането преобладава сбиването на метала, размерите се вземат от колонка A; когато преобладава изтичането на метала—от колонка B; при шамповки със сложна форма—от колонка B.

Таблица 3.4

Минимални радиуси на закръгление за външни и вътрешни ръбове

$\frac{h}{b}$	Външен радиус r, мм	Вътрешен радиус R, мм
До 2	$0,05h+0,5$	$2,5 r+0,5$
Над 2 до 4	$0,06h+0,5$	$3,0 r+0,5$
Над 4	$0,07h+0,5$	$3,5 r+0,5$

Забележки: 1. Радиусите на закръгление на вътрешните ъгли трябва да бъдат по-големи от радиусите на закръгление на външните ъгли, за да не се получи брак при шамповането и да не се намали трайността на шампата.
2. h е дълбочината на канала (кухината), мм; b—ширината на канала, мм.

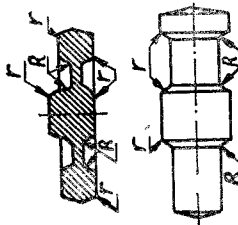


Таблица 3.5

Шамповъчни наклони

Машинна, на която се извършва шамповането	Наклони, градуси, не повече от	
	Външни стени	Вътрешни стени
Механични чукове	7	10
Кривошипни или фриксионни преси	3	7
Хоризонтално-ковашки машини	5	7

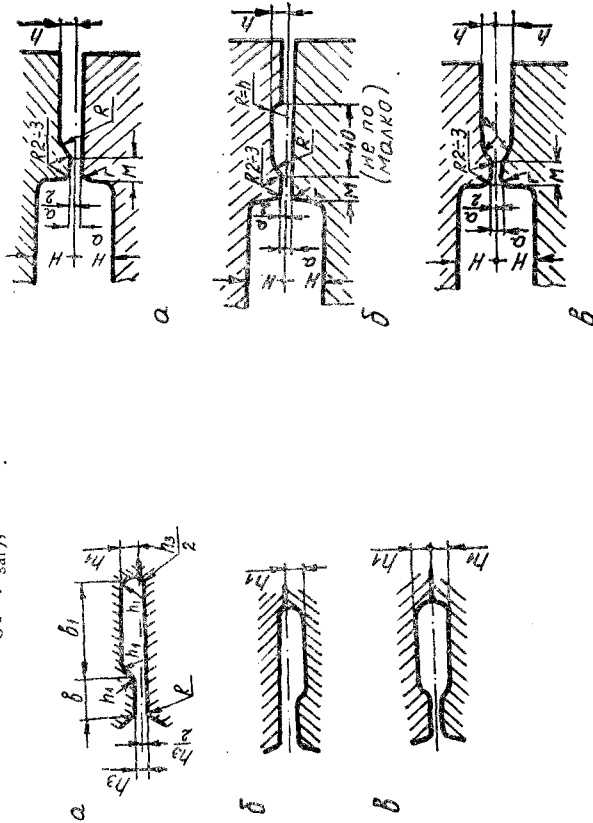
При разработване на чертежа на заготовката е необходимо да се определят: делителната повърхнина [36], формата и размерите на каналите за израстъците (табл. 3.3 и фиг. 3.4), радиусите на закръгление (табл. 3.4), шамповъчните наклони (табл. 3.5), прибавките (табл. III.1 и табл. III.2) и долуските (БДС 4784—62, [36]).

Показаната на фиг. 3.4 а форма на каналите за израстъците е най-разпространената. Когато заготовката се шамповва изцяло в долната половина на шампата, се препоръчва каналът, показан на фиг. 3.4 б. При увеличен обем на израстъците, когато дължината на изходните заготовки има значително отклонение или шамповките са сложни, се препоръчва каналът, показан на фиг. 3.4 в.

Изходните заготовки за шамповане най-често се отрязват от прътов материал с кръгло или друго подходящо сечение. За определяне на размерите на изходната заготовка най-напред се определя обемът ѝ по формулата

$$V = V_{\text{заг}} + V_{\text{изр}} + V_{\text{изг}} \text{ mm}^3 \quad (3.4)$$

където $V_{заг}$ е обемът на заготовката след обрязването, mm^3 ,
 $V_{изг}$ — обемът на израстъците (табл. 3.6), mm^3 ;
 $V_{изг}$ — обемът на материала, който изгаря при нагряването на заготовката (при загряване в пещ $V_{изг}$ е 2% от $V_{заг}$), mm^3 .



Фиг. 3.4

Напречното сечение S или диаметърът d на изходната заготовка се определят от следните формули:
 при шамповки с ротационна форма, които се получават чрез сбиване на челата —

$$d = (0,8 \div 1,0) \sqrt[3]{V} \text{ mm}, \quad (3.5)$$

където V се определя по формул. (3.4);
 при шамповки, на които площта на напречното сечение за различните участъци малко се различава —

$$S = (1,05 \div 1,3) \sqrt[3]{V} \text{ mm}^2; \quad (3.6)$$

където L е дължината на заготовката, mm ;
 при шамповки, на които площта на напречното сечение за различните участъци се различава рязко —

$$S = (0,7 \div 1,0) S_{\max} \text{ mm}^2, \quad (3.7)$$

където S_{\max} е максималната площ на напречното сечение на заготовката, включително израстъците, mm^2 .

Таблица 3.6
 Обем на израстъците в % от масата на заготовката

Ширина на канала b , mm	Височина на канала, mm			
	1	6	8	10
15	6	9	12	15
20	8	12	16	20
25	10	15	20	25
30	12	18	24	28

Обем на израстъците в % от масата на заготовката

Таблица 3.7
 Размери на каналите за израстъците при шамповане на преси (фиг. 3.5)

Номинална сила на пресата, MN	Размери на канала, mm				R
	a	M	h	R	
6,3	1,0+1,5	4+5	5	15	
10,0	1,5+2,0	4+6	6	15	
16,0	2,0+2,5	5+6	6	20	
20+25	2,5+3,0	6+7	6+8	20	
31,5+40	3,5+4,0	6+8	8	25	

