

4 STROJNÍCKE VÝKRESY

4.1 DRUHY VÝKRESOV

Strojnícky výkres je najdôležitejším dorozumievacím prostriedkom medzi konštrukciou a výrobou a stáva sa aj medzinárodným dorozumievacím podkladom technikov (pri rešpektovaní dohodnutých predpisov). Je nositeľom technickej myšlienky, pretože ju prenáša od navrhovateľa ku konštruktérovi, od neho k robotníkovi ako aj opačne, čiže od pracovníka dielne, resp. zlepšovateľa do konštrukčnej kancelárie.

Výkres obsahuje všetky potrebné údaje na výrobu súčiastky alebo stroja. Predpisuje tvar a rozmery, ale aj druh materiálu, kvalitu povrchu, počet kusov a aj dovoľené odchýlky rozmerov, tvarov a vzájomnej polohy, použité normalizované prvky alebo iné osobitosti pre výrobu. Je to pracovný rozkaz pre dielňu. Zachytáva presne a detailne podľa premietacích pravidiel deskriptívy presný tvar výrobku, upozorňuje dielňu na nevyhnutné technologické postupy, spôsoby skúšok a kontrolu výrobkov. Najdôležitejší význam strojníckych výkresov možno vyjadriť v týchto bodoch:

1. Podľa výkresu môže vyhotoviť súčiastku, stroj alebo zariadenie každý zapracovaný robotník v hociktorom závode.

2. Podľa výkresov možno súčiastky zložitých strojov vyrábať súčasne v rôznych oddeleniach alebo aj závodoch.

3. Podľa výkresu možno zničenú súčiastku hocikedy znova vyrobiť, chybnú nahradiť, a tým aj stroj opraviť (netreba ho poslať výrobcovi do opravy).

4. Používaním presne vyhotovených výkresov sa ušetrí mnoho času a námahy najmä pri prispôsobovaní súčiastok pri ich vzájomnom styku s inými súčiastkami.

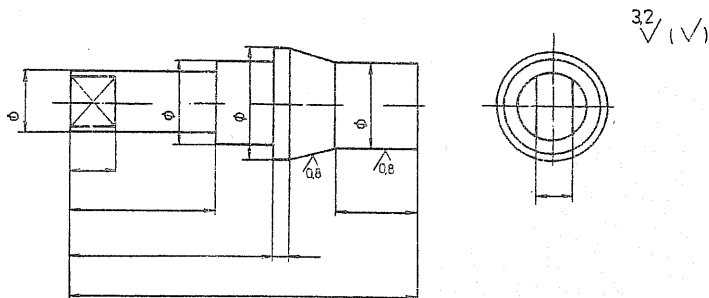
Strojníckym výkresom sa stávajú všetky technické podklady, ktoré sú vyhotovené podľa platných noriem, pričom sa môžu odlišovať spôsobom vyhotovenia, úpravou, účelom, obsahom a použitím.

Podľa spôsobu vyhotovenia a technickej úpravy udáva ČSN 01 3001 tieto druhy výkresov:

1. *Náčrtok (skica)* je technická pomôcka vyhotovená obyčajne voľnou rukou, ceruzkou alebo perom. Keďže predstavuje jednoduché, informatívne, stručné

zobrazenie návrhu, je to najjednoduchší druh výkresu, ktorý sa môže vyhotoviť na papieri ľubovoľného formátu a bez mierky (približne). Služi ako záznam návrhu alebo pre informáciu.

2. *Originál* (základný výkres, matrica) je starostlivo narysovaný výkres (pravítkom, kružidlom) v určitej mierke (zväčšenia alebo zmenšenia). Vyhotovuje sa tušom alebo ceruzkou (kóty, šípky, značky, kružnice, texty aj tušom), na pauzovacom alebo inom priehľadnom materiáli (fólii). Môže sa ním stať aj výkres na nepriehľadnom materiáli, ak ide o jediný výkres, ktorý sa už nemusí rozmnožovať. Môže to byť aj priehľadná snímka originálu-transparent, ak sa na ňom doplnia rozmery a ostatné dôležité údaje, pričom je označený ako originál (obr. 4.1).



Obr. 4.1. Výkres rozpínacieho tŕňa vyhotovený ako transparent

3. *Kópia* je rôznym spôsobom rozmnožený originál (kopírovaním, tlačou, fotograficky atď.). K nej patria kópie v pravom slova zmysle ako pracovné kópie, ale aj náhradné originály, transparenty. Kópia býva často pri porovnaní s originálom zmenšená alebo zväčšená. Zobrazenie môže byť negatívne alebo pozitívne. Negatívne zobrazenie vytvára svetlý záznam informácie na tmavom pozadí, pozitívne zobrazenie vytvára tmavý záznam na svetlom pozadí. V oboch prípadoch ide však najmä o čiernobiele zobrazenie.

Podľa účelu, obsahu a určenia sa môžu výkresy rozdeliť do dvoch skupín:

1. Výrobné výkresy, ktoré slúžia na výrobu a zostavenie stroja alebo zariadenia.

a) Výkresy súčiastok sa vyhotovujú pre všetky vyrábané súčiastky a sú hlavným podkladom výroby.

b) Výkresy zostavenia poskytujú predstavu o vzájomnej polohe a vzťahu jednotlivých častí spájaných podľa daného výkresu a slúžia na montáž a kontrolu výroby.

c) Montážne výkresy určujú tvar výrobku, jeho komplexy s označením polohy pohyblivých častí a súčiastky potrebné na montáž a pripojenie k inému výrobku.

d) Obrysové výkresy zobrazujú vonkajšie obrysy a rozmery výrobku tak, aby bola zrejma poloha jeho pohyblivých častí a rozmiestnenie pripojovaných súčiastok.

Okrem týchto názvov sa v praxi vyskytujú aj ďalšie názvy výkresov podľa ich zamerania: výkresy pracovných postupov (sledujú výrobok pri jednotlivých pracovných procesoch), výkresy modelov (vystihujú požadované tvary a veľkosti modelov), výkresy polovýrobov (odliatkov, výkovkov, výliskov).

2. Pomocné výkresy majú nevýrobný charakter, pretože priamo neslúžia výrobe.

a) Návrhy (projekty) strojov zariadení informujú o tvare, veľkosti a o výhodách návrhu.

b) Výkresy pre ponuku, objednávku a dodávku, resp. rozmerové náčrtky majú svoj osobitný charakter podľa zamerania a použitia.

c) Závodné normy oboznamujú so smernicami platnými v niektorom závode.

d) Diagramy, schémy, grafické výpočty a pod. dopĺňajú výrobné výkresy.

e) Výkresy napr. pre štočky, katalógy, cenníky sú na špeciálne účely, výkresy pre prihlášky vynálezov a zlepšovacích návrhov slúžia komisii na overovanie a ohodnotenie predkladaných návrhov a patentov.

Podľa ČSN 01 3106 (ST SEV 1182-78) kreslia sa výkresy súčiastok väčšinou pre všetky súčiastky výrobku samostatne. Súčiastky rovnakého tvaru, ale rôznych veľkostí, sa rysujú na samostatný výkres. Tieto súčiastky možno nakresliť na tabuľkový výkres, ktorý nemá mať viac ako tri premenné (rozмеры, akosť povrchu atď.). Tabuľkové výkresy sa neodporúča kresliť pre sériovú a hromadnú výrobu.

Na výkresy sa kreslia všetky súčiastky, ktoré treba vyrobiť. Súčiastky, ktoré sa iba čiastočne obrobia, a ktorých konečný tvar sa obrobí až po zvaraní, spájkovaní, zlisovaní a pod., kreslia sa s prídavkom na obrobenie na príslušných plochách. Ich konečné rozmery sa musia uviesť na výkrese zostavenia.

Súčiastky vyrobené ďalším spracovaním východiskovej súčiastky sa kreslia podľa nasledujúcich zásad: a) na výkresoch sa uvedú iba rozmery, medzné odchýlky, drsnosť povrchu a podobné údaje potrebné na ďalšie spracovanie, b) na výkresoch možno uviesť informatívne rozmery východiskovej súčiastky, c) na výkresoch možno kresliť iba tú východiskovú súčiastku, ktorá sa má spracovať. Príslušná východisková súčiastka sa kreslí podľa ČSN 01 3122 (ST SEV 363-76).

Zobrazenia alebo údaje nevyhnutné na výrobu a kontrolu súčiastok, pre ktoré sa nekreslia samostatné výkresy, sa uvedú na výkrese zostavenia alebo v kusovníku.

Samostatné výkresy súčiastok sa nemusia kresliť v týchto prípadoch: a) ak ide o normalizované a nakupované súčiastky, b) ak súčiastky možno úplne určiť v kusovníku, c) ak súčiastky vzniknú delením východiskového materiálu (napr. rezaním, strihaním, upichovaním a pod.), nebudú sa ďalej spracúvať a ich konečné rozmery možno jednoznačne uviesť v kusovníku, d) ak súčiastky budú vyhotovené zaliatím, zalisovaním a pod., e) ak ide o súčiastky montážnej jednotky, ktorú vytvárajú súčiastky veľkých rozmerov a zložitých tvarov s niekoľkými malými, jednoduchými súčiastkami.

V súlade s ČSN 01 3106 musia mať zobrazenia výrobku, ktoré nebolo možné

nakresliť na jeden výkres, rovnaké číslo výkresu odlišujúce sa iba pripísaním čísla listu. Každý výkres musí mať popisové pole a ak je nakreslený na viac listoch, popisové pole musí byť na každom liste.

Technické požiadavky alebo technické charakteristiky výrobkov, ktoré nie je možné alebo účelné uvádzať v zobrazení, označujú sa nad popisovým poľom podľa ČSN 01 3206 (ST SEV 856-78). V odôvodnených prípadoch môžu sa technické požiadavky predpísať v samostatných technických podmienkach, ale pritom treba uviesť odkaz na ne nad popisovým poľom výkresu. Technologické údaje sa na výkresoch zaznačia vtedy, keď sa tým zaručuje požadovaná akosť výrobku.

Odkazy na technické normy alebo iné dokumenty sa môžu na výkresoch uvádzať vtedy, keď stanovujú úplné a jednoznačné požiadavky.

Na výkresoch sa používajú normalizované označenia. Tvary a rozmery značiek musia súhlasiť s požiadavkami podľa ČSN 01 3105 (ST SEV 526-77). Význam normou nestanovených označení musí sa na výkresoch vysvetliť. Pri požiadavke vyznačenia miesta a spôsobu označenia výrobku identifikačnou, resp. kontrolnou značkou, treba postupovať podľa ČSN 01 3109 (ST SEV 648-77).

Všetky údaje o rozmeroch, toleranciách (medzných odchýlkach) a drsnosti povrchu potrebné na výrobu a kontrolu sa vzťahujú na konečný stav (pred montážou) hotového výrobku. V iných prípadoch treba údaje vysvetliť vhodnou poznámkou k príslušnému údaju alebo v technických požiadavkách na výkrese. Pri súčiastkach s povlakom podľa ČSN 01 3146 (ST SEV 367-76) sa vzťahujú všetky rozmery, tolerancie tvaru a drsnosť povrchu na stav pred nanosením povlaku.

V zmysle ČSN 01 3105 treba výkresy nakresliť a upraviť na spracovanie reprograficky. Na výkresoch určených na snímkovanie sa použije len čierna farba. Na výkresoch určených na diazografické kopírovanie sa použijú aj pastelové ceruzky s čiernym alebo žltým odtieňom. Toto vyfarbenie nesmie však zasahovať (prekrývať) popisy a kóty. Výkresy originálov sa kreslia:

1. Na priehľadné alebo priehľadné kresliace materiály (pauzovacie papiere, priehľadné fólie, priehľadné plátna atď.). Žltkasté materiály sa nesmú používať.
2. Na nepriehľadné kresliace materiály (rysovacie papiere, kartóny, nepriehľadné fólie atď.).

Výkresy sa kreslia na líci výkresového listu (kresliaceho materiálu). Na priehľadné alebo priehľadné materiály možno kresliť aj na rube. Krycia schopnosť obrazových prvkov na origináli výkresu (na tušovej kresbe, ceruzkovej kresbe, suchom odtlačku a pod.) musí zaručiť nepriehľadnosť a rovnomernú optickú hustotu. Na priehľadné materiály možno kresliť na rube vtedy, keď sa nebudú výkresy spracovávať snímkaním.

Kópie výkresov (duplikáty) používané ako predlohy reprografického spracovania možno kresliť na priehľadné alebo nepriehľadné materiály ako výkresy originálov, ale musia zaručiť nepriehľadnosť a rovnomernú optickú hustotu.

Spôsob písania popisov na výkresoch (voľnou rukou, podľa šablónky, suchými odtlačkami, popisovacím strojom a pod.) sa nepredpisuje.

Na popisovanie výkresov treba používať kolmé písmo typu B, resp. kolmé typu A podľa ČSN 01 3115. Výkresy sa popisujú písmom veľkej abecedy. Technickými normami predpísaný spôsob popisovania napr. rozmerových jednotiek: m, cm, Pa atď., sa musí dodržať aj na výkresoch. Na označovanie sa na výkresoch majú používať arabské číslice.

Ďalšie podrobnosti požiadaviek na výkresy spracované reprograficky, vrátane výsledných mierok reprografického zobrazenia MR pre formáty A5 až A0, najmenšej veľkosti obrazových prvkov a úpravy výkresov pre mikrografiu (aj s polohovými rámcami sekcií doplnkových formátov) udáva citovaná ČSN 01 3105.

4.2 FORMÁTY VÝKRESOV

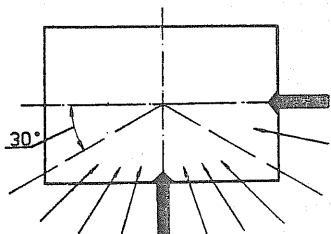
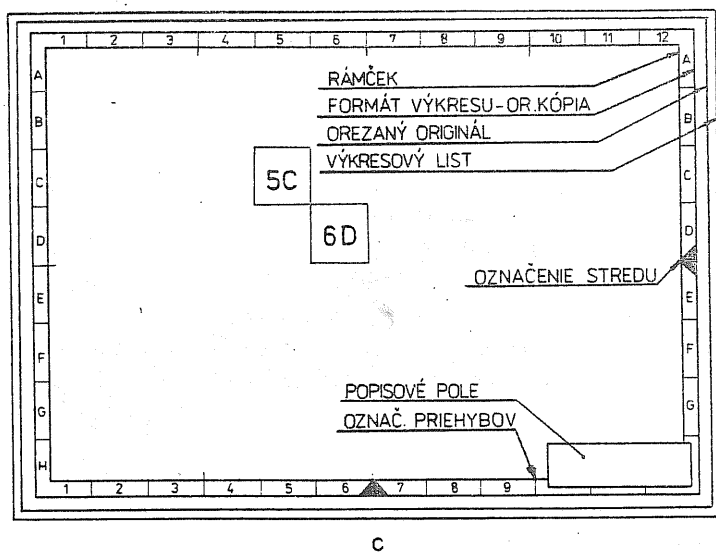
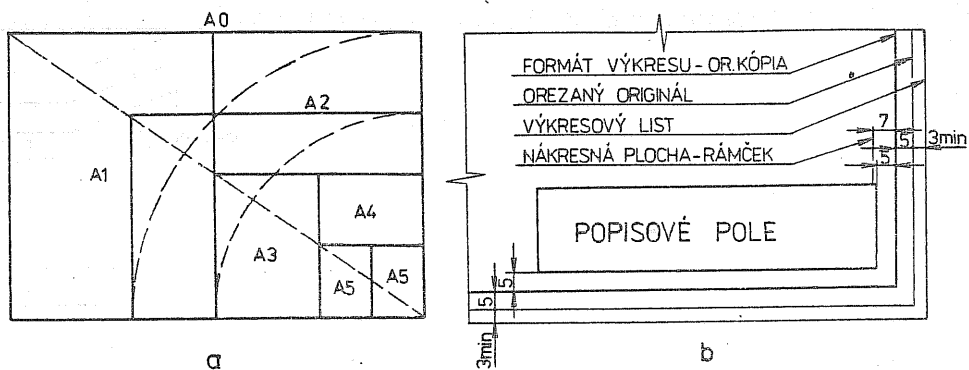
Veľkosti konštrukčných výkresov predpisuje ČSN 01 3110 (ST SEV 1181-78) a ČSN 01 3113 (ST SEV 140-74). Výhody tejto normalizácie sa nedotýkajú iba jednotnosti v podniku a uskladňovania v archíve, ale majú celoštátny, resp. medzinárodný význam. Touto normou sa určujú rozmery výkresov, vrátane ich úpravy, ale aj rozmery výkresových listov všetkých druhov technických podkladov.

Základný formát výkresov, z ktorého sa potom ďalšie odvodzujú, je A0 s rozmermi 841×1189 mm, s plochou 1 m^2 a pomerom strán $1 : \sqrt{2}$. Menšie formáty sa dostávajú postupným rozdelením dlhšej strany predchádzajúceho formátu, čiže plochy susedných formátov sú v pomere $1 : 2$, tab. 4.1. Vznik menších formátov jednotlivých veľkostí výkresov znázorňuje obr. 4.2a. Väčšie

Tabuľka 4.1

Veľkosti základných formátov výkresov

Označenie	A0	A1	A2	A3	A4	A5*
Formát výkresu (orezaná kópia) (mm)	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297	148 × 210
Orezaný originál (matrica, rematrica) (mm)	851 × 1199	604 × 851	430 × 604	307 × 430	220 × 307	158 × 220
Výkresový list (najmenší dovolený rozmer) (mm)	857 × 1205	610 × 857	436 × 610	313 × 436	226 × 313	164 × 226
Plocha formátu (orezanej kópie) (m^2)	1	0,5	0,25	0,125	0,063	0,031
Poznámka: Formát A5 označený hviezdíčkou sa má používať len výnimočne						



Obr. 4.2. Formáty výkresov

a — vznik menších formátov, b — príslušné rámce výkresov, c — vyhotovenie orientačných polí, d — smery pohľadov na výkres

formáty ako A0 (vznikajú násobením kratšej strany, napríklad formát 2 A0 by mal rozmery 1189 × 1682 mm) sa nemajú používať. (Okrem hlavného radu A existujú aj iné rady, ktoré sa však používajú iba vo výnimočných prípadoch — napr. knihy, zborníky, a preto ich aj najnovšia norma už neuvádza.)

Všetky formáty strojníckych výkresov sa používajú prednostne ležato, iba formát A4 je stojatý (možno ho vhodne zakladať medzi poskladané kópie väčších formátov). Podľa potreby možno však použiť formáty A1, A2, A3 aj v opačnej polohe, čiže stojato a formát A4 ležato. Do uceleného súboru výkresovej dokumentácie sa ale formáty A4 nemajú zaraďovať ležato k výkresom skladaným stojato podľa ČSN 01 3111 (ST SEV 159-75).

Popisové pole určené ČSN 01 3250 a záhlavie kusovníka podľa ČSN 01 3260 sa umiestňuje v pravom dolnom rohu, a to 5 mm od orezanej kópie (všetkých formátov výkresov kreslených ležato a stojato).

Obr. 4.2b zobrazuje rámec výkresov v pravom dolnom rohu výkresu, čiže v mieste popisového poľa. Formát výkresu, čiže orezaná kópia, znamená výkres s pracovnou plochou udanou príslušným formátom, pričom ho ohraničuje vnútorný, hrubšie vytiahnutý rámec (aspoň 0,7 mm). Orezaný originál (matrica, rematrica) je na všetkých stranách väčší o 5 mm (čiže na dĺžke a výške je o 10 mm väčší ako orezaná kópia). Ohraničí sa tenkou plnou čiarou (aspoň 0,25 mm), vytvárajúcou vonkajší rámec, podľa ktorého sa oreže originál (kreslí sa v rohoch výkresového listu). Výkresový list (najmenší dovolený rozmer) je od originálu dĺžkou a výškou väčší aspoň o 6 mm. Rámček vymedzujúci nákrešnú plochu je vo vzdialenosti 5 mm pri formáte A4 a A3, pri formáte A2 a väčšom vo vzdialenosti 7 mm od obrysu formátu výkresu. Kreslí sa neprerušovanou plnou čiarou hrúbky aspoň 0,7 mm, a to len podľa potreby, najmä pri členení formátu na orientačné polia (obr. 4.2c). Pri formáte A2 a väčšom sa rámček pri popisovom poli preruší a orientačné pole sa v týchto miestach neoznačí.

Na rýchlejšie dorozumievanie v listovom styku alebo telefonickom hovore je účelné plochu určenú na kreslenie rozdeliť na orientačné polia myslenými čiarami podľa ČSN 01 3113, ktorých poloha sa označí tenkými plnými úsečkami (hrúbky aspoň 0,25 mm) v medzere medzi čiarou ohraničujúcou rozmer formátu a jeho rámčekom, obr. 4.2c. Orientačné polia sa vo vodorovnom smere označujú arabskými číslicami, vpísanými do vodorovnej medzery medzi čiarou ohraničujúcu formát a rámček. Vo zvislom smere sa označuje veľkými písmenami latinskej abecedy (okrem písmen I a O), ktoré sa vpíšu do zvislej medzery medzi čiarou formátu a rámček. Uvažované orientačné pole sa potom označí kombináciou číslic a písmen, napr. 5C, 6D a pod. Výška písma musí byť aspoň 2,5 mm pri formáte A4, A3 a 3,5 mm pri formáte A2 a väčšom. Orientačné polia sa majú označovať od ľavého horného rohu formátu výkresu. Delenie formátov základného radu na orientačné polia určuje tab. 4.2.

V zmysle ČSN 01 3105 treba na všetkých formátoch výkresových listov kresliť

Počet stĺpcov a radov orientačných polí

Počet polí	Formát výkresu			
	A0	A1	A2	A3
Vo vodorovnom smere	16	12	8	6
Vo zvislom smere	12	8	6	4

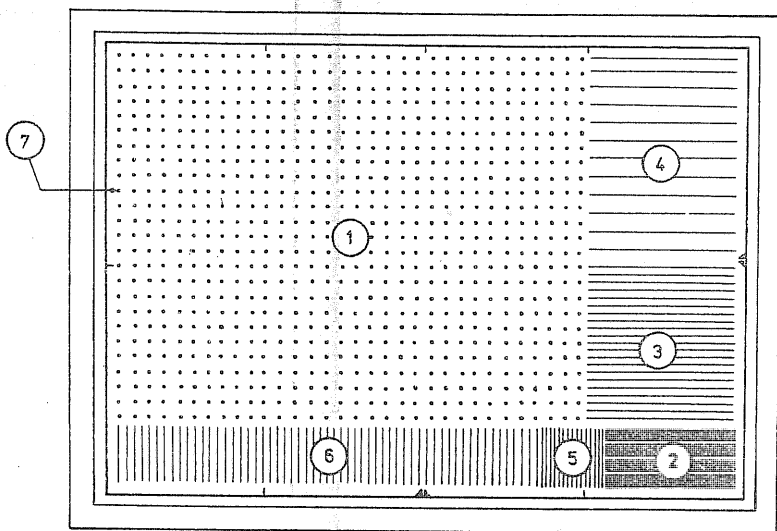
obrazové prvky na mikrografické spracovanie vo výslednej mierke zobrazenia MR 1 : 1,4. Obrazy vrátane kót a popisov sa majú na výkrese umiestniť tak, aby ich bolo možné čítať v smere od dolného alebo pravého okraja výkresu, obr. 4.2d. Ak majú iba niektoré grafické alebo písmenové značky predpísanú polohu na výkrese (napr. značky pre skrutky a nity, značky a kóty na mapách a vytyčovacích výkresoch) musí sa táto predpísaná poloha dodržať.

Rozmiestnenie jednotlivých obrazov, údajov a celková úprava výkresu musí umožňovať ľahkú orientáciu na výkrese. Pri umiestňovaní informácií sa vychádza od pravého dolného rohu, s výnimkou označovania orientačných polí podľa ČSN 01 3110. Obrazce a ďalšie údaje sa umiestňujú podľa ČSN 01 3105 do označených plôch v obr. 4.3a takto:

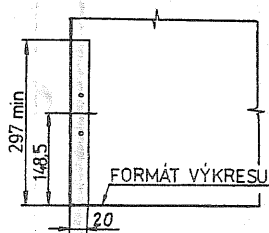
- 1 — obrazová plocha na výkrese (možno využiť aj plochu 3, 4, 6),
- 2 — popisové pole výkresu,
- 3 — nadstavba popisového poľa pre dopĺňajúce údaje (napr. kusovník, záznamy o zmenách na výkrese, údaje o skúškach, resp. o schválení výkresu, odkazy na súvisiace výkresy, vysvetlivky — legendy),
- 4 — plocha na zapísanie údajov, ktoré sa nevmestia do plochy 3; v jej pravom rohu sa uvádza požadovaná drsnosť povrchu,
- 5 — pečiatka kontrol a technologických previerok, údaje pre snímkovanie a pod. (pri výkresoch formátu A4 na stojato sa dávajú tieto údaje nad popisové pole),
- 6 — vysvetlivky a legendy k výkresu, ak nestačí plocha 3, 4,
- 7 — voľný pás šírky aspoň 5 mm po celom obvode, na ktorom sa nekreslí ani nepopisuje (okrem označenia orientačných polí); pre priame zviazanie výkresu do zložky sa pás rozširuje podľa ČSN 01 3111.

(Keď sa nakreslí na jeden výkres viac súčiastok, má väčšie rozmery a rozdelí sa tenkými čiarami na jednotlivé polia normalizovaných formátov, čím vznikne združený výkres (obr. 16.11)).

V špeciálnych prípadoch, keď má súčiastka alebo zostava veľmi pretiahnutý tvar, zvolia sa doplnkové formáty výkresov odvodené zo základných formátov radu A. Býva to napr. pri oceľových konštrukciách, strechách, mostoch, hriadeľoch, grafických výpočtoch, rúrodoch, rôznych dispozičných plánoch, potrubíach



a



b

Obr. 4.3. Rozmiestnenie jednotlivých obrazov, údajov a celková úprava výkresu vrátane vytvorenia voľného pásu na zviazanie výkresu

a pod. Pritom ich nakreslenie na menší formát, čiže aj pri zmenšení, by bolo málo prehľadné a normálny formát by sa neúčelne využil. Rozmery vybraných doplnkových formátov podľa ČSN 01 3110 sa uvádzajú v tab. 4.3. Ich výška nesmie byť väčšia ako 841 mm a dĺžka nemá presahovať 1471 mm. Doplnkové formáty možno používať ležato (s dlhšou vodorovnou stranou), ale aj stojato (na výšku). Označenie doplnkového formátu sa skladá z označenia základného formátu a násobku jeho kratšej strany, napr. $A2 \times 3$, $A4 \times 7$.

V mimoriadnych prípadoch, napr. na výkresoch inžinierskych stavieb, možno vytvoriť aj formáty, ktoré nemajú obdĺžnikový tvar. Musia však vychádzať z rozmerov základných alebo doplnkových formátov a musia sa dať zložiť na formát A4 podľa ČSN 01 3111.

Tabuľka 4.3

Doplnkové formáty výkresov

Násobok kratšej strany	Rozmery doplnkových formátov (mm)				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	(1189 × 1682)	—	—	—	—
3	(1189 × 2523)	(841 × 1783)	594 × 1261	420 × 891	297 × 630
4	—	(841 × 2378)	(594 × 1682)	420 × 1189	297 × 841
5	—	—	(594 × 2102)	(420 × 1486)	297 × 1051
6	—	—	—	(420 × 1783)	297 × 1261
7	—	—	—	(420 × 2080)	297 × 1471
8	—	—	—	—	(297 × 1682)
9	—	—	—	—	(297 × 1892)

Poznámka: Doplnkové formáty v zátvorkách sa nemajú v ČSSR používať

Medzné odchýlky strán formátov nesmú presahovať pri dĺžkach do 600 mm ± 2 mm a nad 600 mm ± 3 mm. Napríklad rozmer formátu A1 bude $594 \pm 2 \times 841 \pm 3$ mm.

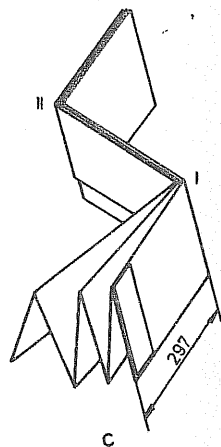
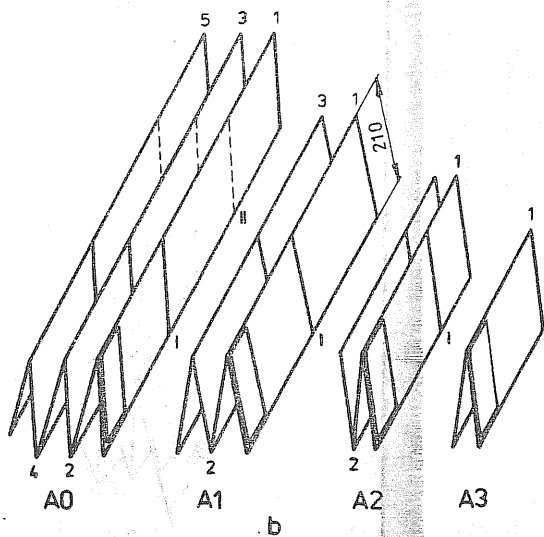
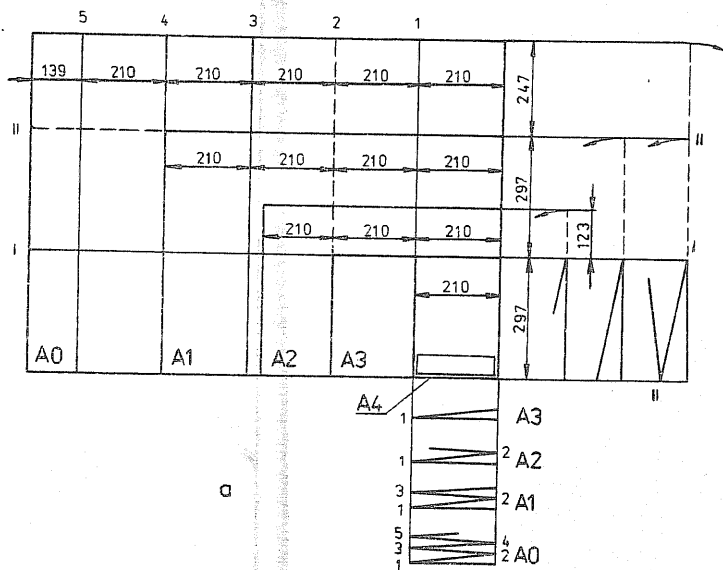
Na priame zviazanie formátov výkresov do zložky v súlade s ČSN 01 3111 sa musí na výkresoch ponechať v ľavom dolnom rohu voľný pás šírky 20 mm a výšky aspoň 297 mm (resp. voľný pás po celej výške). Na presnejšie umiestnenie formátu do zložky sa kreslí na výkrese tenká plná úsečka (hrúbky aspoň 0,25 mm, obr. 4.3b). Voľný pás sa na výkresoch kreslí len vtedy, keď sú výkresy určené na priame zviazanie do zložiek, a keď sa nepoužije pri skladaní nalepený prúžok na zachytenie výkresu podľa ČSN 01 3111.

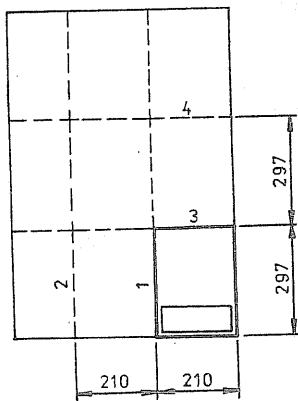
Pri skladaní výkresov môžu sa miesta priehybov označiť tenkou plnou úsečkou hrúbky aspoň 0,25 mm a dĺžky asi 5 mm. Úsečka sa kreslí tak, aby pri výkresoch s rámečkom ho presahovala aspoň o 5 mm. Obyčajne sa kreslia úsečky určujúce skladanie na výkresoch pre voľné zaradenie do súborov aj podľa ČSN 01 3111. Pre mikrosnímkovanie sa stred jednej dlhšej a kratšej strany formátu označí strediacou značkou (dve trojuholníkové čierne políčka s medzerou medzi sebou, obr. 4.2c, 4.3a).

4.3 SKLADANIE VÝKRESOV

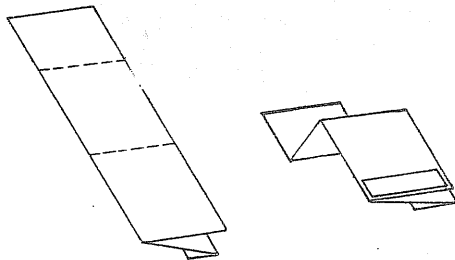
Na jednoduchšie prenášanie a uskladňovanie výkresov v archívoch sa skladajú kópie väčších formátov na veľkosť A4, a to harmonikovite na dĺžku a na výšku. Popisové pole je vždy na čelnej — viditeľnej strane výkresu, pričom sa vykoná najprv skladanie na dĺžku s rozmermi 210 mm, a potom na výšku s rozmermi 297 mm.

Princíp skladanie výkresov podľa ČSN 01 3111 (ST SEV 159-75) pre voľné zaradovanie do súborov (zložiek) je na obr. 4.4a. Skladanie výkresov na dĺžku je na obr. 4.4b, na výšku na obr. 4.4c. Tento spôsob sa uplatňuje pri ručnom a mechanickom skladaní (na skladacom stroji). Ak sa formáty A1 (594 × 841), A2 (420 × 594) a A3 (297 × 420) použijú pri kreslení v polohe pootočenej o 90° (čiže na výške je väčší rozmer), potom sa skladajú podľa obr. 4.4d, e, f aj na formát A4 tak, aby popisové pole zostalo zasa na čelnej strane príslušného výkresu.

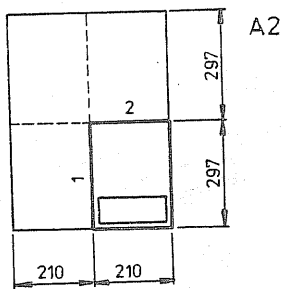




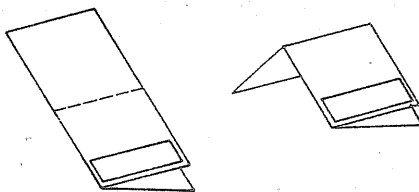
A1



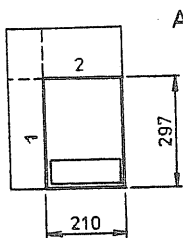
d



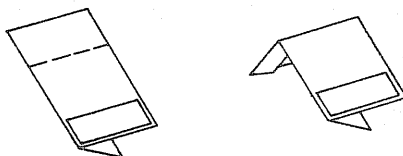
A2



e



A3

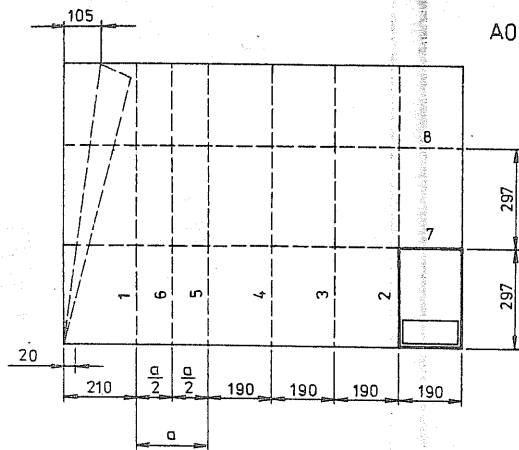


f

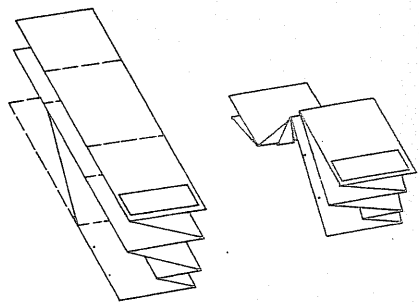
Obr. 4.4. Skladanie výkresov na ich voľné zaraďovanie do súborov

a — princíp skladania, b — skladanie na dĺžku, c — skladanie na výšku, d, e, f — skladanie formátov A1, A2, A3 pri kreslení v polohe pootočenej o 90°

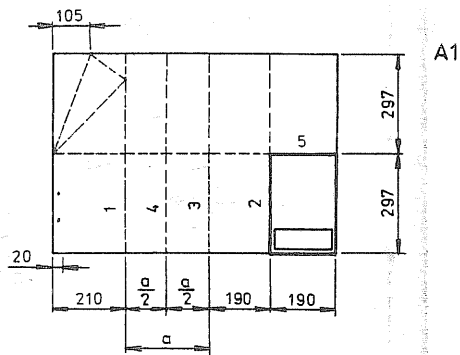
Osobitným spôsobom sa skladajú napr. prílohy k spisom na priame zviazanie (zošitie) alebo na zviazanie s prúžkom na zachytenie. Príklad skladania výkresov na priame zviazanie formátu A0 (841×1189) a A1 (pri skladaní v obidvoch polohách) je na obr. 4.5a, b, c. Tento spôsob je určený obyčajne pre ručné skladanie. Namiesto prekladania horného ľavého rohu šikmo do rubu, môže sa



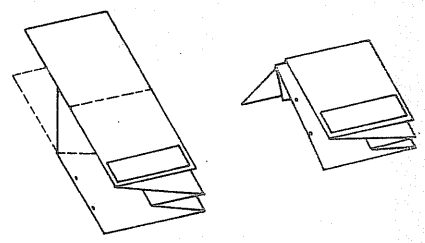
A0



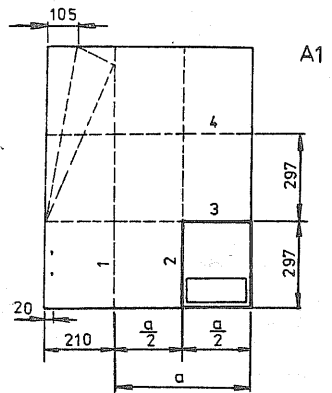
a



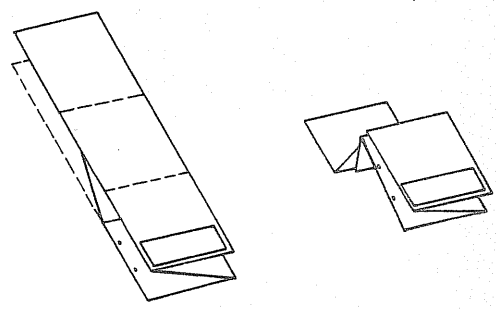
A1



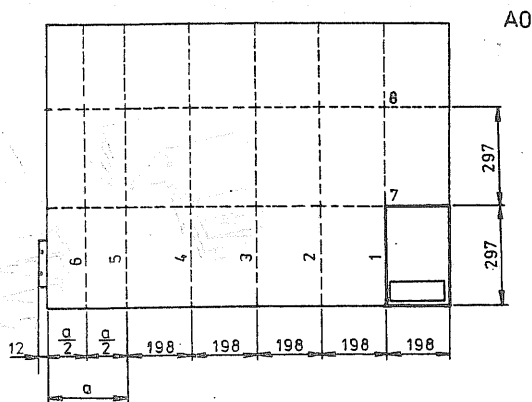
b



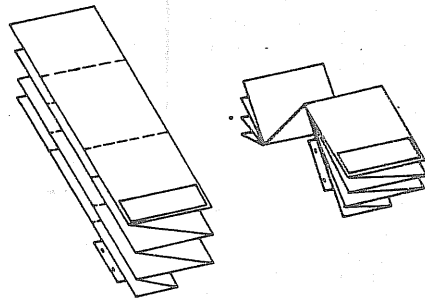
A1



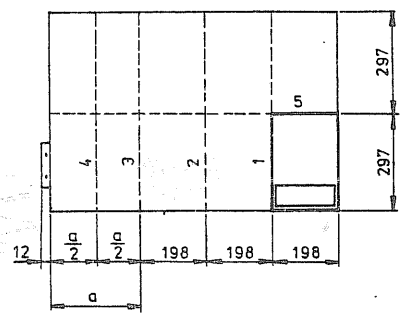
c



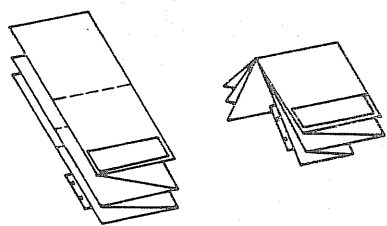
A0



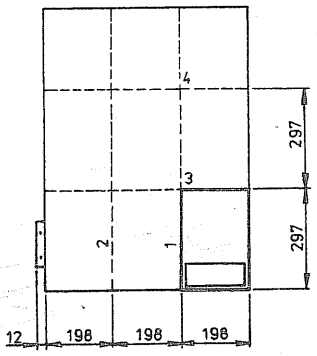
d



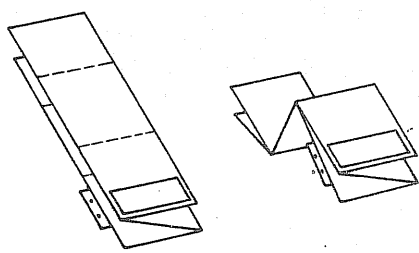
A1



e



A1



f

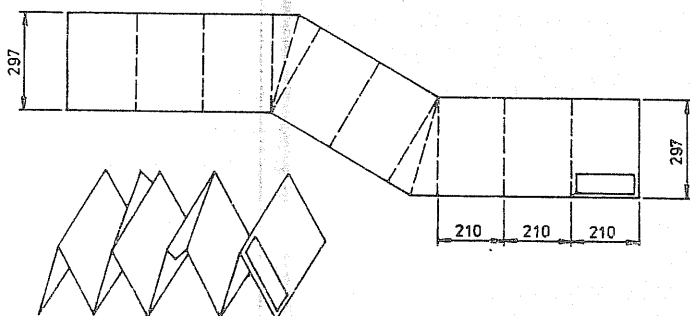
Obr. 4.5. Skladanie výkresov na ich zviazanie

a, b, c — skladanie na priame zviazanie formátu A0 a A1 (pri skladaní v obidvoch polohách), d, e, f — skladanie na zviazanie s prúžkom na zachytenie formátu A0 a A1 (pri skladaní v obidvoch polohách)

z výkresu vyrezať 20 mm široký pásik. Pri mechanickom skladaní týmto spôsobom býva však poradie prichybov iné, ako je to naznačené číslicami 1 až 8. Spôsob skladania výkresov na zviazanie s prúžkom na zachytenie formátu A0 a A1 (aj

v obidvoch polohách) je na obr. 4.5d, e, f. Je určený obyčajne pre mechanické skladanie (na skladacom stroji).