Радиус r в зависимост от размера H

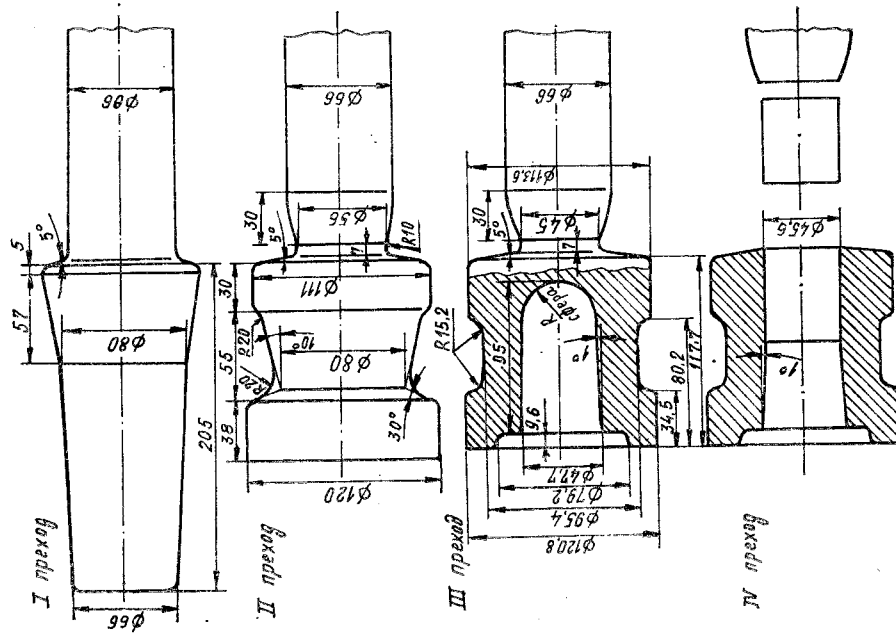
H , mm	1+3	3+8	8+20	20+30	30+60	над 60
r , mm	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5+4,0

Таблица 3.8
 Сила на пресата в зависимост от масата на шамповката

Маса на шамповката, kg	до 0,3	0,4+1,5	1+3	2+10	5+25	10+90
Сила на пресата, MN	до 1,0	1+2	2+5	5+10	10+30	30+60

Шамповане на кривошипни преси. Най-разпространената форма на каналите на израстъците при шамповане на преси е дадена

изработване на дълги плътни или кухи заготовки; прибавките и щамповъчните наклони са по-малки, отколкото при чуковете и др.



Технически изисквания

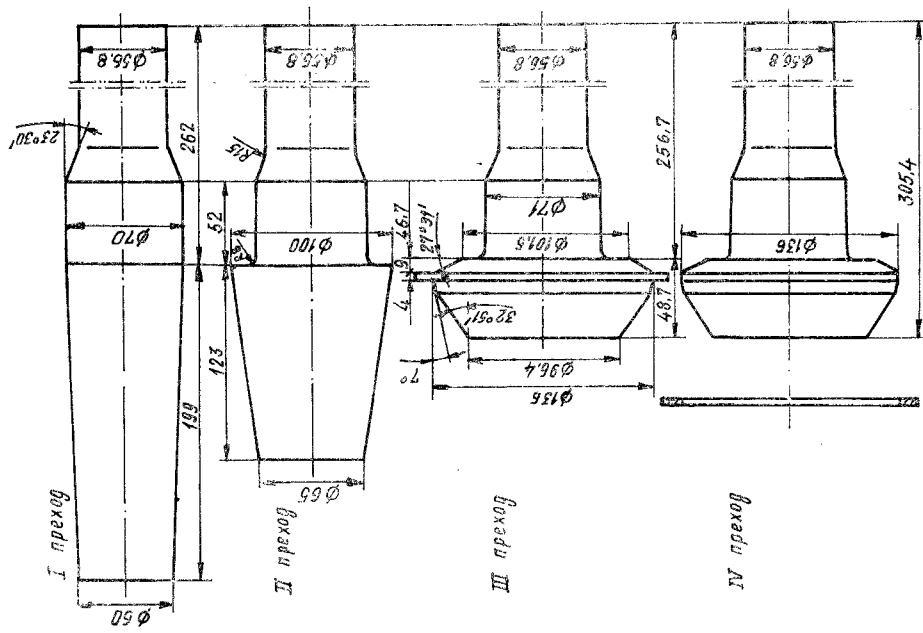
1. Неозначените радиуси на закръгление 3÷5 mm
2. Обвиване 1,5%

а

Фиг. 3.9 а

Недостатъците при щамповането на хоризонтално-ковашки машини са: необходим е прътов материал с повишена точност; трудно е отделянето на нагара при щамповането и др. Заготов-

ките, които се изработват на хоризонтално-ковашки машини, могат да се получат и на чукове и преси.



Технически изисквания

1. Неозначените радиуси на закръгление 3÷5 mm
2. Обвиване 1,5%

б

Фиг. 3.9 б

Оформянето на заготовката може да се извърши едновременно в матрицата и пуансона (фиг. 3.7а) или само в пуансона (фиг. 3.7б). Валове с фланци могат да се щамповат без израстъци (фиг. 3.8а) или с израстъци (фиг. 3.8б), които се обрязват в специално гнез-

Диаметър на изходната заготовка

Тип на заготовката	Скица	Диаметър на пръта d , mm
Валове с фланци или удвеляване		Равен на диаметъра на вала d
Вгълки и пръстени		$d = (0,8 + 0,95) \sqrt{D^2 - d_0^2}$, но не повече от $2,2 d_0$
Чаши		$d = (0,8 + 0,95) \sqrt{D^2 - d_0^2}$

до на шампата на хоризонтално-ковашката машина (фиг. 3.8б) или на преса.

Размерите на израстъците се избират от табл. 3.9, а диаметърът на изходната заготовка (пръта) — от табл. 3.10.

Примери за последователността на преходите при шамповане на хоризонтално-ковашката машина са дадени на фиг. 3.9. а — шамповане на заготовка за зъбен блок; б — шамповане на заготовка за вал — зъбно колело.

3.1.4. Заготовки, получени чрез отливане (отливки)

Методите за получаване на отливки са обикновени и специални. Към обикновените се отнасят леенето в пясъчни форми чрез ръчно формоване (с модел или шаблон) и леенето в пясъчни форми чрез машинно-формоване. Най-разпространените специални методи са: леене в метални форми (кокили); леене под налягане; центробежно леене; леене в черупкови форми; леене чрез стопяеми (восьчичи) модели; леене с противоналягане и др.

Данни за прибавките на отливки от стомана и чугун са дадени в табл. III.3, за допустимите отклонения — в табл. I.12 и за точността и грапавостта на повърхнините — в табл. I.13.

3.2. ИЗБИРАНЕ НА ВИДА И ФОРМАТА НА ЗАГОТОВКИТЕ

При избиране на вида и формата на заготовките се изхожда от материала, конфигурацията, размерите и качеството на повърхнините на детайла и от типа на производството.