Osobitné formáty výkresov, ktoré nemajú obdĺžnikový tvar (ČSN 01 3110), sa majú skladať takisto na formát A4 jedným z troch vyššie uvedených spôsobov. Príklad skladania osobitného formátu pre voľné zaraďovanie do súborov je na obr. 4.6.



Obr. 4.6. Skladanie osobitného formátu pre voľné zaraďovanie do súborov

Originály, matrice a rematrice sa nemajú skladať (kresliaci papier, najmä pauzovací, sa stáva krehkým, lámavým a v priehybe sú číslice, čiary a texty horšie čitateľné). Skladajú sa iba tie originály, ktoré sú súčasťou spisov.

4.4 MIERKY NA KRESLENIE

Obrazy pre technickú dokumentáciu sa kreslia podľa zložitosti, rozmerov a dôležitosti buď v skutočnej veľkosti, čiže v mierke 1 : 1, buď sa zmenšujú, resp. zväčšujú tak, aby sa zabezpečila dobrá čitateľnosť, zreteľnosť a prehľadnosť výkresu. Pre skutočnú veľkosť obrazu je vždy rozhodujúca napísaná kóta na výkrese a nie rozmer nameraný a prepočítaný v určitej mierke.

Všetky výkresy treba kresliť v normalizovaných mierkach podľa ČSN 01 3112 (ST SEV 1180-78). Táto norma platí pre všetky druhy technických výkresov, čiže nielen pre strojárstvo, ale aj stavebníctvo, elektrotechniku a pod. Výnimku tvoria náčrtky kreslené voľnou rukou a obrazy, ktoré sa nebudú používať vo výrobe, ale napr. na názornú výučbu, diagramy, katalógy alebo na závodné normy a pod. Mierka udáva pomer dĺžkového rozmeru úsečky na výkrese (origináli) k príslušnému dĺžkovému rozmeru tej istej úsečky v skutočnosti.

Mierky na zmenšovanie sú:

1 : 2; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 20; 1 : 50; 1 : 100.

Obmedzené použitie majú mierky 1 : 2,5 (len v strojárstve), 1 : 15 (iba pre

kovové konštrukcie, rýpadlá, žeriavy a pod.) a 1 : 25 (len pre stavebné konštrukcie, pre technologické dispozičné výkresy, pre výkresy rúrovodov, stavbu lodí a pod.). Pre ešte väčšie zmenšenia (najmä pre mapy a plány) uvádza táto norma aj ďalšie mierky: 1 : 200; 1 : 500; 1 : 1000; 1 : 5000; 1 : 10 000; 1 : 20 000; 1 : 50 000. Pre vymedzené odbory sa môžu ešte použiť aj mierky: 1 : 250; 1 : 2500; 1 : 25 000 (pre situačné výkresy, mapy a plány), ale aj 1 : 720; 1 : 1440; 1 : 2880 (pre situačné výkresy a mapy vyhotovené podľa bývalých katastrálnych máp).

Mierky na zväčšovanie sú:

2 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 50 : 1; 100 : 1.

Mierka je tým väčšia, čím väčší je pomer zmenšenia alebo zväčšenia. Napríklad mierka 1 : 5 je väčšia ako 1 : 20, resp. mierka 10 : 1 je väčšia ako 2 : 1. Na výkresoch sa označuje mierka s použitím písmena *M*, napr. *M* 1 : 2. V rubrike popisového poľa sa však písmeno *M* vynecháva. Jednotná mierka na celom výkrese sa udáva iba v príslušnej rubrike popisového poľa.

Ak sa nedá vo vhodnej mierke nakresliť obraz na jeden výkres, rozdelí sa zobrazenie na viac výkresov (listov).

Pri použití dvoch mierok sa najdôležitejšia mierka (najviac sa vyskytujúca alebo mierka hlavného obrazu) zapíše ako prvá a väčším písmenom ako druhá mierka. Pri použití viac mierok sa najdôležitejšia mierka zapíše v rubrike popisového poľa väčším písmenom a pod ňou, resp. vedľa nej, sa uvedie v zátvorke označenie (1 : *X*), ktoré upozorňuje, že sa na výkrese použili aj iné mierky, pripísané k príslušným obrazom.

Dve mierky: MIERKA
 1 : 5 1:1

Viac mierok: MIERKA
 1 : 50
 (1: *X*)

Tieto mierky sa súčasne pripíšu podľa možnosti nad obraz alebo k nadpisu obrazu, napr. pre rez A – A alebo pre detail A1

M 1:2

M 2:1

Mierka sa pri obrazoch píše väčším písmenom ako príslušné kóty (ak sú napr. kóty veľkosti 2,5 mm, mierka má písmená o jednu veľkosť väčšie, čiže 3,5 mm).

V špeciálnych prípadoch, napr. na tabuľkovom výkrese, na výkrese s nezapisanými kótami (transparenty) a na výkrese rozmnožovanom tlačou, keď nie je súčiastka kreslená v mierke, sa v rubrike popisového poľa napíše písmeno „N“, čo znamená „Nie je“.

Správna mierka sa navrhuje podľa:

- a) účelu a obsahu výkresu (obrazu),
- b) zložitosti a hustoty kresby (obrazových prvkov) konštrukcie,

c) požiadaviek čitateľnosti a presnosti kresby (obrazových prvkov), a to aj so zreteľom na reprografické spracovanie výkresov.

Ak sa súčiastka kreslí v určitej mierke dostatočne zreteľná a len nejakú podrobnosť nemožno v nej dobre znázorniť, označí sa takéto miesto výraznými písmenami veľkej abecedy. Príslušný detail sa ohraničí tenkou kružnicou alebo oválom, a potom sa na voľnom mieste obraz primerane zväčší a napíše sa uvedený nadpis, napr. A 1, pričom sa pod údaj zaznačí mierka, napr. $M 2:1$ (obr. 5.11a).

Počet použitých mierok na výkrese, resp. súbore výkresov, sa má podľa možnosti obmedziť. Pri obrazoch (napr. aj v diagramoch), kde je mierka výšok väčšia ako dĺžok (prevýšený obraz), sa na prvom mieste píše mierka dĺžky a na druhom mieste (za čiarou lomenu) mierka výšky, napr. $M 1:200/1:50$ (v popisovom poli sa zasa písmeno M vynecháva). Vybrané mierky podľa tab. 4.4 sa používajú napr. pre pozdĺžne a priečne profily inžinierskych stavieb alebo pre diagramy. (Pre pozdĺžne a priečne profily možno však použiť aj iné, predtým uvádzané mierky.) Na výkresy, resp. k obrazom, ktoré sa spracujú reprograficky, sa nakreslí grafická mierka dĺžky 100 mm s delením aspoň po 10 mm.

Tabuľka 4.4

Vybrané mierky prevýšených obrazov

Mierka dĺžky	Mierka výšky (označená hviezdikou je prednostná)				
	Prevýšená mierka výšky voči mierke dĺžky				
	5×	10×	20×	25×	50×
1:500	1:100*	1:50*	—	—	—
1:1000	1:200*	1:100*	1:50	—	—
1:2000	—	1:200*	1:100	—	—
1:5000	—	1:500*	—	1:200	1:100
1:10 000	—	1:1000*	1:500	—	—
1:25 000	—	—	—	1:1000	1:500
1:50 000	—	1:5000*	—	—	1:1000

4.5 DRUHY A HRÚBKY ČIAR

Čiary, ktoré sa používajú na vyhotovenie technických výkresov, majú rôzny význam a určuje ich ČSN 01 3114 (ST SEV 1178-78). Na technických výkresoch sa majú používať tri druhy čiar:

- plné čiary, ktoré sú plynulé (nepreerušované),
- prerušované čiary, pri ktorých sa pravidelne opakujú tie isté zobrazovacie prvky (napr. čiarkované alebo bodkované čiary),

c) striedavé čiary, pri ktorých sa opakujú skupiny obrazových prvkov (napr. bodkočiarkované čiary).

Hrúbky čiar s pre technické výkresy sú odstupňované podľa geometrického radu s kvocientom $\sqrt{2} \approx 1,4$ a sú to: (0,13); 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1; 1,4 a 2 mm. Ich hrúbka má byť po celej dĺžke čiary rovnaká, pričom odchýlka hrúbky môže byť $\pm 0,02$ mm pre hrúbku 0,13 a 0,18, resp. $\pm 0,1$ mm pre ostatné hrúbky čiar.

Hrúbky čiar pre technické výkresy sa zaraďujú do príslušných skupín podľa tab. 4.5.

Tabuľka 4.5








Skupiny a podskupiny čiar










Názov čiar	Skupina a podskupina ¹⁾									
	I ²⁾		II		III		IV		V	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
	hrúbka čiary s (mm)									
Tenká.	0,13	—	0,18*	—	0,25*	—	0,35*	—	0,50	—
	—	0,18	—	0,25*	—	0,35*	—	0,50*	—	0,70
Hrubá	0,35		0,50*		0,70*		1,00*		1,40	
Veľmi hrubá ³⁾	0,70		1,00*		1,40*		2,00*		2,00 ⁴⁾	
¹⁾ Podskupina a sa používa najmä pre výkresy v stavebníctve, podskupina b pre výkresy v strojárstve a v elektrotechnike ²⁾ Skupina čiar I sa má používať najmä pre mapové podklady ³⁾ V strojárstve len v lepených spojoch a diagramoch, v stavebníctve na prúty a drôty ako betonársku výstuž, v elektrotechnike na vedenia, káble, zväzky vodičov ⁴⁾ Len pre túto skupinu namiesto hrúbky 2,80 mm * Prednostne používané hrúbky čiar										

Jednotlivé skupiny čiar sa zvolia podľa veľkosti a zložitosti kresleného obrazu, pričom sa berie zreteľ na účel a obsah výkresu. Zvolená skupina čiar musí byť rovnaká pri všetkých obrazoch toho istého výkresu, ktoré sa kreslia v rovnakej mierke. Základný význam čiar a ich použitie na výkresoch v strojárstve je v tab. 4.6.

Medzery medzi čiarkami, resp. medzi čiarkami a inými prvkami, sa riadia hrúbkou čiar. Medzery majú byť pri prerušovaných a striedavých čiarach hrúbky s veľké: aspoň 4s, ak ide o hrúbku čiary 0,35 mm a menšiu; aspoň 2 mm, ak ide o hrúbku čiary 0,5 mm a väčšiu. Namiesto bodiek pri bodkočiarkovanej čiare (s jednou alebo dvoma bodkami) sa môžu použiť aj čiarky dĺžky max. 3 s.

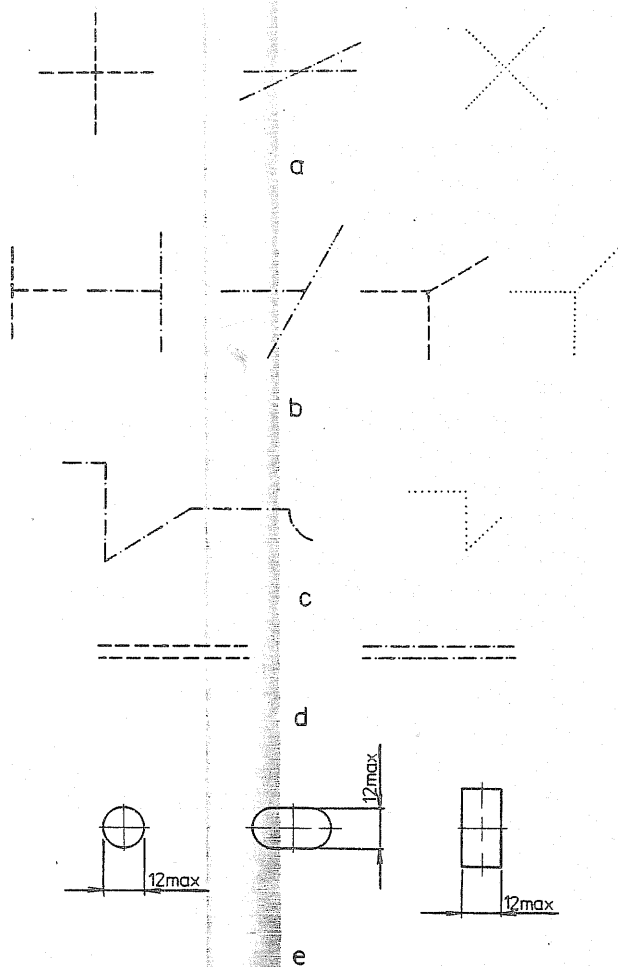
Význam a použitie čiar na strojných výkresoch

Druh čiar	Názov a zobrazenie čiar	Použitie čiar	
		na výkresoch	v diagramoch
Plná pravideľná	1.1 tenká 	kótovacie a pomocné čiar, šrafovanie; zobrazenie závitov (zjednodušené); pätne kružnice a priamky; odkazové čiar (vrátane zástaviek); obrisy sklopených prierezov; viditeľné zaoblené a neurčité hrany i prieniky; ohraničenie vynesných podrobností (detailov)	čiar súradnicovej siete; pomocné čiar; deliace úsečky; odkazové čiar (vrátane zástaviek)
	1.2 hrubá 	viditeľné obrisy i hrany pohľadov a rezov zobrazených predmetov; viditeľné určité hrany prienikov v pohľadoch a rezoch; vymedzenie formátu výkresu; rámček na formáte výkresového listu	osi súradníc; čiar znázorňujúce vedľajšie alebo podružné funkčné závislosti; čiar vymedzujúce plochu diagramu; osi stupnic ležiacich mimo plochy diagramu
	1.3 veľmi hrubá 	lepený spoj (káble, zväzky vodičov — v elektro-technike; prúty a drôty betonárskej výstuže — v stavebníctve)	čiar znázorňujúce hlavné funkčné závislosti
Plná nepravideľná	2.1 tenká 	prerušenie obrazu, ukončenie čiastočne nakresleného obrazu; rozhranie medzi pohľadom a rezom pri čiastočnom reze	—
	Čiarkovaná	3.1 tenká  3.2 hrubá  3.3 veľmi hrubá 	<p>pomocné čiar</p> <p>čiar znázorňujúce vedľajšie alebo podružné závislosti</p> <p>čiar znázorňujúce hlavné funkčné závislosti</p>

Druh čiar	Názov a zobrazenie čiar	Použitie čiar	
		na výkresoch	v diagramoch
Bodko- čiarkovaná	4.1 tenká 	osi súmernosti; rozstupové kružnice a priamky	—
	4.2 hrubá 	poloha myšliených rovín (namiesto nej možno používať hrubé úsečky označujúce rovinu rezu podľa ČSN 01 3122)	čiarly znázorňujúce vedľajšie alebo podružné funkčné závislosti
	4.3 veľmi hrubá 	—	čiarly znázorňujúce hlavné funkčné závislosti
Prerušovaná s dvoma bodkami	5.1 tenká 	krajné polohy pohyblivých častí predmetov; obrysy a hrany susedných predmetov; zobrazenie pôvodného tvaru; čiarly ohybov na rozvínutých plochách; zobrazenie konečného tvaru; ťažisková os	—
	5.2 hrubá 	—	čiarly znázorňujúce vedľajšie alebo podružné funkčné závislosti
	5.3 veľmi hrubá 	—	čiarly znázorňujúce hlavné funkčné závislosti
Bodkovaná	6.1 tenká 	—	—
	6.2 hrubá 	—	čiarly zobrazujúce vedľajšie alebo podružné funkčné závislosti
	6.3 veľmi hrubá 	—	čiarly znázorňujúce hlavné funkčné závislosti

Aj medzery medzi bodkami sa riadia hrúbkou čiar. Medzery majú byť pri bodkovaných čiarach hrúbky s veľké: aspoň $2s$, ak ide o hrúbku čiar $0,35$ mm a menšiu; aspoň 1 mm, ak ide o hrúbku čiar $0,5$ mm a väčšiu. Namiesto bodkovanej čiarly možno použiť aj čiarkovanú čiaru s krátkymi čiarkami dĺžky max. $3s$. Najmenšia vzdialenosť rovnobežných čiar sa rovná aspoň dvojnásobnej hrúbke čiar. Vzdialenosť rôzne hrubých čiar sa stanoví podľa hrubšej čiarly.

Dĺžka čiarok, veľkosť bodiek, resp. krátkych čiarok a veľkosť medzier tej istej prerušovanej čiarly musí byť vždy rovnaká. Bodkočiarkované čiarly začínajú a končia čiarkou. Čiarkované čiarly sa križujú čiarkami, bodkované čiarly bodkami, čiarly nadväzujú čiarkami, bodkované čiarly bodkami (obr. 4.7a, b).



Obr. 4.7. Zásady kreslenia prerušovaných a striedavých (napr. bodkočiarkovaných) čiar

Zlomy a ohyby čiary vytvárajú vždy čiarky, pri bodkovaných čiarach bodky (obr. 4.7c). Pri rovnobežných tenkých prerušovaných a striedavých čiarach umiestnených blízko seba sa majú čiarky a medzery, resp. vložené obrazové prvky navzájom striedať (obr. 4.7d).

Namiesto tenkej bodkočiarkovanej čiary možno kresliť tenkou plnou čiarou vtedy, keď je rozmer obrazu (kruhu, oválu, štvorca atď.), v ktorom je táto čiara nakreslená, na výkrese menší ako 12 mm (obr. 4.7e).

Ak sa na obraze kryjú dve alebo viac čiar rôzneho druhu, resp. významu, má sa dodržiavať poradie prednosti (nadradenosti) podľa obr. 4.8a nasledujúcim spôsobom:

1. viditeľné obrisy a hrany,
2. zakryté obrisy a hrany,
3. označenie polohy myslených rovín rezu,
4. osi a roviny súmernosti,
5. ťažiskové osi,
6. pomocné čiary.

Na obr. 4.8a sú otvory zdôraznené vyčiernením schematickeho tieňa, čo je v súlade s ČSN 01 3122 (ST SEV 363-76).