На фиг. 3.10 са показани различни форми на заготовките за зъбен блок. В условията на единично и дребносериенно производство заготовка може да бъде от прътов материал (фиг. 3.10а). В условията на средносериенно производство най-често заготовките за такива детайли се получават чрез шамповане на чук или преса (фиг. 3.10б). При по-голям мащаб на производството шамповането може да се извърши на хоризонтално-ковашката машина (фиг. 3.10в).

За да се избере правилно видът и формата на заготовките, е необходимо да се направи технико-икономически анализ, който трябва да включва не само себестойността на заготовката, но и разходите за обработване, които ще бъдат различни за заготовки, получени по различни методи.

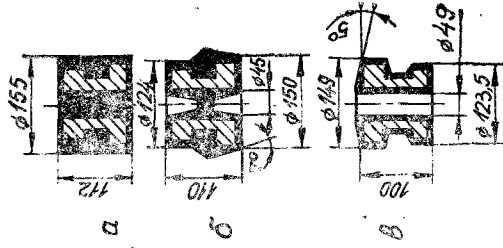
Каго се изхожда от типа на производството, могат да се сравняват различни варианти на заготовките: от прътов материал с изковки или шамповки; изковки с отливки; шамповки, изработени на чук, и шамповки, изработени на преса или хоризонтално-ковашката машина; отливки в пръст с отливки в метална форма и т. н. Каго пример в табл. 3.11 е дадена сравнителна себестойност на различни заготовки за един детайл.

При избирането на варианти за заготовки се изхожда от следните основни съображения.

1. Заготовките за гладки валове и стъпални валове с малки размери или малка разлика в диаметрите на отделните стъпала се избират от прътов материал независимо от типа на производството.

2. В условията на единично и дребносериенно производство заготовките за валове и зъбни колела с малки и средни размери, се избират също от прътов материал. Заготовките за стъпални валове и зъбни колела с големи размери се получават чрез изковане или отливане.

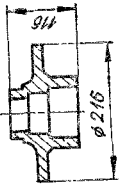
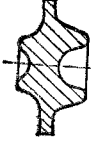

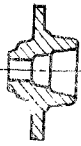
3. В условията на едросериенно и масово производство заготовките за стъпални валове е по-голяма разлика в диаметрите на стъпалата се получават чрез шамповане на хоризонтално-ковашки



Фиг. 3.10

Таблица 3.11

Относителна себестойност на различни заготовки за един детайл

Метод на шамповане	Вид на детайла и заготовките	Допуски на размерите, mm		Маса, Kg	Относителна себестойност на заготовките, включително разходите за обработване
		+	-		
Готов детайл		—	—	4,5	—
Щамповане на чук в едногнездова щампа		2,3	0,9	8,9	100%
Щамповане на чук в двугнездова щампа		1,2	0,7	8,0	85%
Щамповане на хоризонтално-ковалшка машина		1,2	0,7	7,4	75%

мащини, чрез ротационно коване или се нарязват от кръгъл педриодичен профилен материал. При тези условия заготовките за зъбни кола се получават най-често чрез шамповане на преси и хоризонтално-ковалшки машини.

В курсовия проект по Технология на машиностроенето студентите сравняват два или повече варианти на заготовките за един от детайлите, посочен от ръководителя на проекта, като правят технико-икономически анализ според методиката в гл. 5. За всеки от останалите детайли се предлагат по няколко варианта на заготовки. Когато конфигурацията на някой от детайлите е такава, че е възможен или целесъобразен само един вариант, студентите посочват само него, като правят съответната обясновка. Напр. корпусният детайл може да е с такава конфигурация, че да е възможно само леее в пясъчни форми.

3.3. ТЕХНОЛОГИЧЕН МАРШРУТ ЗА ИЗРАБОТВАНЕ НА ЗАГОТОВКИТЕ

При изработване на заготовки от прътов материал технологичният маршрут е следният:

1. Отрязване.
2. Термично обработване.
3. Изправяне.
4. Контролиране.

В табл. 3.12 е дадена точността, която се получава при най-разпространените методи за изправяне, а в табл. III.13 — точността при отрязване.

Таблица 3.12

Точност при изправяне на заготовките

Метод за изправяне	Точност на изправянето, mm, на 1 m дължина	Област на използване
Изправяне чрез удари с ръчен чук при поставяне на заготовката върху плоча	2 ± 3	Изправяне на заготовки със сравнително малък диаметър в условията на единично и дребносерийно производство
Изправяне с помощта на ръчни, механични и хидравлични преси	0,05 ± 0,15	Изправяне на заготовки с диаметър: 25—30 mm при винтовите преси; 30—50 mm при пневматичните преси; 60—100 mm при кривошипните и фриксионните преси и над 100 mm при хидравличните преси
Изправяне с помощта на ролкови изправящи машини	0,5 ± 0,9	Изправяне на прътове и заготовки с диаметър до 200 mm
Изправяне с помощта на изправящо-калибровачни машини	За необработен прът 0,5 ± 0,9 За предварително обстърган 0,05 ± 0,2	Изправяне и калиброване на прътове с диаметър 5—100 mm. Дължина на прътовете 2 ± 7 m

При изработване на изковки технологичният маршрут е следният:

1. Отрязване на изходната заготовка.
2. Нагриване на заготовката.
3. Изковане.
4. Термично обработване.
5. Почистване (отделяне на нагара или окисите).
6. Контролиране.

При изработване на заготовки чрез шамповане технологичният маршрут е:

1. Отрязване на изходната заготовка.
2. Нагриване на заготовката.
3. Щамповане.
4. Изрязване на изразъгците (щамповане).

ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА ПРОЦЕДУРИТЕ ПРИ РАЗРАБОТВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИТЕ ПРОЦЕСИ ЗА ИЗРАБОТВАНЕ НА ДЕТАЙЛИТЕ

Разработването на технологичните процеси за изработване на детайлите изисква спазването на определена последователност на процедурите. При това след изпълнението на някои от процедурите се налага да се правят проверки за съгласуваност (обратна връзка) с изпълнени преди това процедури (фиг. 1.1).

4.1. ИЗБИРАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИЯ МАРШРУТ

Технологичният маршрут за изработване на детайлите може да се синтезира чрез определянето на методите за обработване на реалните геометрични повърхнини, включени в конфигурацията на детайлите, или да се избере като типов за дадения клас детайли. При разработването на курсовия проект се прилага и двата подхода в зависимост от наличието на съответната изходна информация, дадена в специалната и справочната литература.

Прилагането на подхода за синтезиране на технологичния маршрут според методите за обработване на елементарните повърхнини има предимството, че се създават условия за изучаването на повече подробности по новите методи за обработването, а така също и за сравняване на предимствата и недостатъците на отделните методи. Създават се условия и за влагане на повече творчество при проектирането.

При синтезирането на технологичния маршрут и разработването на съдържанието на операциите избраният метод за обработване се извършва с конкретна металорежеща машина.

При разработването на технологичните процеси винаги трябва да е налице стремежът за използване на типови технологични маршрути. Този подход е ефективен не само в учебния процес с цел запознаването с технологични процеси, преминали през оценката на практиката, но и при разработването на нови технологични процеси за производството. Използването на типови процеси означава значително съкращаване на времето за технологична подготовка на производството, унифициране на технологичното екипиране и в значителна степен проектното осигуряване на качеството на изделията при оптимални производствени разходи.

5. Термично обработване.
 6. Почистване (отделяне на нагара или окисите).
 7. Изправяне.
 8. Контролиране.
- При получаване на заготовки чрез леене технологичният маршрут е:
1. ~~Формоване~~.
 2. Изсушаване на формите и сърцата.
 3. Събиране на формата за леене.
 4. Заливане на метала.
 5. Изваждане на отливката от формата.
 6. Термично обработване.
 7. Почистване.
 8. Разчертаване.
 9. Контролиране.

При отделните случаи някои от операциите могат да отпадат, напр. термично обработване, почистване, изправяне и др.

4.1.1. Последователност на операциите

У нас все още няма стандарти за типови процеси, затова се налага да се използват типични процеси, описани в литературата [6, 18, 20], като информационна основа за разработването на работни технологични процеси. Това се разбира в смисъл на заимстване на вида и последователността на операциите от технологичния маршрут със следващо уточняване на работната документация. В приложение II са дадени типови технологични маршрути за изработване на някои детайли [28].

Изборът на типов технологичен маршрут за изработването на вала-зъбно колело (вж. гл. 2) в условията на едрoserийно производство [6] включва следните технологични операции.

1. Обработване на центровъчни отвори.
2. Струговане грубо.
3. Струговане чисто.
4. Фрезоване на канал за шпонка.
5. Зъбофрезоване.
6. Зъбозакръгляване.
7. Зъбошевинговане.
8. Термообработване.
9. Шлифоване на центровъчните отвори.
10. Отъркване (сработване).
11. Шлифоване външно кръгово.
12. Измиване.
13. Окончателно контролиране.

В типовия технологичен маршрут струговането е дадено само като стругово обработване, без да се уточнява броят на тези операции. Такива случаи се срещат и в други списания на типови процеси, в които има включени едноименни операции. Това налага уточняването на броя на тези операции. За целта в курсовото проектиране може да се ползва справочната информация, дадена в табл. I.2 до I.4 и използвана при технологичния анализ на конструкцията. Диаметричните повърхнини с точност 6-и клас икономично се обработват чрез чисто шлифоване (табл. I.2). При индивидуално получаване на размерите чисто шлифоване се осъществява на една операция с предварителното, което осигурява 8-и клас на точност. Прието е следващата технологична операция за обработване на дадена повърхнина да се прилага за повишаване на точността ѝ с 1 до 2 класа. От това следва, че шлифоването трябва да се предшества от чисто струговане, а то — от грубо. По такъв начин точните повърхнини трябва да се обработват на три операции, които да включват: струговане грубо, струговане чисто и шлифоване.

При производството на металорежещи машини зъбните колаела от главния превод, от които е разглежданият вал-зъбно колело, се термообработват. Това показва, че типовата операция "Зъбошевинговане" трябва да отпадне и се замени със "Зъбошлифоване", която се изпълнява след термичното обработване. С изключване на зъбошевинговането трябва да се изключи и отъркването и тогава операциите от технологичния маршрут, включително измиването и окончателният контрол, стават единадесет.

В технологичния маршрут не е включен сперационният контрол. Операциите за този контрол се записват в маршрутната карта след съгласуване с ръководителя на курсовия проект. Основане за това е липсата в достъпната литература на уточнени операции за този контрол

При разработването на технологичен процес за изработване на някои детайли, към които се предявяват специални изисквания, се налага внасянето на допълнителни корекции в технологичния

маршрут. Ако има операции, при които се очаква появата на брак, те трябва да се включат в началото на технологичния маршрут. По такъв начин се губи по-малко овеществен труд и се създават условия за поправане на брака. Типични случаи, които налагат такъв подход, са появата на шуцли и други дефекти в лети заготовки по повърхнините, за които по технически условия такива не се допускат.

При разработване на технологични процеси за изработване на детайли с конструкция, която не може да се отнесе към съответния клас, имащ създадени типови процеси, се налага съставянето на оригинален технологичен маршрут. Същото може да се наложи и при липсата на информация за типови маршрути. В такива случаи при съставянето на технологичния маршрут могат да се използват следните указания.

1. На първите операции да се обработят повърхнините, формиращи технологичната база на детайла.

2. Останалите повърхнини да се обработват в последователност, обратна на тяхната точност, т. е. по-напред да се обработят по-негочните повърхнини, а след това — по-точните. По такъв начин се създават условия за използване на точните повърхнини като елементи на технологичната база за обработване на точните повърхнини. Освен това се намаляват грешките на формата и относителното разположение на точните повърхнини, предизвикани от преразпределението на вътрешните напрежения, получавано след обработването на неточните повърхнини, които обикновено са с големи размери (плочи). Такъв подход създава и условия за избягване на повреждането на точните повърхнини при междудоупоразонния транспорт и установяването.

3. Да се прилага с предпочитание принципът на концентрация на операциите — на една операция да се обработват възможно повече повърхнини. С това се увеличава производителността и се създават по-благоприятни условия за осигуряване на необходимата точност на обработването.

4. При прилагането на принципа за концентрация на операциите обработването на неточните повърхнини да се извършва заедно с грубите операции на точните повърхнини.

5. Операциите, при които се очаква поява на брак, да се включат в началото на технологичния маршрут.

При работа над курсовия проект студентите трябва да изберат (разработят) най-малко два варианта на технологичен маршрут. Без изложеното да се приема като ограничение, вариантите могат да се различават по:

— началните операции от технологичния маршрут, на които се обработват повърхнините от технологичната база — вариантността се обуславя от необходимостта за доказване с теорията на размерните вериги на базата, която осигурява по-висока точност на установяването;

— еднородните операции, изпълнявани на различно технологично съоръжаване, напр. струговане на широкопирен или многовретенен полуавтомат, на револверен струг или вертикален многоподобни (препоръки за използване или зъбодълбаване и други гат да се намерят в [40]);

— операции, изпълнявани по различни технологични методи, напр. обработване чрез пластично деформиране, вместо рязане и други подобни.