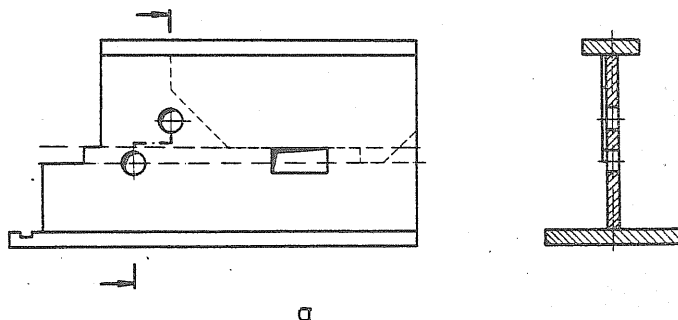
Podľa významu čiary možno rozdeliť nasledujúco:

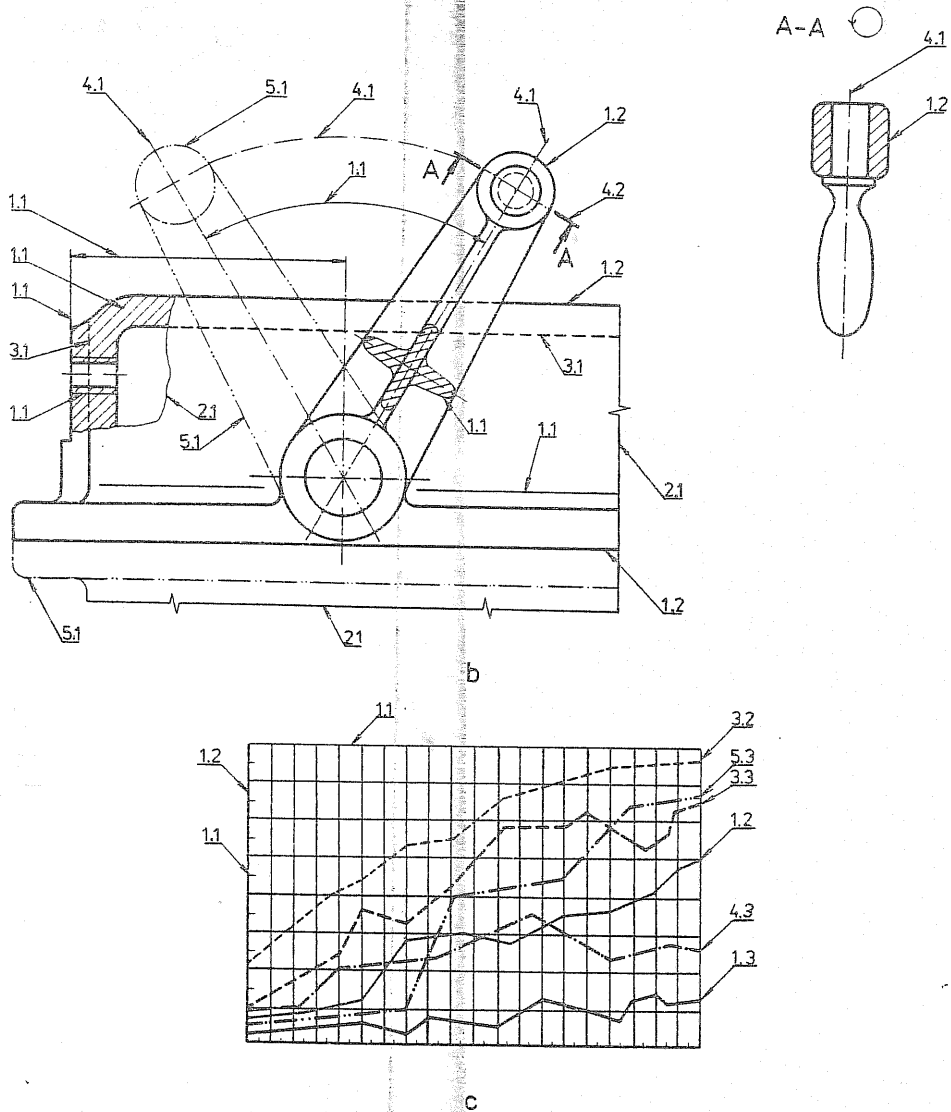
1. Čiary zobrazujúce vyrábaný predmet — obrysové čiary (v pohľade a v reze).
2. Čiary zľahčujúce predstavu (čítanie výkresu) alebo výrobu — osi, rozstupové čiary, označovanie rezov a pod.
3. Čiary udávajúce veľkosť predmetu — kótovacie čiary.

O hrúbke čiar rozhoduje veľkosť a zložitosť obrazca, druh a účel výkresu, ale aj mierka. Zásadne sa zvolí čo najväčšia hrúbka (aby boli čiary dobre viditeľné aj na svetlotlačí a po dlhšom používaní výkresov), ale táto nesmie byť na úkor jasnosti a čitateľnosti príslušného výkresu.

Pri používaní čiar ide o tieto zásady:

- a) Obrysové a viditeľné čiary sa robia primerane hrubé, a to podľa druhu





Obr. 4.8. Používanie jednotlivých druhov čiar

a — rešpektovanie prednosti použitých čiar, b — správne použitie rôznych čiar očíslovaných podľa tab. 4.6. c — použitie rôznych čiar v diagrame

a účelu výkresu. Môžu byť také hrubé, aby sa neporušila zrozumiteľnosť ani najmenších kreslených prvkov.

b) Obrázky detailov kreslených vo väčšej mierke sa vyťahujú hrubšími čiarami ako obrázky kreslené v menšej mierke.

c) Väčšie a jednoduchšie obrazy kreslia sa hrubšími čiarami, ale menšie a zložitejšie obrazy, najmä na zostavách, kreslia sa tenšími čiarami.

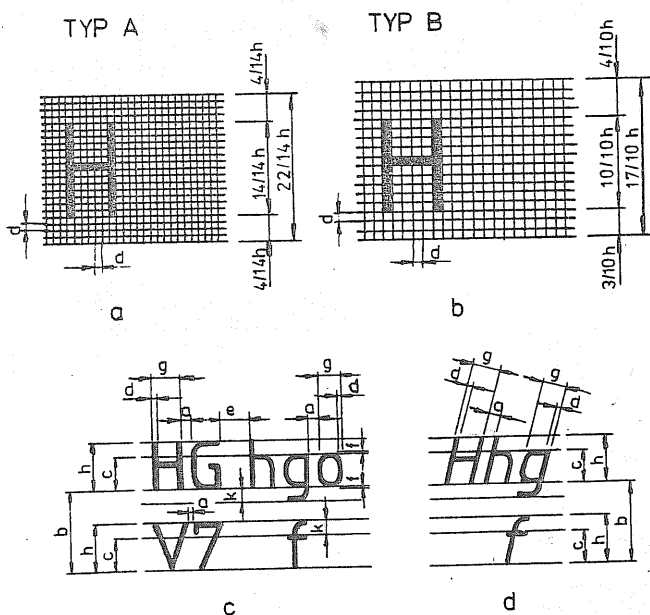
Konkrétny príklad správneho použitia jednotlivých druhov čiar očíslovaných podľa tab. 4.6 vidno na obr. 4.8b. Príklad používania rôznych čiar v diagrame je na obr. 4.8c.

ČSN 01 3114 neplatí pre špeciálne druhy čiar, napr. pre kreslenie rúrovodov, ale ani pre špeciálne používanie čiar stanovených osobitnými normami, napríklad pre zobrazovanie závitov (platí ČSN 01 3213), resp. pre označovanie povlakov (platí ČSN 01 3146).

4.6 POPISOVANIE VÝKRESOV

Na zapisovanie kôt, rôznych značiek a symbolov (napr. pre drsnosť, odchýlky), na označovanie obrazov a rezových rovín, vyplňovanie popisových polí a kusovníkov, ako aj na nadpisy a slovné poznámky dotýkajúce sa výroby, používa sa na výkresoch technické písmo.

Základné požiadavky na používanie písma (typy, rozmery, hrúbky čiar, sklon, medzera medzi písmenami a slovami, písanie zlomkov, exponentov, indexov a odchýlok) na všetkých druhoch technických výkresov stanovuje ČSN 01 3115



Obr. 4.9. Základné údaje písma pre technické výkresy

5.2 PRAVOUHLÉ ZOBRAZOVANIE NA NIEKOĽKO PRIEMETNÍ

V konštrukčnej praxi sa používa väčšinou pravouhlé (kolmé, ortogonálne) premietanie, pričom poloha zobrazovaného predmetu je medzi príslušnou priemetňou a pozorovateľom. Pri vytváraní jednotlivých priemetov sú tieto najdôležitejšie zásady:

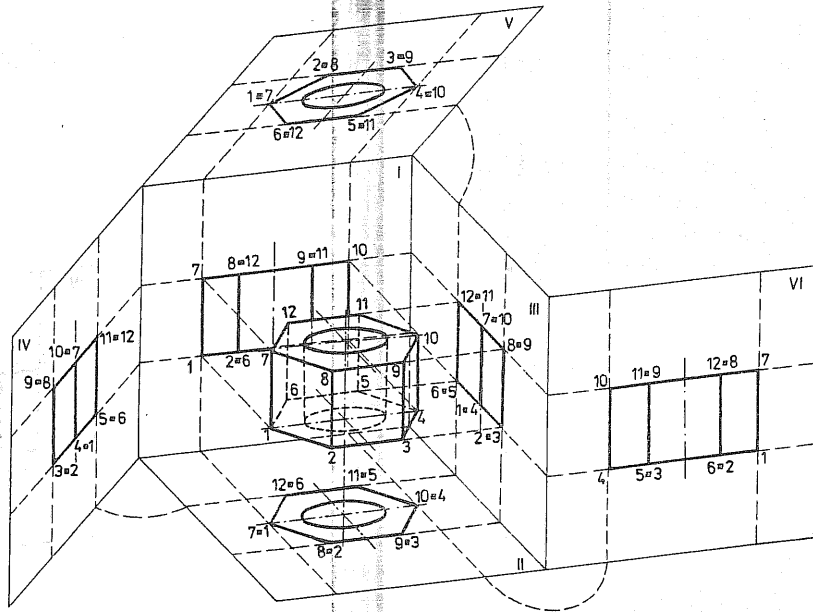
1. Premietaný bod sa javí ako bod s rovnakými vzdialenosťami od príslušnej základne (priamky, hrany, úsečky a pod.).
2. Hrana kolmá na priemetňu javí sa ako bod.
3. Rovnobežná hrana s priemetňou javí sa ako úsečka takej istej veľkosti.
4. Sklonená hrana sa javí ako jej kosínusová zložka.
5. Kolmá rovina sa javí ako úsečka rovnakej veľkosti.
6. Rovnobežná rovina s priemetňou sa javí ako skutočná rovina.

Vznik jednotlivých priemetov šesťhrannej súčiastky s otvorom do príslušných priemetní I až VI pri pravouhlom zobrazovaní po vyznačení premietaných bodov je na obr. 5.4a. Najdôležitejším obrazom vo vzťahu k smeru premietania je pohľad spredu (hlavný pohľad, nárys), ktorý vzniká premietnutím spredu do priemetne I. Premietnutím zhora do priemetne II dostáva sa pohľad zhora (pôdorys), ktorý sa umiestňuje na výkrese pod pohľad spredu (obr. 5.4b). Pohľad zľava (pravý bokorys) vzniká premietnutím do priemetne III a umiestňuje sa napravo od pohľadu spredu. V nevyhnutných prípadoch vytvárajú sa aj ďalšie priemety: do priemetne IV pohľad sprava (ľavý bokorys), do priemetne V pohľad zdola a do priemetne VI pohľad zozadu.

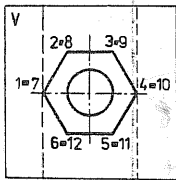
Uvedený spôsob pravouhlého zobrazovania nazýva sa podľa ČSN 01 3121 (ST SEV 362-76) *premietanie v 1. kvadrante alebo metóda E*. Na obr. 5.5a sú jednotlivé pohľady 1 až 6 vo vzťahu k smeru premietania. Smery premietania sú naznačené v obr. 5.5b. Vzájomnú polohu vytvorených pohľadov a ich polohu vo vzťahu k pohľadu spredu určuje rozvinutie priemetní do nákresnej roviny podľa obr. 5.5c. Pohľad zozadu (označený číslicou 6) možno podľa tejto citovanej normy umiestniť aj vedľa pohľadu sprava (označeného 4). Grafická značka pre metódu *E* a jej najmenšia dovolená veľkosť je na obr. 5.5d. Touto značkou možno podľa potreby označiť použitú metódu *E* a značku umiestniť v popisovom poli alebo nad ním.

Ak nemožno dodržať umiestnenie obrazov podľa tejto metódy, môžu sa aj iným spôsobom rozmiestniť obrazy na výkrese (na tom istom alebo na inom liste). Jednotlivé obrazy (pohľady) musia sa však vždy označiť v súlade s ČSN 01 3122 (ST SEV 363-76). Grafickú značku pre použitú metódu (napr. podľa obr. 5.5d) už netreba uvádzať. Obraz (pohľad) z ktorého sa odvodzujú ďalšie obrazy, sa už neoznačuje. Možné umiestnenie obrazov kovovej konštrukcie je napr. na obr. 5.6.

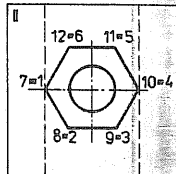
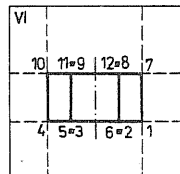
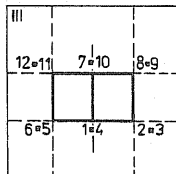
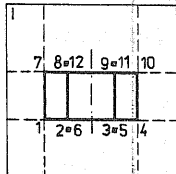
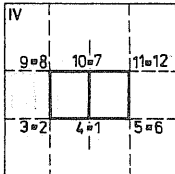
Metóda *premietania v 3. kvadrante alebo metóda A*, je pravouhlým rovnobežným premietaním aj na navzájom kolmé priemetne, pri ktorom sa poloha



a

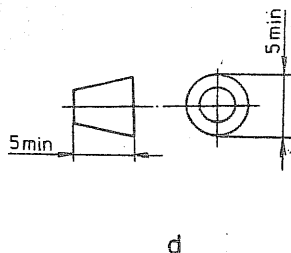
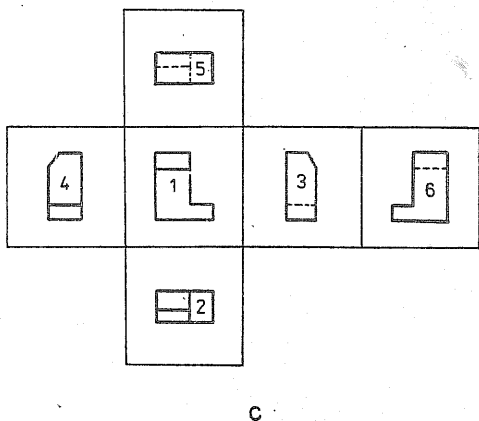
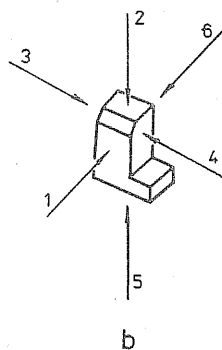
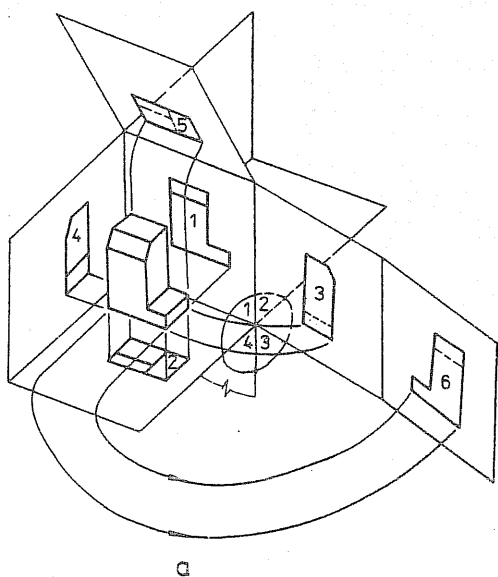


POHĽAD ZOZADU



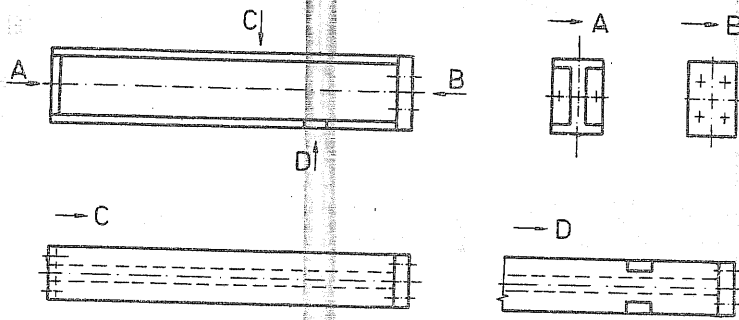
b

Obr. 5.4. Vznik jednotlivých priemetov do príslušných priemetní a ich rozmiestnenie na výkrese po označení priemietaných bodov

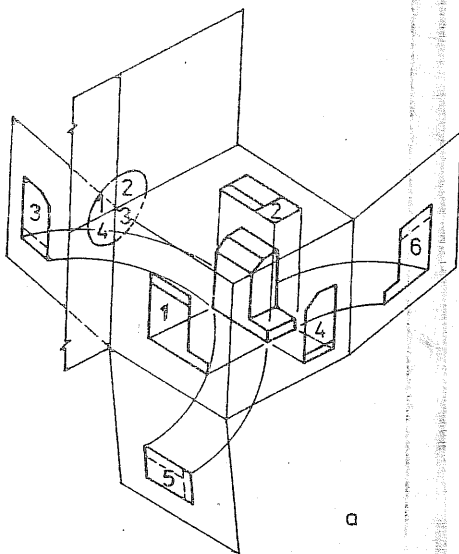


Obr. 5.5. Základná metóda zobrazovania premietaním v 1. kvadrante, metóda E

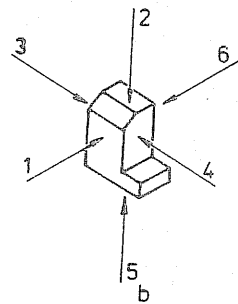
zobrazovaného predmetu uvažuje vo vzťahu k pozorovateľovi za priemetňami, v treťom kvadrante, čiže priemetňa sa umiestňuje medzi pozorovateľa a predmet (obr. 5.7a). Smery premietania sa naznačili v obr. 5.7b, vzájomná poloha jednotlivých obrazov v obr. 5.7c. Číslovanie a názvy pohľadov sú rovnaké ako pri metóde E. Pohľad zozadu (označený 6) sa môže však umiestniť aj vedľa pohľadu zľava (označeného 3). Grafická značka a jej veľkosť je na obr. 5.7d, musí sa vždy uviesť, a to v popisovom poli alebo nad ním. Okrem toho sa pri všetkých obrazoch



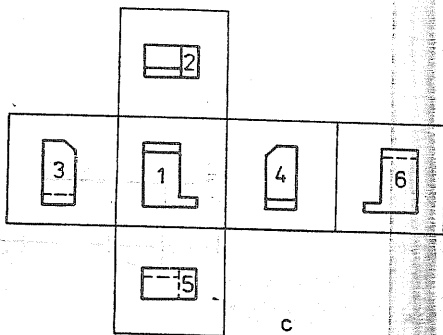
Obr. 5.6. Označovanie obrazov umiestňovaných špeciálnym spôsobom



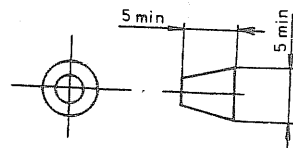
a



b



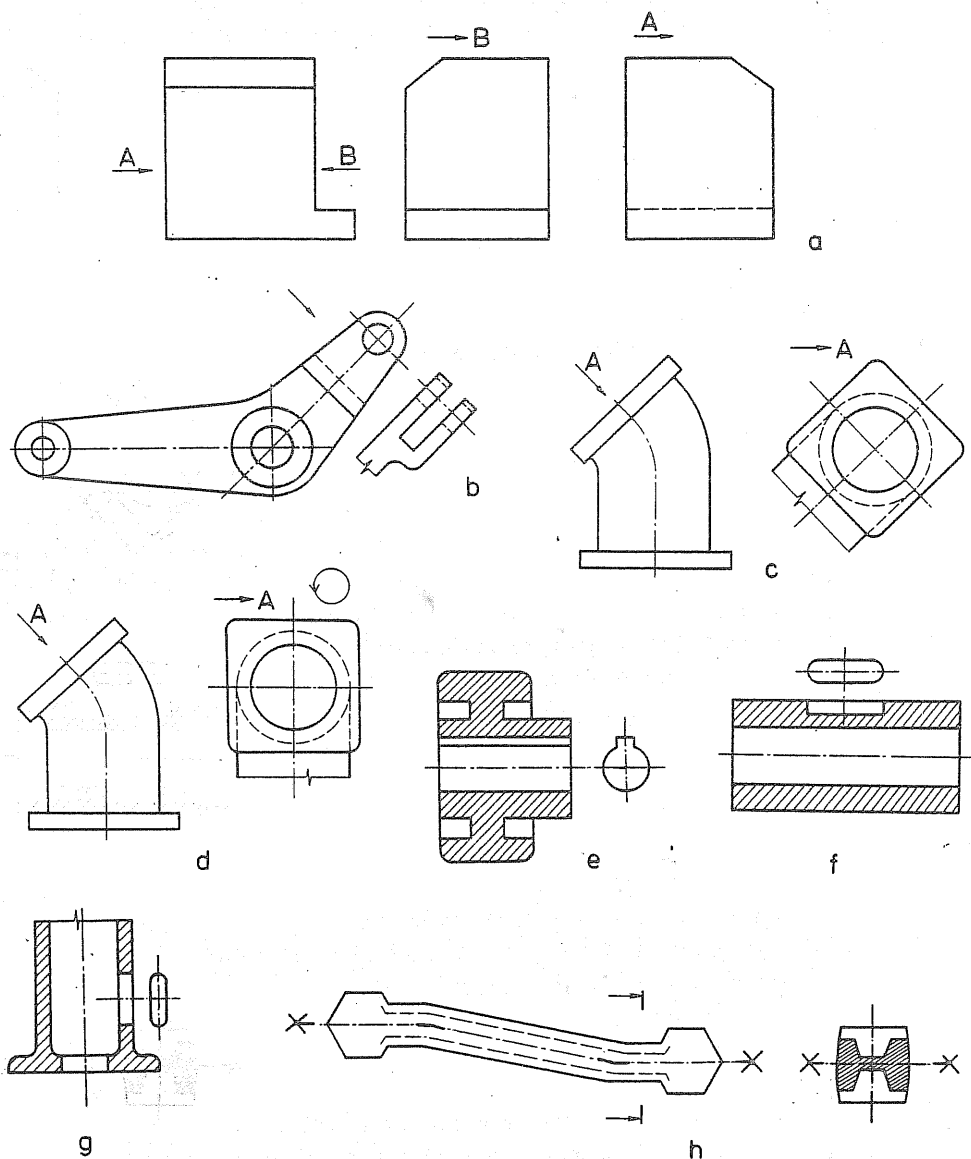
c



d

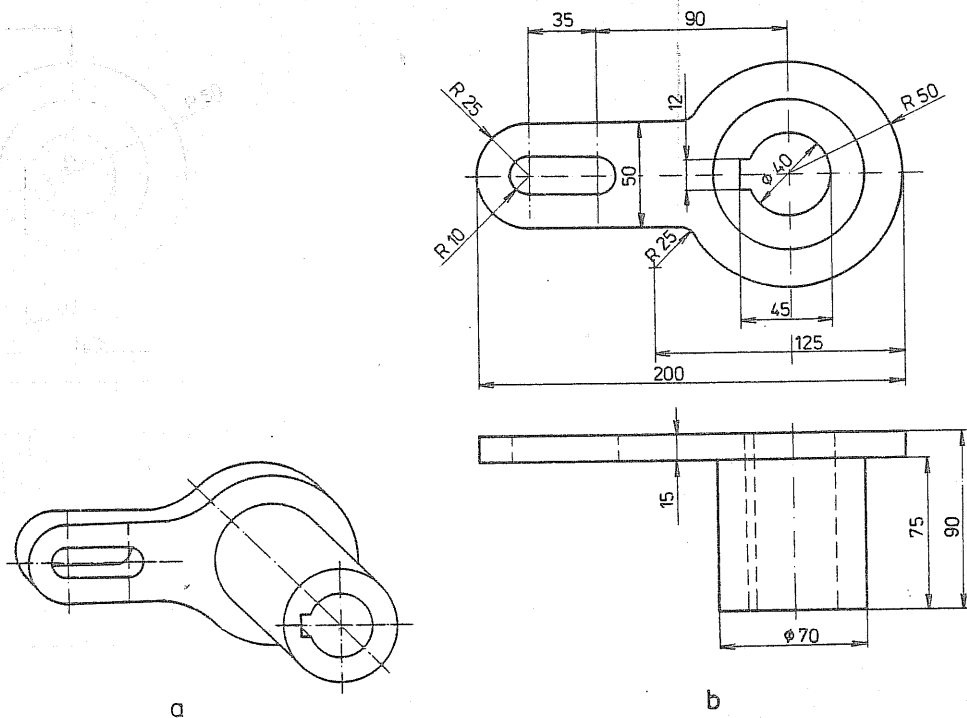
Obr. 5.7. Metóda premietania v 3. kvadrante, metóda A

3122. 14. musia vyznačiť aj smery premietania podľa ČSN 01 3122. Metóda A sa však smie používať v ČSSR iba na vyhotovenie technických výkresov pre zahraničie, resp. keď sa výkresy zasielajú k nám zo zahraničia.



Obr. 5.8. Zobrazovanie v pohľadoch

a — označenie umiestnených pohľadov nezodpovedajúcich metóde E, b — pohľad do pomocnej priemetne, c — posunutý pomocný pohľad, d — pootočený pomocný pohľad, e, f, g — kreslenie čiastočných pohľadov, h — označenie deliacej roviny foriem



Obr. 5.9. Jednoduchá páka
a — názorné premietanie, *b* — ortogonálne premietanie

5.3 POČET A VOĽBA OBRAZOV

V zmysle ČSN 01 3122, ako hlavné zobrazenie (hlavný pohľad a pod.), sa zvoli obraz, ktorý najúplnejšie určuje tvar a rozmery predmetu. Obvyčajne sa zobrazuje konečný tvar predmetu, pričom zobrazenie možno aj zjednodušiť v súlade s ďalej uvedenými základnými pravidlami zobrazovania.

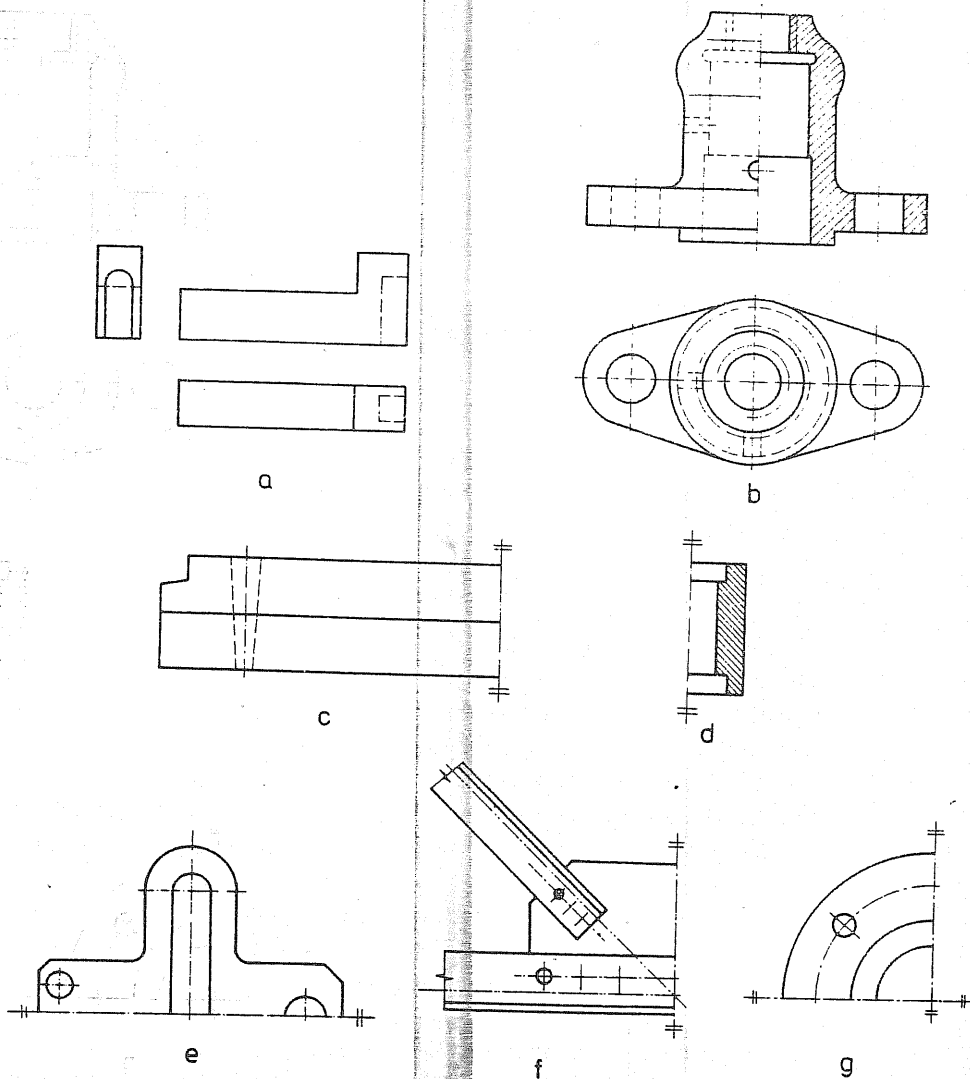
Predmety treba zobraziť vo funkčnej polohe alebo vo výhodnej polohe pre ich výrobu. Ak sú predmety zostavené z viacerých súčiastok, treba ich zobrazovať vo funkčnej polohe, a to aj keď sa líšia od polohy vhodnej na výrobu jednotlivých súčiastok.

Použiteľné predmety v ľubovoľnej polohe treba zobraziť v základnej polohe, ktorú majú pri výrobe. Keď majú predmety šikmú polohu, zobrazujú sa obvyčajne v zvislej alebo vodorovnej polohe. Dlhé alebo vysoké predmety, ktorých funkčná poloha je zvislá (stĺpy, nosníky, stôžiare a pod.) možno zobrazovať vo vodorovnej polohe, pričom však treba spodnú (dolnú) časť umiestniť napravo obrazu.

Všeobecné zásady zobrazovania stanovujú nevyhnutnosť kreslenia čo najmen-

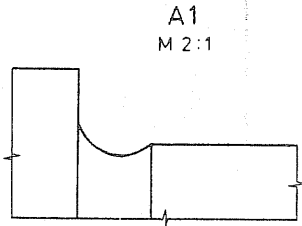
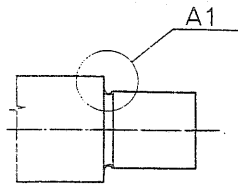
šieho počtu obrazov (pohľadov, rezov, prierezov), ktoré sú potrebné na úplné a jednoznačné zobrazenie predmetu.

Základné pravidlá predpisujú kreslenie viditeľných obrysov a hrán predmetu hrubou plnou čiarou. Zakryté obrysy a hrany predmetu sa kreslia tenkou čiarkovanou čiarou, a to len vtedy, keď treba objasniť tvar alebo obmedziť počet priemetov (obr. 5.10a, b).



Obr. 5.10. Základné pravidlá zobrazovania

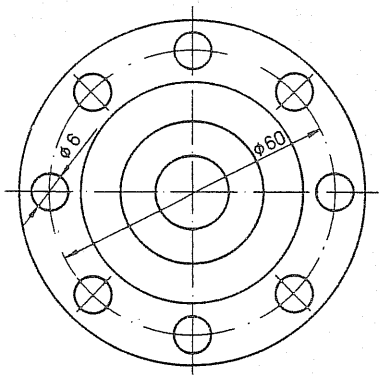
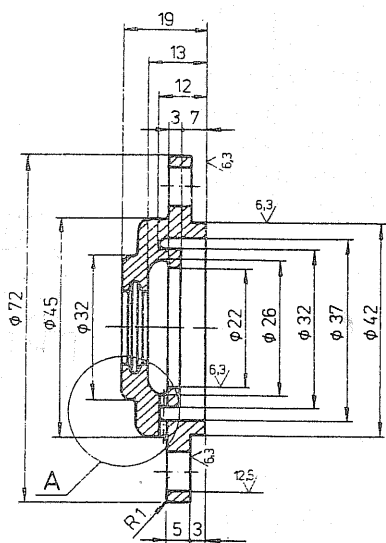
a, b — kreslenie viditeľných a zakrytých obrysov, c až g — zobrazovanie súmerných predmetov



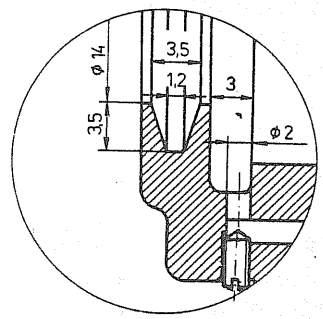
a

POLOMERY ZAObLENIA R 2

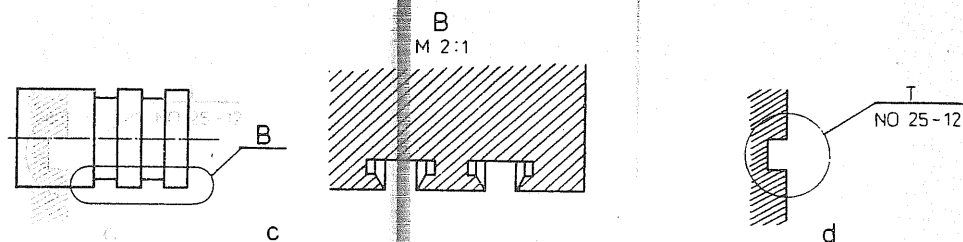
2.5 (✓)



A
M 5:1



b

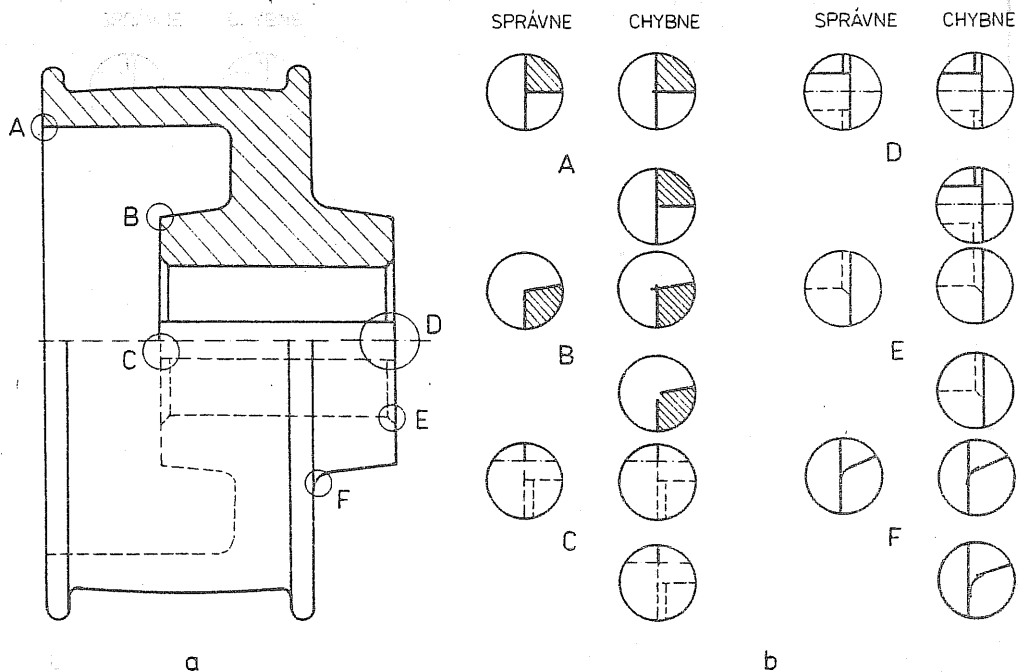


Obr. 5.11. Vynesená podrobnosť v doplňujúcom obraze predmetu

Súmernosť predmetov, vrátane rotačných, sa vyjadruje v obraze ich osou, ktorá sa kreslí tenkou bodkočiarkovanou čiarou, prečnievajúcou cez obrys predmetu (obr. 5.9). Súmerné časti možno kresliť polovicou obrazu (obr. 5.10c až f), resp. štvrtinou obrazu (obr. 5.10g). Osi súmernosti sa pritom označia na prečnievajúcich koncoch dvoma tenkými úsečkami (dĺžky aspoň 3,5 mm) kolmými na os obrazu (obr. 5.10c až g). Pretínajúce sa osi, najmä kolmé osi súmernosti, sa musia pretínať v čiarkach (nie v bodke alebo v medzere). Veľmi krátke osi, napr. malých otvorov, možno kresliť aj tenkou plnou čiarou.

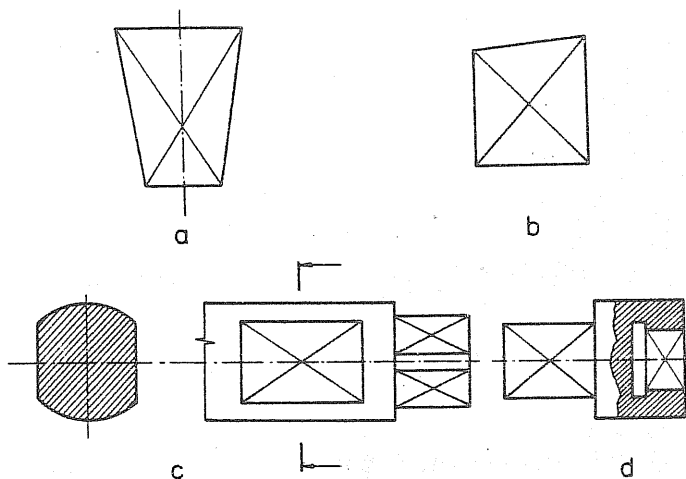
Ak určitú časť predmetu nemožno v danej mierke zreteľne zobraziť, kreslí sa doplňujúci obraz, ako vynesená podrobnosť — detail vo zväčšenej mierke, čím sa objasní príslušný tvar, rozmery, resp. iné vlastnosti. Časť predmetu, zobrazovaná ako detail, sa ohraničí v základnom obraze kružnicou (obr. 5.11a, b) resp. oválom (obr. 5.11c), kresleným tenkou plnou čiarou. Okrem toho sa označí nad odkazovú čiaru písmenom veľkej abecedy, resp. kombináciou písmena s arabskou číslicou, napr. A, A1 a pod. Detail sa označí rovnakým spôsobom, ako v základnom obraze, ale uvedie sa aj mierka, ktorá sa píše obyčajne pod označenie (obr. 5.11a až c). Takýto detail môže byť však vykreslený aj podrobnejšie a môže obsahovať aj prvky, ktoré neboli nakreslené v základnom obraze. Spôsob zobrazenia detailu nemusí sa zhodovať so základným obrazom, čiže napr. základný obraz môže byť v pohľade a detail v reze (obr. 5.11c). Keď je detail zobrazený na inom výkrese, ako základný obraz, pripíše sa pod označenie detailu nad odkazovú čiaru príslušné číslo položky katalógu alebo číslo výkresu (obr. 5.11d).

Na obr. 5.12 je remenica, v ktorej sa znázornili detaily doplňujúcimi obrazmi v zväčšenej mierke, a to aj ako príklady správneho napojovania jednotlivých druhov viditeľných a zakrytých obrysov. Podľa ČSN 01 3114 kreslia sa hlavné obrysy predmetov a obrysy rezov hrubými plnými čiarami. Čiary v rohoch alebo lomené čiary nesmú byť nedotiahnuté, ale nesmú ani prečnievať, keďže majú presne sledovať tvar ukončený ostrou alebo zrasenou hranou, resp. zaoblením (detail A, B, F). Zakryté hrany kreslia sa tenkými čiarkovanými čiarami, ktoré nenarúšajú celkový obrázok (detail C, D, E). Ak splyva viditeľná hrana s neviditeľnou, rozhodujúca je viditeľná hrana. Keď je čiarkovaná čiara pokračova-



Obr. 5.12. Odlievaná tvarovaná remenica s vyneseními podrobnosťami v doplňujúcich obrazoch

ním plnej čiary v kombinácii rezu a pohľadu, nechá sa (na rozdiel od detailu D, E) v prechode medzera (detail C). Ak sa začína čiarkovaná čiara pri plnej obrysovej čiare, musí sa pripojiť priamo bez medzery (detail D, E). Medzera nesmie byť ani



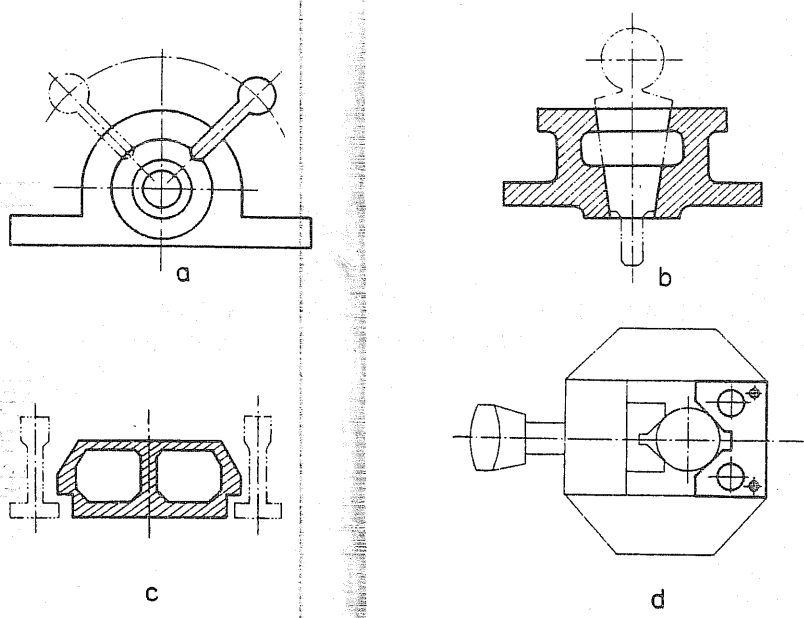
Obr. 5.13. Označovanie rovinných plôch

tam, kde sa čiara lomí (detail *B*), resp. kde sa pripájajú čiarkované čiary na seba (detail *C, D*).