За разглеждания пример са приети два варианта, които се различават само по машините, на които се осъществяват първите пет операции: за щампованата заготовка първата операция се изпълнява на машина ПРД 02, а за заготовката от валцован материал—на фрезово-центровъчна машина; операциите струговане на щампованата заготовка се изпълняват на многоножови полуавтомати, а за тази от валцован материал—на хидрокопирни полуавтомати. Последното се обосновава от възможността хидрокопирните полуавтомати да осъществяват автоматично многопроходно обработване за снемане на големите прибавки.

4.1.2. Определяне съдържанието на технологичните операции

При определяне съдържанието на технологичните операции се решават две основни задачи, които са взаимносвързани. Тези задачи са:

— уточняване на елементите на технологичната база по операции; — избирање и разпределение на технологичните преходи по операции.

Първата задача се решава така, че да осигури прилагането на принципа за съвместване на базите или при доказана необходимост за отказване от него да се осигурят възможно най-големи допуски на технологичните размери, като се използват подходящи повърхнини за опорни или настроени технологични бази. В общия случай задачата трябва да се решава, като се прилага принципът за концентрация на операциите и обработването на повърхнините, за които ще се уточняват базите, се съвместява с обработването на повърхнини с вече уточнени бази. Среца се обаче и случаи, когато икономически по-изгодно се оказва включването на специални операции, които да осигурят прилагането на принципа за съвместване на базите. В някои автоматични линии за изработване на стъпални валове този подход се прилага за постигане на зададената от конструктора точност на осевите размери, като се въвежда към края на технологичния процес отделна операция, в която се подрязват само челата на отделните стъпала (вж. [6]).

При избирање на технологичните преходи се препоръчва да се следва подходът, даден в т. 4.1.2 — преходите да се избират така, че да отговарят на икономичните класове на точност и грапавост на повърхнините. Основно правило, което трябва да се спазва при

съвместването на преходите на една операция, е те да са от един и същ вид, т. е. в едни операции да се обединяват груби преходи, в други — чисти, а в трети — фини.

На този етап трябва с първо приближение да се реши и въпросът за еднопроходното или многопроходното обработване на повърхнините. Точният брой на преходите се определя по-късно при определянето или пресмятането на режимите на работа, но за този етап могат да се използват като примери данните на табл. III.4, където са дадени големините на прибавките за обработване. Трябва да се отбележи, че многопроходно обработване се допуска само на грубите операции и на довършващите операции, изпълнявани с абразивен инструмент или свободен абразив.

Съдържанието на технологичните операции може да се коригира, ако е необходимо да се получат малки допуски на прибавките, да се намали натоварването поради ограничените възможности на машините или да се разместят преходи, за да се осигури непрекъснат поток, приет като организационна форма на производството.

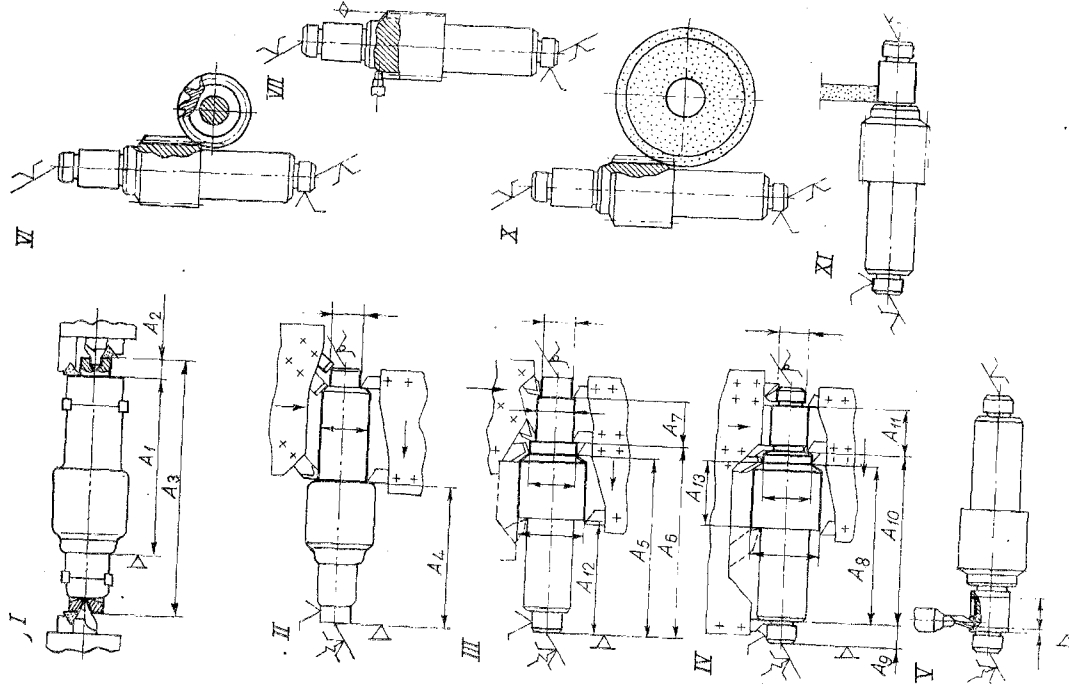
Определянето на съдържанието на технологичните операции става при едновременно чертане на операционни схеми и пресмятане на съответните технологични размерни вериги. По такъв начин се обосновава изборът на елементите на технологичната база и разпределението на технологичните преходи по операции. При тази процедура размерите върху технологичните схеми само се означават, без да се записват стойностите им, които се определят по-късно.

Работата при тази процедура ще бъде илюстрирана с двата технологични маршрута, приети за изработването на вала-зъбно колело от фиг. 2.48.

Технологичните схеми (без всички подробности) за първия маршрут, с изключение на операцията шлифоване на центровъчните отвори, са показани на фиг. 4.1. Първата операция от технологичния маршрут се извършва на полуавтомат ПРД 02. Приложена е концентрация на преходите — подрязването на челото е съчетано с грубо обстържаване на едната лагерна шийка, което позволява една операция от избрания технологичен маршрут да отпадне. Основанието за това е, че свободната повърхнина с $\varnothing 49\text{mm}$ може да се обработи чрез еднократно обстържаване (вж. табл. I.2). С приетото решение се нарушава правилото да не се прилага на една операция грубо и чисто обработване, но както може да се прецени в дадения случай, компромисът е направен за сметка на едно работно място и това го оправдава. На I операция всички размери се получават от бази, съответстващи на конструкторските, следователно е спазен принципът за съвместване на базите. Освен това тук окончателно се получава размерът A_7 , който е свободен размер по клас 14 на точност и би следвало да има допуск $\delta_3 = 1,3\text{mm}$. Размерът A_8 , както и размерът A_9 , се получават от настроени технологични бази, а размерът A_1 — от опорна база.