Rovinné plochy sa na zdôraznenie tvaru predmetu označujú uhlopriečkami, kreslenými tenkými plnými čiarami (obr. 5.13).

Krajná poloha pohyblivých častí sa kreslí do obrazu tenkou čiarkovanou čiarou s dvoma bodkami (obr. 5.14a). Obrysové čiary a hrany predmetu, zakryté časťou zobrazenou v krajnej polohe, kreslia sa ako viditeľné hrany. Pohyblivá časť sa kreslí iba obrysom.

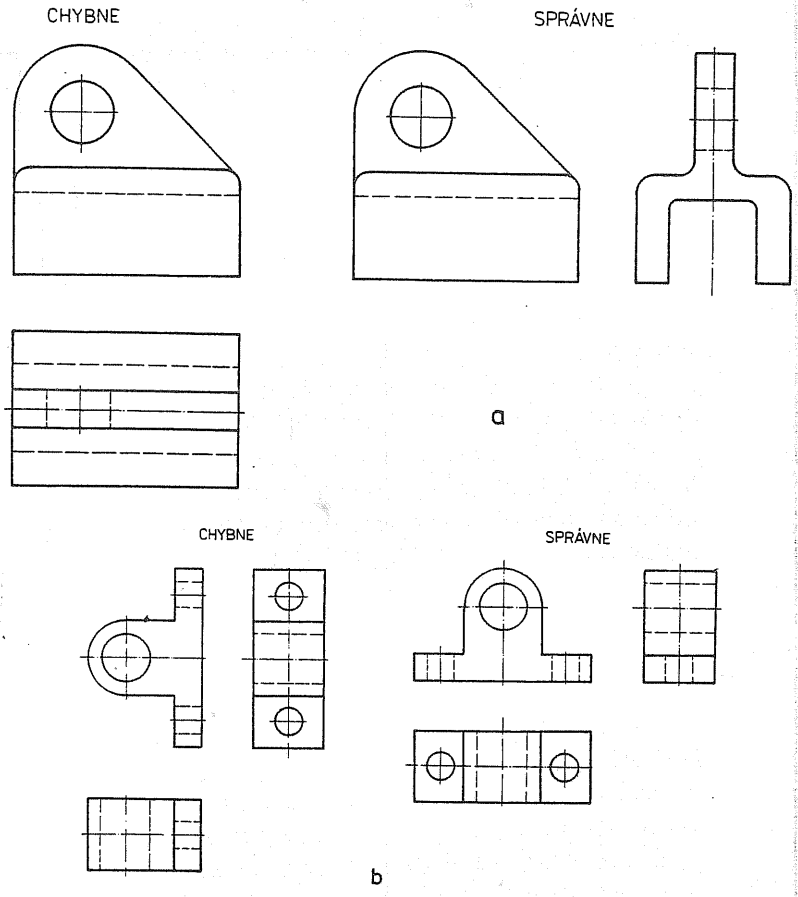
Susediace a na seba nadväzujúce predmety sa uvádzajú na objasnenie vzájomnej súvislosti, pričom sa kreslia iba obrysom tenkou čiarkovanou čiarou s dvoma bodkami (obr. 5.14b, c). Ak je to potrebné, susediace predmety možno kresliť obrysom tenkou plnou čiarou (obr. 5.14d). Obrysové hrany a čiary zobrazovaného predmetu, zakryté susediacim predmetom, kreslia sa ako viditeľné hrany.



Obr. 5.14. Zobrazovanie krajných polôh pohyblivých častí a susediacich predmetov

Pri zobrazovaní sa predmet umiestňuje vzhľadom na priemetne do takej polohy, aby sa základný priemet vytvoril čo najjednoduchšie, a aby poskytoval čo najlepšiu predstavu o skutočnom tvare. Rovinné plochy, hrany alebo osi bývajú obyčajne rovnobežné s priemetňami, resp. sú na ne kolmé. Potom sa zobrazované geometrické prvky premietajú do niektorých priemetní v skutočnom tvare a rozmery v skutočnej veľkosti, resp. zväčšené alebo zmenšené podľa zvolenej

mierky. Jednotlivé priemety sa rozložia rovnomerne po ploche výkresu a nechávajú sa medzi nimi miesta pre kóty a vysvetľujúce poznámky. Ak by sa pri zložitých súčiastkach alebo podzostavách nezmestili všetky priemety na jeden výkresový list, resp. ak nie je vhodné zvoliť väčší formát výkresu, použije sa na takéto zobrazenie ďalší list alebo aj viac listov. Základný systém rozmiestňovania priemetov treba na výkrese dodržiavať a plochu výkresového listu účelne využiť. Príklady na nevhodné a správne vytváranie a umiestňovanie obrazov na výkresoch sú na obr. 5.15.



Obr. 5.15. Nevhodné a správne umiestňovanie obrazov

Do jednotlivých priemetov kreslia sa obyčajne iba viditeľné hrany a obrysy hrubými čiarami. Iba v špeciálnych prípadoch, keď sa nezobrazí výhodnejšie (rezom) neviditeľný tvar, zakreslia sa zakryté tvary tenkou čiarkovanou čiarou. Neviditeľné hrany sa nekreslia predovšetkým vtedy, keď ich zakrývajú matice,

podložky, čapy atď., čiže obrysy pred nimi umiestnených súčiastok na výkresoch zostavenia.

Ako sme už spomenuli, zobrazovanie súčiastok a celkov sa vykoná iba najpotrebnejším počtom priemetov, lebo tým sa dosiahne nielen rýchlejšie vyhotovenie výkresu a vyskytne menej možností na prípadné chyby pri premietaní, vyťahovaní čiar a kótovaní, ale zabezpečí sa aj lepšia čitateľnosť výkresu. Ak je predmet dostatočne definovaný už aj jedným (najmä pri jednoduchých súčiastkach so základnými geometrickými tvarmi, ako je valec, hranol, guľa a pod.) alebo dvoma priemetmi, ďalšie treba vynechať. Zmenšenie počtu obrazov možno dosiahnuť a niektoré priemety možno vynechať v nasledujúcich prípadoch:

1. Pri vyznačení neviditeľných hrán do obrazu tenkými čiarkovanými čiarami (obr. 5.10b).

2. Pri kreslení pootočených prierezov (napr. profilov, ramien, rebier a pod.) do obrazu (tenkými plnými čiarami) (obr. 5.19c) alebo vedľa neho (hrubými čiarami) (obr. 5.19d, e), pričom sa príslušné plochy vyšrafujú tenkými šikmými čiarami ako normálne rezané plochy. Vysunutie prierezu vedľa priemetu sa používa najmä tam, kde nie je možné alebo vhodné kreslenie a kótovanie pootočeného prierezu priamo do obrazu.

3. Pri pravidelných a symetrických predmetoch, pri ktorých stačí dokonca čiastočne vykresliť takéto tvary (obr. 5.10c až g).

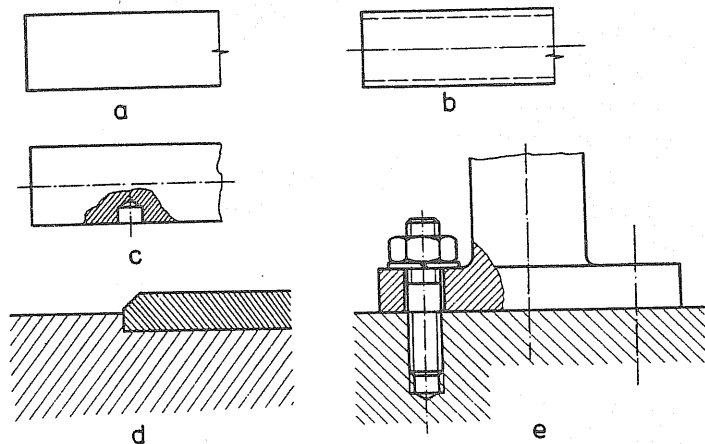
4. Pri vhodnom kótovaní, napr. kruhových tvarov značkou \bigcirc , štvorcov značkou \square , šesťhranov značkou \hexagon , hranolov súčinom a uhlopriečkou, guľových plôch údajom GULA a priemerom \bigcirc , resp. polomerom R pri označovaní prierezov materiálov podľa ČSN 01 3142 a pod.

5.4 PRERUŠOVANIE OBRAZOV

Ortogonalne premietanie je menej názorné ako priestorové, ale pre možnosť ľahšieho kreslenia a kótovania aj komplikovaných tvarov, zaužívalo sa ako medzinárodný technický dorozumievací prostriedok. Pri ňom sa jednoducho kreslí aj čiastočné zobrazenie a prerušenie obrazov. Predmet zobrazuje jeden alebo viac pohľadov. Veľkosť medzery medzi obrazmi závisí od zložitosti zobrazovaného tvaru, od množstva kót a iných údajov pre výrobu.

Obrazy, ktoré majú po veľkej dĺžke rovnaký tvar prierezu (dlhé tyče, nosníky, hriadele, páky, ojnice, ťahadlá a pod.), ale nie je pritom dôvod ich zobraziť v celej dĺžke, nakreslia sa podľa ČSN 01 3122 iba čiastočne. Aj ploché, aj rotačné predmety môžu sa:

- a) ukončiť tenkou plnou nepravidelnou čiarou so zlomami podľa obr. 5.16a, b,
- b) ohraničiť tenkou plnou nepravidelnou čiarou, kreslenou voľnou rukou podľa obr. 5.16c,



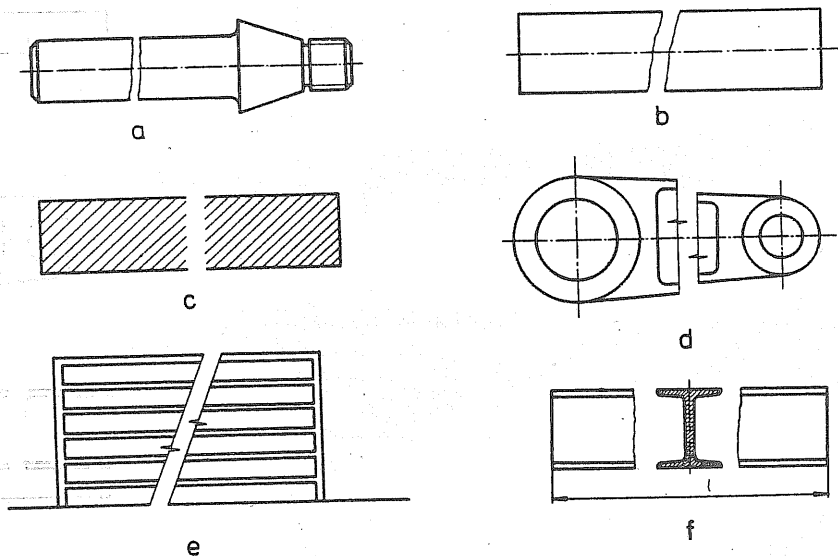
Obr. 5.16. Čiastočne nakreslené obrázky

c) ukončiť pri myslenej priamke (najmä pri rezaných plochách) podľa obr. 5.16d.

Príklad na zoskupenie možností ohraničenia čiastočne nakreslených obrázkov je na obr. 5.16e.

Dlhé tvary plochých a rotačných predmetov možno prerušiť:

a) dvoma tenkými plnými nepravidelnými čiarami, kreslenými voľnou rukou, podľa obr. 5.17a, b,



Obr. 5.17. Prerušenie obrázkov predmetov

... b) myslennými rovnobežnými priamkami (najmä pri rezaných plochách) podľa obr. 5.17c,

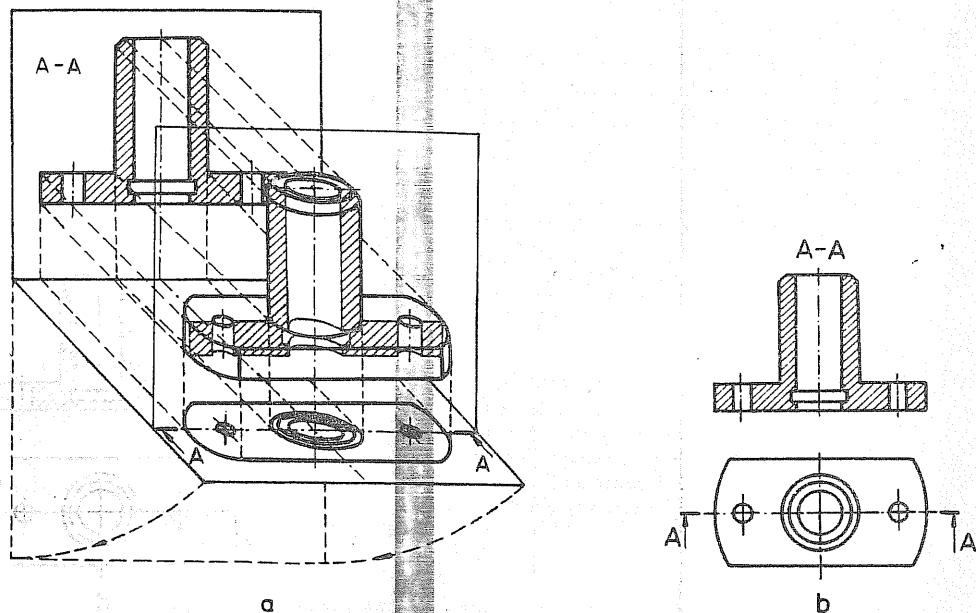
... c) dvoma rovnobežnými tenkými plnými pravidelnými čiarami so zlomami, podľa obr. 5.17d,

... d) pri pravouhlých predmetoch, kde mohla nastať zámena čiary prerušenia s inou čiarou, čiary pre prerušenie treba kresliť šikmo k obrysovým hranám obrazu podľa obr. 5.17e.

V uvedených prípadoch sa obyčajne zakresľujú začiatky a konce, resp. typické časti predmetu, ktoré postačujú na úplné určenie a kótovanie tvaru predmetu (pri udávaní celkovej dĺžky sa príslušná kótovacia čiara neprerušuje). Tvar prierezu sa vyznačí ako pootočený prierez tenkými plnými čiarami priamo do obrazu, resp. ako vysunutý prierez mimo obraz alebo medzi konce prerušovaného profilu podľa obr. 5.17f. Vždy sa však prierez vyšrafuje tenkými plnými šikmými čiarami.

5.5 VYTVÁRANIE A OZNAČOVANIE REZOV A PRIEREZOV

Ak kreslený predmet vo vyhotovených pohľadoch nebude dostatočne zreteľný, keď je zložitý, má rôzne otvory, dutiny, čiže rôzne podrobnosti nebude vidieť a ich tvary možno ťažko vykótovať, resp. keď sa tým aj zmenší počet priemetov, uskutočňuje sa kreslenie v rezoch podľa ČSN 01 3122. Zakryté zložité vnútorné



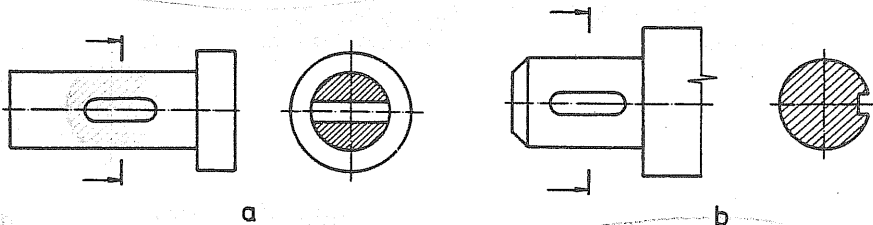
Obr. 5.18. Vytvorenie myslenného pozdĺžneho rezu dutou súčiastkou

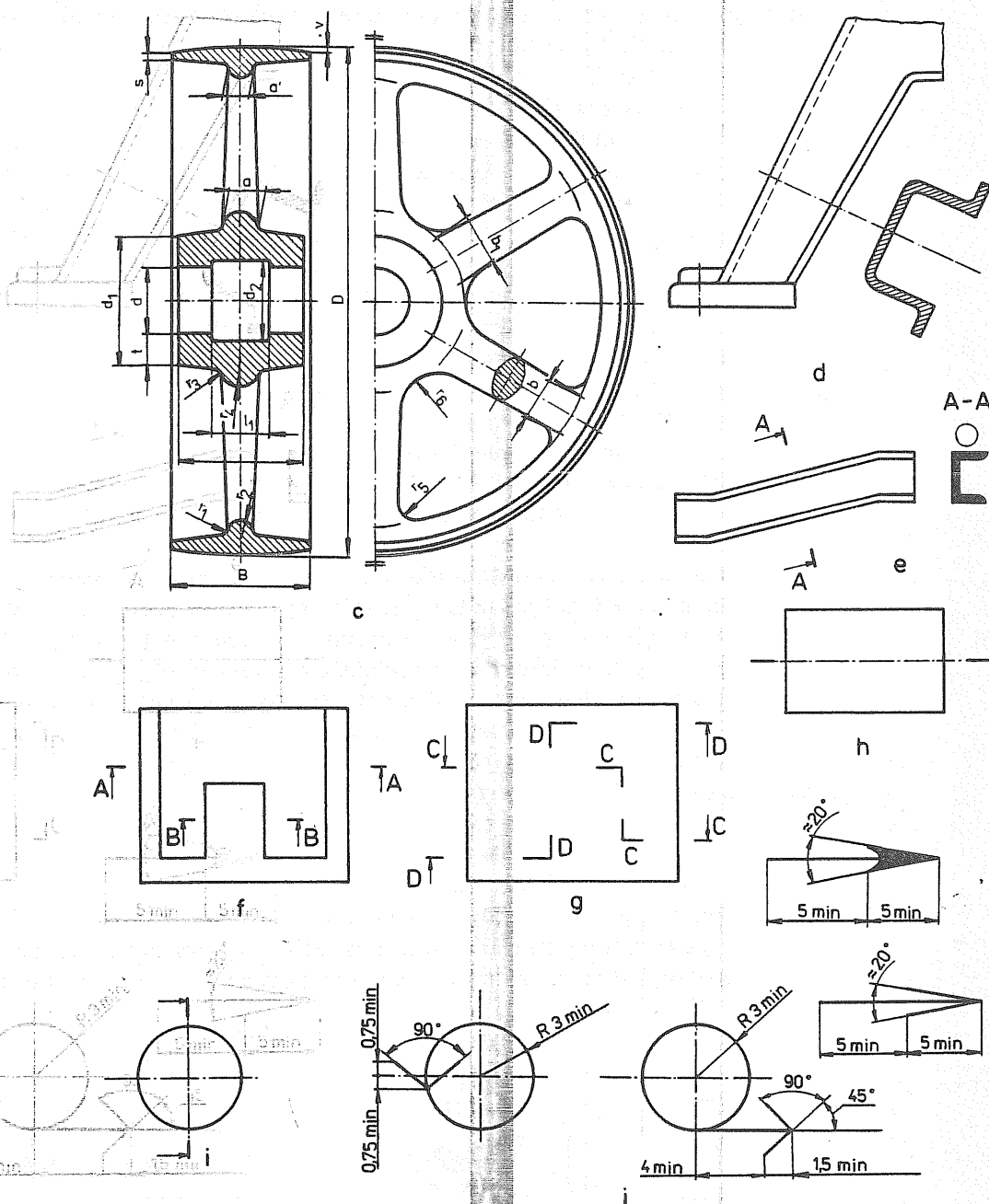
tvary (kreslené tenkými čiarkovanými čiarami a sťažujúce zrozumiteľnosť) sa môžu stať viditeľnými, ak sa zvolí vhodná myšlená rezová rovina rovnobežná, napr. s nárysňou podľa obr. 5.18a, vykreslí obraz do nárysu, resp. zobrazí príslušný rez podľa obr. 5.18b.

Pri rezoch sa predpokladá, že určitá časť predmetu sa oddelí rezovou rovinou alebo plochou a takto sa predmet vykreslí (obr. 5.19a). Pritom sa vykreslí nielen obrys v rovine rezu, ale aj ostatná časť za ním. Myslený rez musí zobrazovať predmet v neskrasenom tvare. Preto sa rezová rovina obyčajne zvolí rovnobežne s niektorou hlavnou priemetňou alebo sa vytvorí zobrazenie v pomocnej priemetni. Časť predmetu pred alebo nad rovinou rezu sa nezobrazuje (výnimku tvoria výkresy stavebných objektov, kde sa môžu zobraziť aj konštrukcie nad rovinou rezu tenkou čiarkovanou čiarou s dvoma bodkami). Časti ležiace za rovinou rezu (resp. nad ňou) netreba úplne zakresliť vtedy, keď neovplyvujú na úplnosť alebo objasnenie konštrukcie.

Ak sa zobrazuje rez jedinou myšlenou rovinou, kolmou na os predmetu, pričom sa ostatná ležiaca časť pred a za touto rovinou nekreslí, ide o prierez (obr. 5.19b a 5.22a). Myslená rovina rezu sa nesmie lomiť ani zalamovať. Ak pri zobrazovaní prierezu vznikne nesúvislý obraz (rozpadajúci sa na samostatné časti), musí sa rez kresliť podľa obr. 5.19a. Prierezy môžu byť pootočené, zakreslené do obrazu tenkou plnou čiarou a zašrafované (obr. 5.19c, resp. pootočené a vysunuté mimo obraz, zakreslené hrubou plnou čiarou a zašrafované podľa obr. 5.19d, e).

Rezy a prierezy sa označujú hrubými úsečkami zvonka obrazu (resp. aj zvnútra), pričom tieto úsečky nesmú pretínať vonkajšie obrisy obrazu (obr. 5.19f až j). Zalomenie alebo lom myšlenej roviny rezu sa vnútri obrazu označí aj hrubými zalomenými alebo lomenými úsečkami (obr. 5.19g). Smer pohľadu sa označí podľa potreby hrotom šípky na hrubej úsečke vo vzdialenosti 2 až 3 mm od jej vonkajšieho konca. Myslená rovina rezu a zobrazený predmet sa označí často aj písmenami veľkej abecedy, začínajúc písmenom A, resp. kombináciou písmen a číslíc, napr. A1-A1. Písmená sa pripisujú tesne k šípkam (obr. 5.19f.) Ak je priebeh roviny nejasný alebo ak je zalomených viac rezových rovín, označia sa rovnakými písmenami aj zlomy roviny rezu vnútri obrazu (obr. 5.19g). Smer pohľadu na rovinu myšleného rezu nakresleného na inom výkrese alebo liste sa označí nielen šípkou k hrubej úsečke a písmenom, ale aj číslom príslušného





Obr. 5.19. Rez a prierez

a — zobrazenie súčiastky v reze, *b* — prierez súčiastky, *c* — pootočený prierez v obraze, *d*, *e* — vysunutý pootočený prierez, *f* až *j* — označovanie rezov a prierezov, *j* — najmenšie veľkosti šípok na označovanie rezových rovin a ostatných značiek

výkresu, napr. $\frac{A}{N0\ 1021}$ alebo $\overline{\uparrow A}$ — LIST 3. Obraz rezu alebo prierezu

vyhotovený v inej mierke sa označí písmenami a príslušnou mierkou, napr. $\frac{A-A}{M5:1}$.

Obraz pootočeného rezu alebo prierezu sa označí písmenami a špeciálnou značkou, napr. $A-A \odot$. Obraz rozvinutého rezu sa označí písmenami a značkou, napr. $A-A Q$. Keď sa pri kreslení pootočeného rezu alebo prierezu, resp. rozvinutého rezu použila iná mierka ako v základnom obraze, musí sa táto k označeniu takisto pripísať, napr. $\odot \frac{A-A}{M2:1}$ alebo $Q \frac{A-A}{M1:2}$.

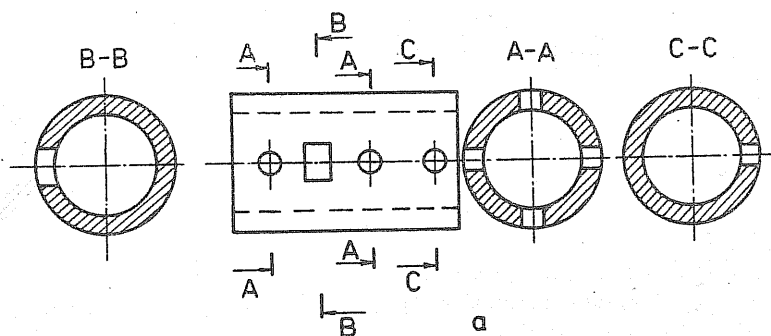
Označovanie rezov a prierezov, ale aj pohľadov a vynesných podrobností, musí sa kresliť a písať, resp. pripisovať k šípkám, v rovnobežnej polohe s dolným okrajom výkresu, a to obyčajne nad príslušný obraz. Pri tom sa používajú písmená veľkej abecedy (okrem I, O, Q, R, X) alebo arabské číslice, resp. ich kombinácia, A1, A2, B1, B2. Písmená a číslice sa používajú v priebežnom abecednom alebo číselnom poradí, bez opakovania, obyčajne bez vynechávania, a to aj vtedy, keď je výkres kreslený na niekoľkých listoch. Najmenšie veľkosti šípok na označovanie rezových rovín a ostatných značiek vidno na obr. 5.19j.

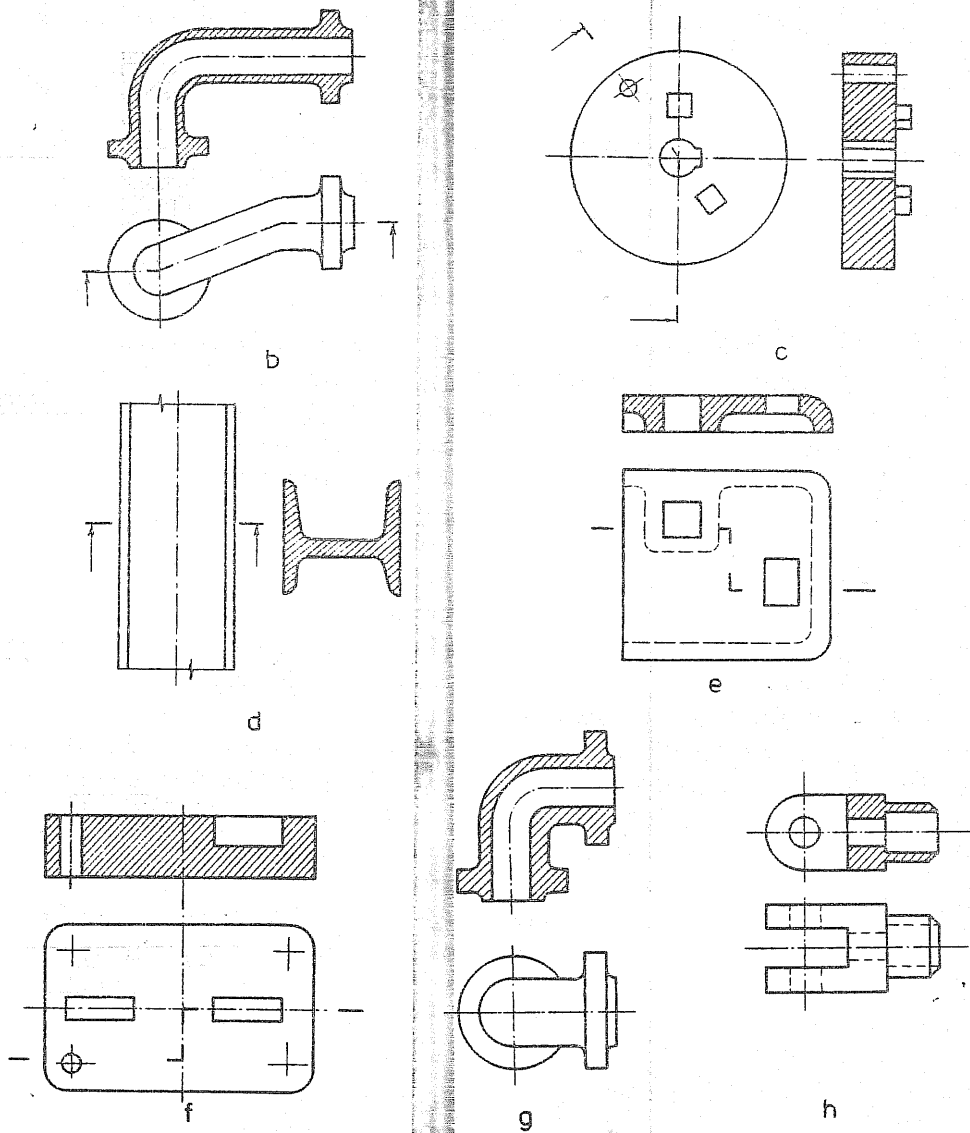
Voľba rezovej roviny musí byť taká, aby vznikol najnázornejší obraz. Preto sa vedie cez otvory, dutiny a najtenšie miesta, napr. medzi ramená a zuby kolies, vedľa pozdĺžnych rebier, výstuh a pod. Často sa zhoduje s rovinou súmernosti a je rovnobežná s priemetňou.

Keď patrí dvom alebo viacerým myslenným rovinám rezu zhodný obraz rezu (prierezu), tento sa kreslí iba raz, ale každá rovina rezu sa musí rovnako označiť ako napríklad rovina A—A na obr. 5.20a.

Zakreslená myslenná rovina rezu (označená šípkami), ale ani obraz rezu, resp. prierezu, nemusí sa označovať písmenami:

a) ak sa vedie predmetom jediná rovina rezu (obyčajne rovnobežne s priemetňou) a obraz rezu sa umiestni podľa smerníc premietania v 1. kvadrante na tom istom výkrese v nadväznosti na obraz, z ktorého je odvodený rez (obr. 5.19a, b, 5.20b, c) alebo





Obr. 5.20. Osobitosti pri označovaní rezov a prierezov

a — zhodný obraz rezu pri dvoch myslenných rovinách, *b, c* — vynechanie písmen pri šípkach lomeného rezu, *d* — vynechanie písmen pri vysunutom priereze, *e, f* — vynechanie písmen a šípok pri zalomenom reze, *g, h* — neoznačená myslenná rovina rezu

b) ak ide o zobrazenie vysunutých prierezov, kde je dôležitý smer pohľadu (pri nesymetrických obrazoch, obr. 5.20d).

Zakreslenú myslennú rovinu rezu netreba označovať šípkami ani písmenami, ani obraz rezu (prierezu) sa nemusí označovať písmenami (obr. 5.19h, 5.20e, f):

- a) ak je obraz rezu umiestnený podľa zásad premietania v 1. kvadrante,
 b) ak je obraz rezu nakreslený na tom istom výkrese v priamej nadväznosti na obraz, z ktorého je rez odvodený.

Myslenú rovínu rezu netreba kresliť a ani obraz rezu označovať (obr. 5.20g, h):

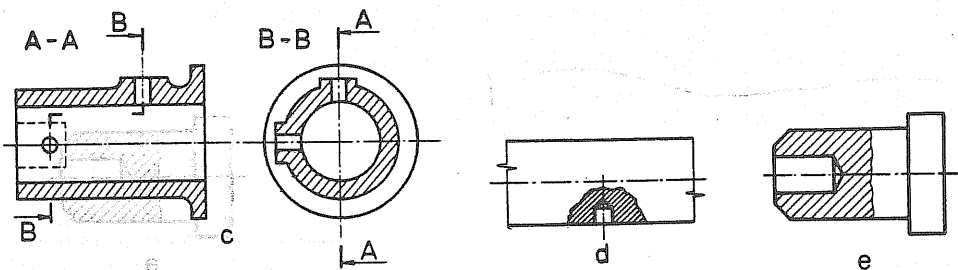
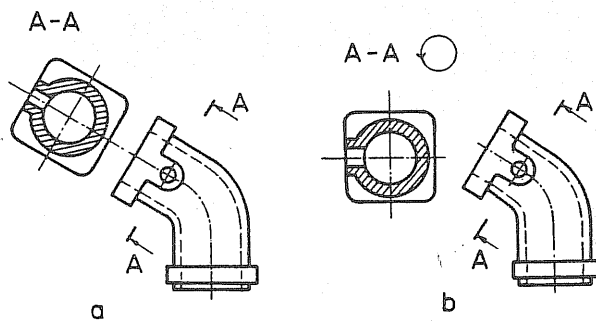
- a) ak je poloha roviny rezu jednoznačná,
 b) obraz rezu je umiestnený podľa metódy E, pričom
 c) obraz rezu je na tom istom výkrese v priamej nadväznosti na obraz, z ktorého je rez odvodený.

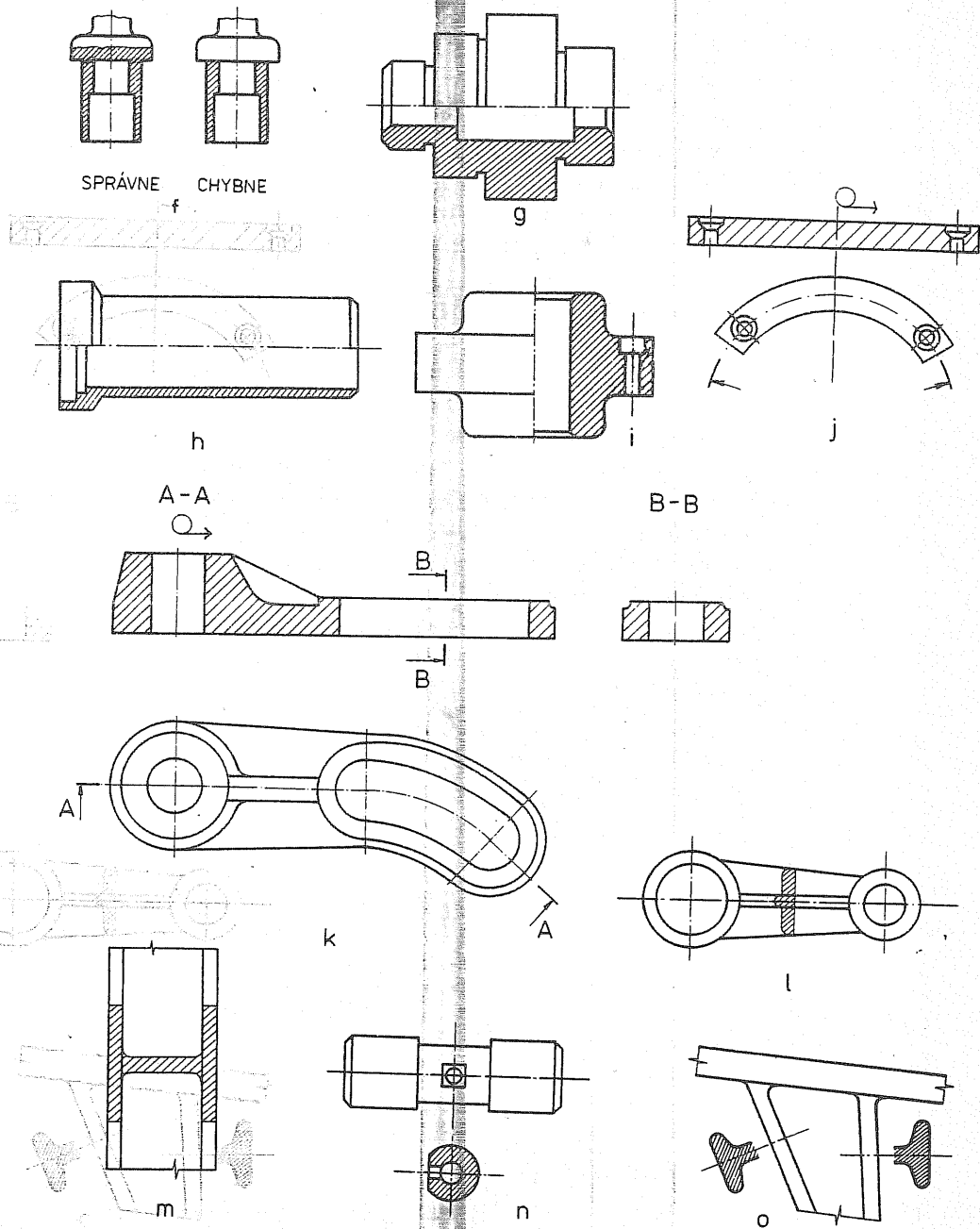
Podľa polohy, tvaru a voľby rezovej roviny sú tieto druhy:

a) **Vodorovný rez** je druh rezu, pri ktorom je myšlená rovina rovnobežná s vodorovnou priemetňou (s pôdorysňou). Podľa potreby sa účelne zalamuje tak, aby sa zobrazili všetky otvory, medzery atď.

b) **Zvislý rez** je taký druh rezu, pri ktorom je myšlená rovina rezu rovnobežná so zvislou priemetňou (nárýsňou alebo bokorysňou). Zvislé rezy môžu byť priečne (rovnobežné s bokorysňou, obr. 5.19a, 5.21c) alebo pozdĺžne (rovnobežné s nárýsňou, obr. 5.20b, g).

c) **Šikmý rez** nemá myšlenú rovínu rezu rovnobežnú so žiadnou priemetňou pravouhlého premietania. Šikmý rez sa umiestňuje obyčajne v smere premietania, pričom sa myšlená rovina rezu a obraz rezu musí označiť (obr. 5.21a). Šikmý rez sa môže aj pootočiť, ale musí sa pritom označiť šípkami, písmenami a značkou pootočenia (obr. 5.21b).





Obr. 5.21. Druhy rezov a prierezov

a — šikmý rez umiestnený v smere premietania, *b* — pootočený šikmý rez, *c* — zalomený (stupňovitý) rez, *d*, *e*, *f* — čiastočný rez, *g*, *h*, *i* — polovičný rez, *j*, *k* — rozvinutý rez, *l*, *m*, *n*, *o* — sklopené a vysunuté prierezy

d) *Lomený rez* má pri zobrazení predmetu myslenú rezovú rovinu lomenú vo väčšom uhle ako 90° . Prítom sa prvky pretínané rovinou lomeného rezu zobrazujú otočené do jednej roviny (obr. 5.20b, c). Prvky viditeľné za rovinou rezu sa zobrazujú premietnuté do lomenej roviny podľa zásad zobrazovania predmetu v pohľade (obr. 5.20c). Rovina rezu sa prítom nerozvinuje.

e) *Zalomený rez* má myslenú rezovú rovinu pravouhle zalomenú (dvakrát a niekoľkokrát, resp. posunutú, obr. 5.21c). Prvky pretínané rovinou rezu sa zobrazujú do tej istej roviny (obr. 5.20e, f). Pri takomto zalomenom (stupňovitom) reze sa zobrazujú iba tie časti, ktoré sú viditeľné v smere premietania, ale rovina rezu sa prítom nerozvinuje.

f) *Čiastočný rez* zobrazuje iba vymedzenú časť predmetu zobrazeného v pohľade. Rozhranie medzi pohľadom a rezom sa označí nepravidelnou čiarou od ruky (obr. 5.21d, e, f), resp. nepravidelnou čiarou so zlomami (ako pri prerušení koncov tyče v obr. 5.21d). Rozhranie medzi pohľadom a rezom nesmie byť v mieste, kde je čiara zobrazujúca hranu alebo plochu predmetu (obr. 5.21f). Čiastočný rez nemá žiadnu značku.

g) *Polovičný rez* sa používa pri súmerných predmetoch, ktoré sa zobrazujú v jednej polovine v reze a v druhej v pohľade. Rozhranie tvorí os súmernosti. V reze sa má zobraziť dolná (obr. 5.21g, h) alebo pravá polovica predmetu (obr. 5.21i). Ani tento rez sa neoznačuje.

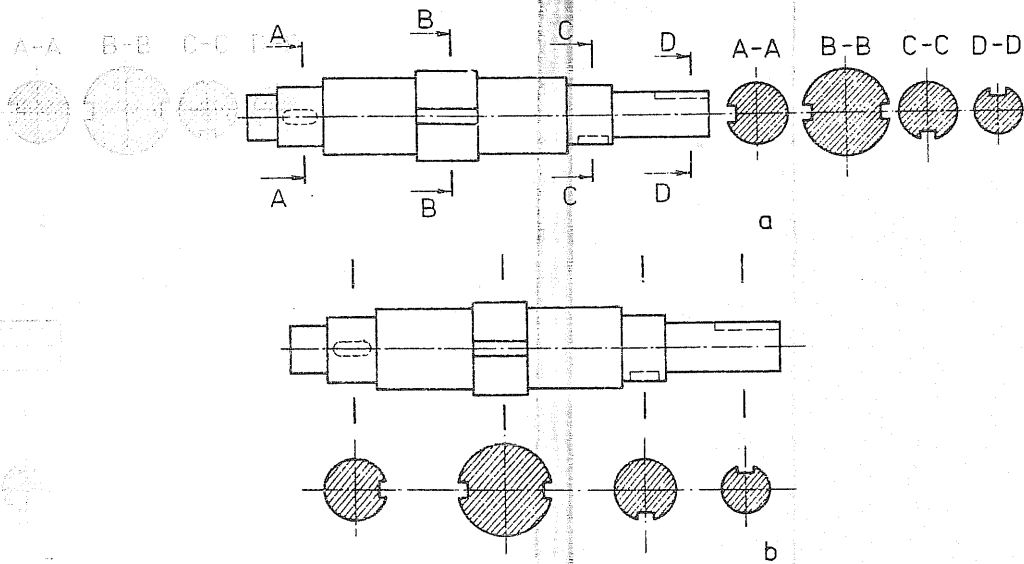
h) *Rozvinutý rez* sa zvolí pri zakrivených predmetoch, ktoré sa môžu rozvinúť do roviny tak, aby vznikol neskreslený obraz (obr. 5.21j, k). Označí sa príslušnou značkou rozvinutia.

i) *Sklopený a vysunutý prierez* sa zobrazuje v otočenej (sklopenej) polohe tak, aby smer pohľadu na myslenú rovinu rezu (smer premietania) bol sprava alebo zdola (obr. 5.21l, m). Sklopené prierezy sa nachádzajú priamo na svojom mieste a sú kreslené do pohľadu podľa obr. 5.21l, m. Obrys prierezu sa kreslí tenkou plnou čiarou a rezová plocha sa vyšrafuje (resp. graficky sa označí materiál). Sklopený prierez ani myslená rovina rezu sa neoznačuje. Vysunuté prierezy obrazu pohľadu na ľubovoľnú stranu sa umiestňujú na os otáčania, ktorá zároveň označuje polohu myšlenej roviny rezu (obr. 5.21n, 5.19d, 5.20d). Obrys prierezu sa kreslí hrubou plnou čiarou. Keď je obraz vysunutého prierezu jednoznačný (najmä pri symetrických obrazoch), netreba označovať ani rovinu rezu (obr. 5.21n, 5.19d). Ak nie je smer pohľadu na myslenú rovinu rezu jednoznačný (najmä pri nesymetrických obrazoch vysunutých prierezov), musí sa smer pohľadu na rovinu rezu označiť (obr. 5.20d). Myslené roviny rezu musia sa zvoliť tak, aby vznikol neskreslený obraz prierezu (obr. 5.21o).