На II операция размерът A_1 е технологичен, зададен от опорна база. Чрез него се осигурява точността на размера 67 mm. Технологични са и размерите A_5 и A_6 на III операция, а размерът A_7 е даден в чертежа. Тези размери при приетото съдържание на операциите имат за задача да осигурят необходимите прибавки за следващото обработване. На IV операция размерите A_8 , A_9 , A_{10} и A_{11} са от чертежа. Те трябва да се получат с точността, зададена на чертежа,

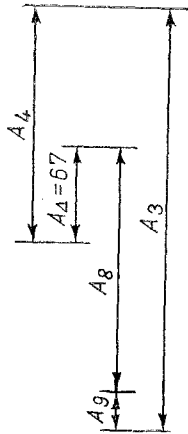
тъй като операцията е последна за обработване на челните повърхнини на детайла. Необходимо е да се провери дали при избирането на преходите чисто подрязване е осигурена необходимата точност. Размерът A_8 според таблица I.4 е в обхвата до 180 μm . За нето чистото подрязване осигурява икономичен допуск 160 μm , а по чертеж допускът е 400 μm , който може да се осигури чрез грубо



Фиг. 4.1

подрязване. Трябва обаче да се отчете, че с прехода се реализира обработване на конусна повърхнина по метода на копирането, а освен това с приетото ре-

шение се създават условия за съвместяване на базите. Размерът A_9 по чертеж е с неозначен допуск, който за 14-и клас на точност е 520 μm . Този допуск също може да се осигури с грубо подрязване, ако не е ограничението за челно биене, а така също и изискването за прорязването на канала да става на чист преход. Размерът A_{10} е в обхвата до 180 μm , с икономичен допуск 160 μm , който е



Фиг. 4.2

по-малък от посочения в чертежа — 200 μm . Аналогично може да се заключи, че обосновано е избран чистият преход и за размера A_{11} .

В излюжените допуск размерите на размерите се приема така, както са зададени на чертежа. При това не се отчита фактът, че има още един осов размер — 67 μm , точността на който не е осигурена, тъй като не е предложено решение за получаването му от технологична база, съпадаща с конструкторската. Точността на този размер се осигурява по размерната верига, дадена на фиг. 4.2. По условие размерът няма зададен допуск и следователно трябва да се избере за 14-и клас на точност — $\delta = 740 \mu\text{m}$. Ако се отчете само фактът, че като съставно звено на размерната верига участва размерът A_3 с допуск $\delta_3 = 1300 \mu\text{m}$, ще се заключи, че за осигуряване на точността на размера 67 μm е необходимо преизчисляване на допуските на съставните размери така, че сумата им да не надвишава 740 μm . Това означава технологично повишаване на точността на трите размера, които се получават при съвместяване на базите. При такива случаи първата реакция трябва да бъде търсена на решения чрез разместване на преходите или назначаването на нови преходи, които да осигуряват в най-лошия случай по-големи допуски на съставните размери, а в най-добрия — изобщо да не намаляването на тези допуски спрямо посочените в чертежа. Примери на такъв подход са показани с въвеждането на допълнителни преходи чисто подрязване на III и IV операции, начертани с прекъсващи линии. С решението на третата операция точността се получава по размерната верига, показана на фиг. 4.3, която включва едно съставно звено по-малко и изключва звеното с най-голям допуск — A_3 . При това решение съставните звена трябва да се обработят с допуск около 250 μm , което отговаря на икономичните допуски за чисто подрязване, но въпреки това означава значително намаляване на дадените в чертежа допуски.

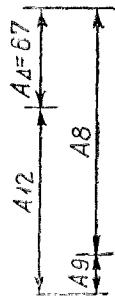
С решението на IV операция всички осови размери се получават при съвместяване на базите и се изключва използването на стомателни бази, а оттам и предписването на технологични допуски. Ето защо на тази операция се въвежда преход за чисто подрязване на челото.

В заключение трябва да се отбележи, че полученото пълно съвместяване на конструкторските и технологичните бази е резултат на приетото решение на IV операция за опорна база да се използва челото, от което е зададен размерът 19 μm .

Дадените на фиг. 4.1 технологични схеми за другите операции от маршрутта са включени за получаване на цялостна представа за технологичния процес за обработване (без операцията за шифроване на центровънните отвори).

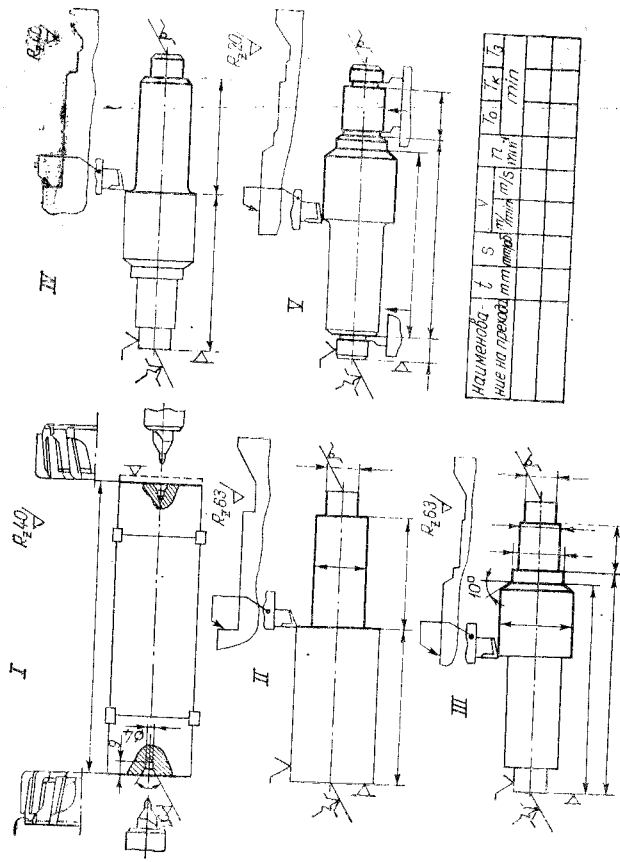
При разработване на черновите на технологичните схеми на операциите препоръчва те да се чертаят на паус на отделни листове. По такъв начин значително се облекчава техническата работа за чертане (схемите за следващи опе-

Фиг. 4.3



рации се копират от тези за предшестващи) и се създават условия за лесно коригиране при разместване на преходите.

На фиг. 4.4 са дадени технологичните схеми за различаващите се операции от втория технологичен маршрут. Така, както са начертани схемите, не се осигу-



Фиг. 4.4

рва пълно съвместване на базите. Студентите могат самостоятелно да потърсят решения за осигуряване на съвместването. В долния десен ъгъл на фигурата е дадена примерна таблица, която се чертае на всяка технологична схема.

4.2. ИЗБОР НА ТЕХНОЛОГИЧНИ БАЗИ

4.2.1. Правила за избиране на технологични бази

При разработването на технологичните процеси се използва теорията на базирането [29]. Поради това, че тя не е разработена достатъчно пълно, практическото ѝ приложение се свежда до спазването на общи правила [29, 38], чрез които ефективно се осигурява точността при автоматичното получаване на размерите. Сред тези правила най-важен и обобщен е така нареченият принцип за съвместване на базите, същността на който е в това, че за елемент на конструкторската, установъчната (техно-

логичната) и измервателната база трябва да се използва една и съща повърхнина. Когато обработването се извършва с прилагане на принципа за съвместване на базите, не се налага предписването на технологични допуски на размерите — те се получават с възможно най-големите допуски, които са зададени в чертежа на детайла.

В много случаи спазването на принципа за съвместване на базите означава обработване от основна технологична база.

При избирането на базите от технически или икономически съображения (сложни и скъпи приспособления или трудопогълщаща работа с тях) може да се обособят частично или пълно откажване от принципа за съвместване на базите, което означава използването на спомогателни технологични бази. В такъв случай избирането на базите трябва да е съобразено с някои правила и общи положения, които се заключават в следното [38].

1. От две свързани с размер повърхнини първа трябва да се обработи тази, която осигурява по-удобно и по-точно установяване.

2. За елемент на технологичната база да се използва такава повърхнина, която има по-точно относително разположение спрямо конструкторската база. Това в общия случай ще бъде повърхнината, непосредствено оразмерена от конструкторската база.

3. Когато нито една от повърхнините (обработваната и конструкторската база) не може да се използва за технологични бази, обработването на двете повърхнини да става от една и съща база.

Неспазването на принципа за единство на базите води до намаляване на точността на обработването, тъй като всяка смяна на базите предизвиква грешки от базирането. За постигането на определена точност в такъв случай се налага да се предписват технологични допуски на размерите или тези от чертежа да се намаляват.

За прилагането на принципа за единство на базите е необходимо да се направи следното.

1. Разкрива се конструкторската база на детайла, т. е. онази съвкупност от повърхнини, линии или точки, спрямо които конструкторът е оразмерил детайла. Ако при анализа на технологичността на конструкцията в курсовия проект са приети нови елементи на конструкторската база, работи се с тях.

Разкритите елементи на конструкторската база се записват в обяснителната записка, така че да включват всички размери. За разглеждания пример (фиг. 2.48) се записва: „Елемент на конструкторската база за диаметралните размери е осовата линия на дясната лагерна шийка, челото на изпълнителните повърхнини $\varnothing 38j_6$ и зъбния венец и челото на лявата лагерна шийка“.

2. Проверява се възможността за използване на елементите на конструкторската база като елементи на измервателната.

За примера осовата линия не може да се използва като елемент на измервателната база, тъй като тя е геометрична (въображаема) линия, но материализирането ѝ чрез конусните повърхнини на центровъчните отвори позволява да се извърши измерване на относителното положение на отделните елементи на детайла спрямо осовата линия (базата А). Останалите повърхнини от конструкторската база (челата) могат да се използват като елементи на измервателната база. При по-сложни детайли се срещат реални повърхнини от конструкторската база, които не могат да се използват за измервателни. Тогава се получава частично огъгъление от принципа за съвместване на базите. Тъй като това не се отразява върху реално получаваната точност при обработването, се допуска да не се отбелязва като неприложимост на принципа за съвместване на базите.

3. Проверява се възможността за използването на конструкторската база като технологична.

За примера като елементи на технологичната база, от която се получават диаметралните размери и зъбният венец, може да се използват центровъчните отвори. Тук отново е налице формално огъгъление от принципа за съвместване на базите поради това, че елементът на конструкторската база е геометрична линия. Прието е това формално огъгъление да не се взема под внимание и да се счита, че се спазва принципът за съвместване на базите. Другите елементи на технологичната база включват челните повърхнини на конструкторската база (в обяснителната записка те се дефинират точно). На този етап от разработването на курсовия проект формулирането на технологичната база може да се завърши със записване на базата за обработване на канала за шпонка—центровъчните отвори и челото на лявата лагерна шийка.

При избиране на базите (първични или чисти) трябва да се изхожда от изискванията на отделните правила [29, 38]. След обосноваването и избирането на чистите бази се пристъпва към осигуряване на условията за тяхното получаване. В зависимост от това, съвкупност от какви повърхнини е технологичната база и на кой етап от технологичния процес се използва, тя може да бъде получена на следните операции.

1. На първата операция на технологичния маршрут, като се използва първична (груба) база. Тук се отнася обработването на челата на центровъчните отвори на валове, обработването на базовите отвори в заготовки за зъбни козела, други дискови и ротационни корпусни детайли върху револверни стругове и др. п.

2. На първите операции от технологичния маршрут, като се използват първична (груба) база и междинни чисти бази, които могат да бъдат елементи на основната база на детайла. Към този случай се отнася получаването на технологичната база на призматични корпусни детайли, установявани по три равнини или по равнина и два отвора, а така също и други детайли за получаване

на основна база, за които са необходими повече от една операции.¹

3. На последните операции от технологичния маршрут, като се използват чисти бази. Тук се отнасят случаите за обработване на основните бази за някои изгълнителни повърхнини, като зъбни венци, канали за шпонки на валове и други подобни. Ако за разглеждания пример обработването на зъбния венец става от основна технологична база, лагерните шийки в зависимост от вида на патронника трябва да се обработят чрез еднократно или чисто шлифоване, което става на последните операции от технологичния маршрут.

В обяснителната записка на курсовия проект студентите задължително оценяват дали избраните бази удовлетворяват изискванията на отделните правила, като за елементите на технологичните бази, които се уточняват по-късно, това се дава в забележка.

В разглеждания пример технологичната база ще бъде основна, ако зъбният венец и шийката $\varnothing 38j_6$ се обработят при база цилиндричните повърхнини на лагерните шийки. Това се прилага при обработване на зъбния венец на по-големи валове—зъбни козела. За случая цилиндричните повърхнини и зъбният венец ще се обработват от спомагателна изкуствена база—центровъчните отвори, а за осовите размери ще се търси решение за използването на основна база. По такъв начин се завършва избирането на чистата база на детайла, чрез която ще се осигурят най-големи допуски на размерите на повърхнините.

За разглеждания вал—зъбно козело, са избрани два вида заготовки—от валцован материал и шамповка, получена в горещо състояние. За двата вида заготовки се приема обработването на технологичната база (центровъчните отвори) да стане на първата операция от технологичния маршрут, което е утвърдено от практиката за всички типови технологични процеси за детайли от класа на валовете. Първичната база за шампованата заготовка включва повърхнините $\varnothing 49$, $\varnothing 38j_6$ и прилежащото ѝ чело, а за заготовката от валцован материал—цилиндричната повърхнина и едно от челата.

4.2.2. Графично изобразяване на установяването

При разработването на технологичен процес установяването на заготовките (базиране и закрепване) се изобразява графично със стандартизираните означения според БДС 3.1107—76¹. Размерите на затягащите и затягащите устройства са показани на фиг. 4.5.

Според стандарта означаването на всички видове центрови се нанася върху линии (с дебелина на размерите), изнесени под ъгъл

¹ БДС 3.1107—76. ЕСТД. Означения графични, използвани в технологичните процеси. Опори и затягащи устройства.

Условни означения на опори

Таблица 4.1

Наименование	Означения	
	изглед отпред	изглед отгоре
<i>Опори подвижни, установно-вечно-затягащи устройства патронници</i>		
Центри въртящи		
Центри плаващи		
Опори регулируеми самонагласящи се, подвеждащи се, единични		
Опори сдвоени		
Опори призматични		
Опори плаващи		
Патронници дву-, три- и четричелостни, втулки, дорници раздвижни		
Патронници сачмени, ролкови		
Устройства, предаващи въртящ момент		
Люкети		

Продължение на табл. 4.1

Наименование	Означения	
	изглед отпред	изглед отгоре
<i>Опори неподвижни</i>		
Центри гладки		
Центри набраздени		
Щифтове, палци, пластини		
Дорници цилиндрични		
Дорници конусни		
Опори призматични		
Люкети		
Опори разглобяеми		

$$\delta\Gamma = \delta\Gamma_2 + \delta\Gamma_3 = 0,1 + 1,3 = 1,4 \text{ мм.}$$

Сравняването на получените за двата варианта резултати показва, че при втория се осигурява над 3,5 пъти по-малък допуск на затварящото звено на размерната верига Γ , което дава основание той да се препоръча. Както и за другите процедури на проектирането на технологичните процеси, така и при избирането на базите окончателно решение се приема след икономическия анализ на вариантите.

4.3. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРИБАВКИТЕ, МЕЖДИННИТЕ РАЗМЕРИ И РАЗМЕРИТЕ НА ЗАГОТОВКИТЕ

4.3.1. Определяне на прибавките за обработване

Големината на прибавките за обработване на уточнените вече технологични преходи се определя по изчислително-аналитичен път или от таблици. Първият метод осигурява определянето на оптимални прибавки, тъй като отчита конкретните условия за изпълнението на преходите. Като се отчита обемът на курсовия проект, този метод се прилага само за част от повърхнините на детайла, които се задават от ръководителя на курсовия проект. За основната част от преходите прибавките се избират от табл. III.1 до III.11 и от [34]. В таблиците са дадени стойностите на най-малките прибавки на страна.

Методиката за пресмятането на най-малките прибавки по изчислително-аналитичния път и основните формули за тях са дадени в [29]. За удобство тук са различните повърхнини и видове технологични преходи изчислителните формули се дават в систематизиран вид в табл. 4.6 [10]. От същия литературен източник са заимствувани и другите таблици в раздела.

Стойностите на височината на грапавините $R_{z_{i-1}}$ и на дефектния повърхностен слой T_{i-1} във формулите за z_{iM} за обработени повърхнини се избират от табл. I.2, I.3 и I.4. При това за преходите, грапаовстта на които е зададена с параметъра R_a по БДС 782-73, трябва да се изберат еквивалентните стойности на параметъра R_z . За заготовки от чугун след първия преход, T се избира от пресмятанятията. Качествата на повърхнините (R_z и T) за различни заготовки са дадени в табл. III.13, а за повърхнините след отрязване от валцован материал — в табл. III.14.

Пространствените отклонения за различни видове заготовки се пресмятат по формулите, дадени в табл. 4.7. Тези формули се използват за пресмятане на прибавките за първите операции за обработване на съответните повърхнини. За правилното използване на таблицата трябва да се направят някои пояснения [10].

При корпусни детайли, базирани на първата операция по отвори и перпендикулярна към тях равнина повърхнинна, сумарното

Изчислителни формули за определяне големината на прибавката за обработване

Вид на обработването	Изчислителна формула
Последователно обработване на срещу-положни или отделно разположени повърхнини	$z_{iM} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$
Едновременно обработване на срещу-положни равнинни повърхнини	$2z_{iM} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$
Обработване на външни и вътрешни ротационни повърхнини	$2z_{iM} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$
Обработване на цилиндрична повърхнинна на заготовка, установена между центри:	$2z_{iM} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$
безцентрово шлифване	$2z_{iM} = 2R_{z_{i-1}} + T_{i-1}$
Работване с плаващ райбер;	$2z_{iM} = 2R_{z_{i-1}}$
Свърхзаглаждане, полиране и обработване чрез повърхностно пластично деформиране	$z_{iM} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + 0,25 \rho_{i-1}$
Обработване с режеч или абразивен инструмент без получаване точността на размера	$z_{iM} = R_{z_{i-1}} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$
Шлифване след термообработване:	$2z_{iM} = 2(R_{z_{i-1}} + \rho_{i-1})$
а) при наличието на ε_i	
б) при липсата на ε_i	

Забележка. $\sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \approx 0,96 \rho_{i-1} + 0,4 \varepsilon_i$ при $\rho_{i-1} > \varepsilon_i$;

$\sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \approx \rho_{i-1}$ при $\rho_{i-1} \geq 4\varepsilon_i$; $\sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \approx 0,4 \rho_{i-1} + 0,96 \varepsilon_i$ при $\rho_{i-1} < \varepsilon_i$;

$\sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \approx \varepsilon_i$ при $\rho_{i-1} \leq 4\varepsilon_i$.

пространствено отклонение се получава като сума от стойностите на изкривяването $\rho_{изкр}$ на обработваната повърхнина и грешката $\rho_{изм}$ в разположението на тази повърхнина спрямо отворите (изместването на отворите спрямо външната обработвана повърхнина).

Изместването в случая се получава от неточното разположение на сърцето спрямо външната повърхнина и се регламентира с допуската δ на размера на отливката, определящ разстоянието от оста на отвора до обработваната повърхнина ($A \pm 0,5 \delta$).