Viaceré priečne prierezy a rezy možno pri zobrazovaní umiestniť nasledujúcim spôsobom:

1. Podľa zásad metódy premietania v 1. kvadrante, keď sa musia roviny prierezov, rezov a jednotlivé obrazy označiť (obr. 5.22a).

myslených rezo 2. Ako vysunuté prierezy, keď sa roviny myslenných rezo ani jednotlivé obrazy nemusia označiť (obr. 5.22b).

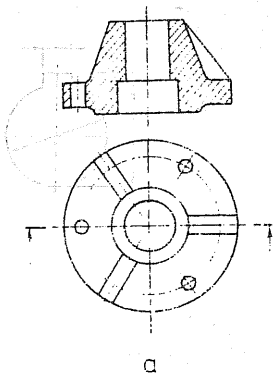


Obr. 5.22. Umiestňovanie viacerých priečných prierezov

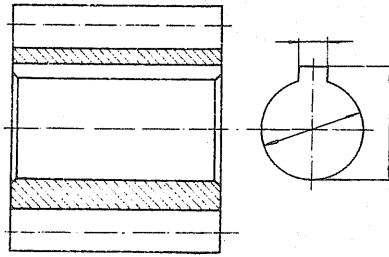
3. Podľa potreby, resp. podľa miesta na výkrese, keď sa však roviny myslenných rezo a jednotlivé obrazy musia náležite označiť (hrubou čiarou, šípkou i písmenami).

Myslená rovina rezu sa v zmysle uvádzaných smerníc zvolí tak, aby sa v obraze rezu zobrazili charakteristické tvary predmetu. Nesmie sa však viesť v týchto prípadoch:

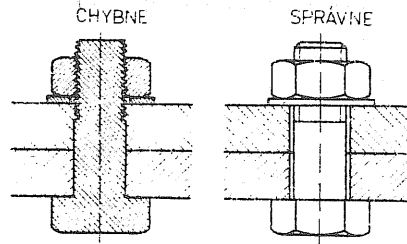
- Cez rebrá a ramená ozubených kolies, remeník, lanovnic, ani cez steny a výstužné rebrá skriň a pod. Tu sa kreslia spomínané prvky v pohľade (obr. 5.23a).
- Podľa potreby možno myslennú rovinu aj vhodne zalomiť. Na upresnenie tvaru ramena (obr. 5.23b) zaznačuje sa pootočený prierez na steny alebo ramená (obr. 5.19c) (obr. 5.23b).
- Cez prerušované časti, napr. zuby kolies (obr. 5.23b), žliabky hriadeľov, a otvory cez guľky, valivých ložísk a pod. Pri nich sa rez uskutoční cez príslušnú medzeru (obr. 5.23c).
- Cez časti s plným kruhovým, štvorcovým a iným prierezom, ak sú vložené do iných predmetov (skrutky, klíny, čapy atď). Tieto sa kreslia v pohľade (obr. 5.23c), resp. v prípade potreby v priečnom reze.
- Cez dlhé plné alebo duté predmety rovnakého prierezu, ale aj cez rôzne plechové časti a pod. Kreslia sa vždy iba v priečnom a nie v pozdĺžnom reze, resp. sa uskutočnia čiastočné rezy (obr. 5.23d).



a

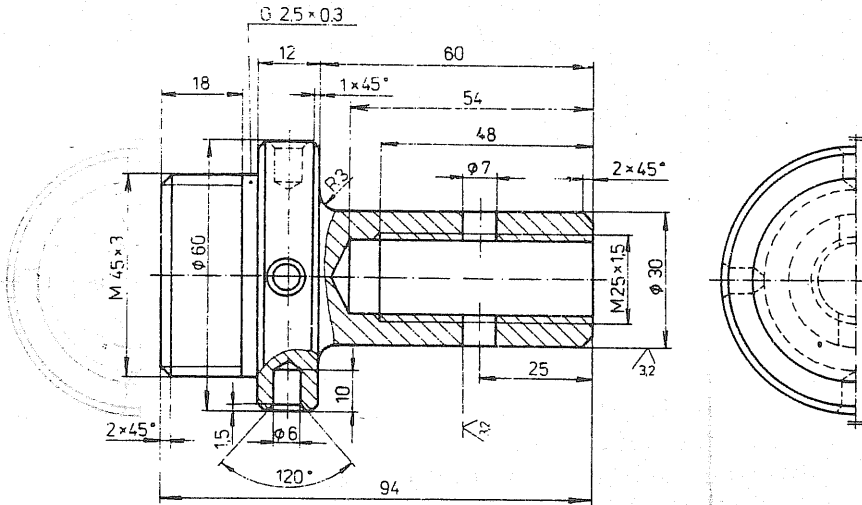


b



c

6.3 (✓) (✓)



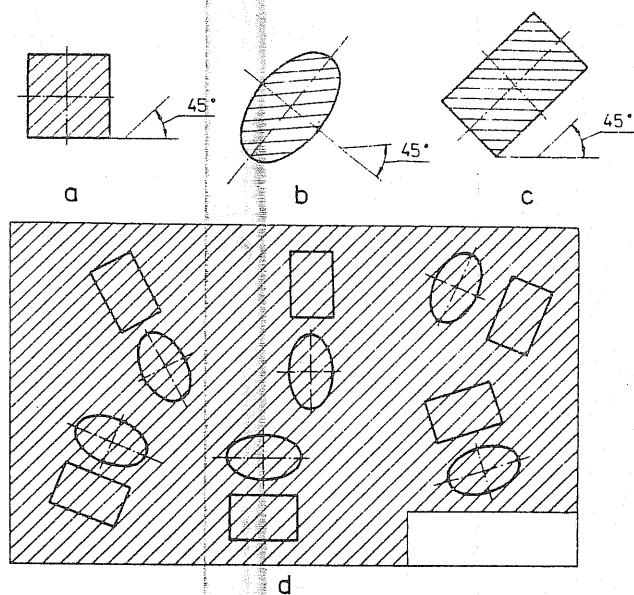
d

Obr. 5.23. Osobitné prípady kreslenia predmetov v rezochoch

Obrazy, znázorňujúce rozrezaný predmet myslennou rezovou rovinou, zakresľujú sa hrubými plnými čiarami. Všetky takéto rezy — pravé šrafujeme tenkými šikmými plnými čiarami. Skutočné rezy — nepravé, čiže plochy vytvorené pri výrobe, opracovaním, napr. hobľovaním alebo frézovaním, ale aj skutočným rozrezaním sa nešrafujú, ale znázorňujú ako normálny pohľad.

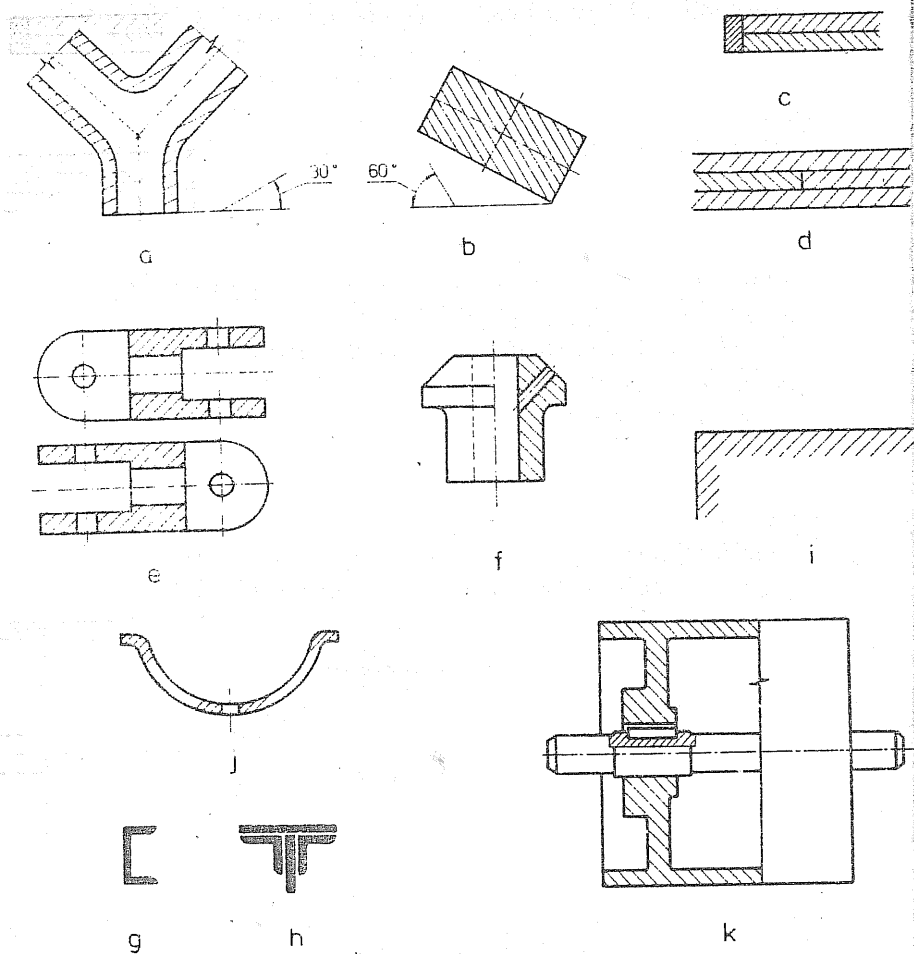
Grafické označovanie jednotlivých druhov materiálov v rezoch a prierezoch, pravidiel ich kreslenia na všetkých druhoch technických výkresov, uvádza ČSN 01 3141 (ST SEV 860-78).

K všeobecnému grafickému označovaniu rezaných plôch, bez ohľadu na druh materiálu, sa používa systém šrafovania tenkými rovnobežnými čiarami so sklonom obyčajne 45° proti základnému obrysu kresleného obrazu, obr. 5.24a. Tento sklon sa môže vzťahovať aj na os obrazu (obr. 5.24b, c) alebo na okraj výkresového listu (obr. 5.24d).



Obr. 5.24. Systém šrafovania rezaných plôch tenkými šikmými a rovnobežnými čiarami

Ak majú šikmé čiary grafického označenia rezu rovnaký sklon ako obrysové alebo osové čiary, možno použiť uhol 30° (obr. 5.25a), resp. 60° (obr. 5.25b). Navzájom príľahlé plochy rezu sa rozlišujú sklonom čiar alebo sa zvolí rôzna hustota čiar (obr. 5.25c). Príľahlé plochy rezov s rovnakým sklonom a hustotou čiar majú čiary grafického označenia jednej plochy rezu posunuté vzhľadom na druhú rezovú plochu (obr. 5.25d). Šikmé čiary môžu byť sice sklonené napravo alebo naľavo, ale majú mať rovnaký sklon na všetkých rezoch, ktoré sa vzťahujú na tú istú



Obr. 5.25. Ďalšie prípady šrafovania rezaných plôch

a — sklon čiar 30°, b — sklon čiar 60°, c — príľahlé plochy rezu, d — posunutie šrafov pri rovnakom sklone čiar, e — rovnaký sklon na všetkých rezoch, f — prispôbený sklon obrysu, g — úzke rezané plochy, h — styk niekoľkých úzkych rezaných plôch, i — šrafovanie veľkých plôch, j — šrafovanie úzkych a dlhých plôch, k — šrafovanie nerozoberateľne spojených súčiastok

súčiastku, a to aj vtedy, keď sú rezy umiestnené na viacerých výkresových listoch (obr. 5.25e). Sklon čiar grafického označenia napravo alebo naľavo sa zvolí tak, aby sa líšil od sklonu obrysových čiar obrazu (obr. 5.25f).

Vzdialenosť medzi rovnobežnými čiarami, čiže hustota čiar, má byť rovnaká pre všetky rezy predmetu, kreslené v rovnakej mierke. Táto vzdialenosť sa zvolí podľa veľkosti rezanej plochy alebo podľa potreby rozlíšiť príľahlé plochy rezu. Najmenšia vzdialenosť je daná ČSN 01 3105, ktorá zohľadňuje vhodnú mierku výkresov pre reprografické spracovanie (napr. pre mierku reprografického zobra-

0,25 mm: zenia MR 1:1,4 je 0,7 mm, pričom hrúbka čiary je 0,25 mm a najmenšia veľkosť písma 3,5 mm).










Úzke rezané plochy, so šírkou na výkrese menšou ako 2 mm, sa môžu začierňovať (obr. 5.25g). Pri styku viacerých úzkych plôch musí sa nechať medzera grafické označenie (obr. 5.25h). Pri veľkých rezných plochách možno grafické označenie kresliť iba pri obrysoch (obr. 5.25i). Úzke a dlhé rezné plochy môžu sa šrafovať iba na koncoch rezu, okolo obrysu otvoru a pod. (obr. 5.25j). Pri nerozoberateľne spojených súčiastkach (zváraním, spájkovaním, lepením atď.), ktoré sa na výkrese zostavenia zobrazili ako celok, sa celá plocha graficky šrafoje neprerušovane ako pri celistvých telesách (obr. 5.25k).

V rezaných plochách, kde nemožno umiestniť kóty alebo popis vedľa grafického označenia materiálov, treba pre spomínané údaje prerušiť šrafovanie (pripomína sa to aj pri označovaní rezov a prierezov, ale aj pri kótovaní v takýchto miestach).

Ak treba graficky navzájom rozlíšiť plochy rezu podľa druhu použitého materiálu, použije sa grafické označenie zakreslené v priloženej tab. 5.1. Ak sa má označiť materiál, ktorý sa nenachádza v tejto tabuľke, môže sa použiť doplnujúce grafické označenie (uvádzané v príslušných normách). Vysvetlivky týchto grafic-

Tabuľka 5.1

Grafické označovanie materiálov v rezoch

Označovanie	Druh materiálu
1 	Pôvodná zemina (kreslí sa pri obryse)
2 	Kameň
3 	Keramika a silikátová výmurovka. Tehliarske výrobky (pálené i nepálené), žiaruvzdorné výrobky, stavebná keramika, elektroporcelán, tvárnice z ľahčených betónov a pod.
4 	Betón
5 	Drevo (nerozlišuje sa smer vlákien)
6 	Kovy a ich zliatiny
7 	Plasty, guma a pod.
8 	Sklo a iné priehľadné materiály
9 	Kvapaliny

kých označení sa uvádzajú pri odovzdávaní výkresovej dokumentácie do iného štátu RVHP.

Treba ešte pripomenúť, že grafické označenie určuje len základnú charakteristiku materiálu. Podrobnejšie údaje o druhu, akosti atď. sa upresňujú v popisoch, a to na výkresoch, vo výpisoch, v kusovníkoch a pod.

5.6 KRESLENIE PRIENIKOV

Väčšinu konštrukcií strojových súčiastok možno rozložiť na niekoľko základných geometrických telies, ktoré na seba nadväzujú alebo sa pretínajú, pričom vytvárajú určité prieniky. Ide o vyznačenie priestupov rovinných alebo rotačných plôch v rovine kresliaceho papiera, teda o znázornenie prienikových čiar alebo zobrazenie hrán pri zrezaní či výreze rôznych telies. Prienikové hrany, vznikajúce rovinným zrezaním alebo vyrezaním, premietajú sa na rovnobežnú priemetňu s rovinou zrezania v skutočnom tvare. Hrany môžu byť však nielen rovinné, ale aj priestorové, ktoré sa potom premietajú skreslene. Pri rotačných telesách (valce, gule, kužele) sa ich prieniky premietajú ako úsečky (obr. 5.26a).

Prieniky jednotlivých plôch vytvárajú často na predmetoch priechody alebo hrany, ktoré vznikajú pri výrobe, napr. pri sústružení alebo hobľovaní. Väčšinou ich netreba kótovať, pretože bývajú už nepriamo dané tvarom daného telesa. Tvar prieniku sa vyžaduje kótovať pri predmetoch zviňaných z plechov (nádoby, duté súčiastky a pod.), a to najmä pri ich kreslení v rozvinutom stave. Na obr. 5.26b vidieť prienik dvoch kolmých rúrok rovnakého priemeru, na obr. 5.26c rúrok rôzneho priemeru.

Pri dôležitých prienikoch pre konštrukciu, výrobu a vzhľad sa podrobne vyšetrojú jednotlivé body, ktoré sa potom pospájajú vhodnými krivkami alebo úsečkami (obr. 5.27a). Pri zrezaní časti ojničného oka úsečkou $\overline{A'B'}$ reže myslená rovina a jeho bokorys v bode a' , ktorým sa preloží povrchová kružnica k_a . Obrys nárysu sa pretína v bode a'' , ktorý pootočený na zvislú os, dáva bod a''' . Týmto bodom prechádzajúca rovnobežka s rovinou a pretína kružnicu k_a v bode a'''' , ktorý na kolmici k roviny a dáva už hľadaný bod 1 . Na druhej strane bude symetrický bod $1'$. Podobným vyšetrovaním ďalších bodov a ich pospájaním vznikne hľadaná prieniková čiara.

Pri informatívnom vyšetrovaní prienikovej čiary stačí hľadať jeden alebo dva body (obr. 5.27b) a prienik zakresliť len kruhovými oblúkmi, resp. zaobleniami (obr. 5.27c, d).

Prieniky bezvýznamné a sťažujúce predstavu sa nekreslia podľa obr. 5.27e, ale celkom vynechávajú (obr. 5.27f).

Podľa druhu, významu a dôležitosti vytvárajú a zobrazujú sa jednotlivé

6 KÓTOVANIE

6.1 VŠEOBECNÉ ZÁSADY KÓTOVANIA

Veľkosť zobrazovaných súčiastok, ktorá je potrebná na ich výrobu alebo montáž, vyjadruje sa kótami, čiže číslami, značkami (\varnothing , R, \square atď.) a medznými odchýlkami. Základné pravidlá kótovania na všetkých druhoch technických výkresov (v strojárstve, stavebníctve, v elektrotechnike a pod.) stanovuje ČSN 01 3130 (ST SEV 1976-79). Kóty určujú požadovanú alebo skutočnú veľkosť rozmerov, resp. polohu predmetov (konštrukcií) a ich prvkov, pričom sa zapisujú bez ohľadu na mierku, v ktorej sa príslušný obraz na výkrese nakreslil.

Dĺžkové rozmery sa kótujú :

a) V milimetroch na strojníckych výkresoch, okrem osobitnej požiadavky uvádzať výškové kóty v metroch.

b) V metroch s uvedením troch desatinných miest (výškové kóty — kóty výškových úrovní sa zapisujú buď v absolútnych hodnotách — v nadmorských výškach, resp. v relatívnych hodnotách vzťahovaných na zvolenú základnú rovinu).

c) V iných jednotkách iba výnimočne, napr. v anglických palcoch, keď sa k príslušnému číslu pripíše potrebné označenie, napr. 2".

Rozmerové jednotky mm, resp. m sa neuvádzajú.

Rovinné uhly sa kótujú :

a) V stupňoch (uhlových), minútach a sekundách (ak je uhol menší ako 1° , píše sa pred údaj minút vždy 0° , napr. $0^\circ 35'$; desatinným číslom možno vyjadriť iba zlomky sekúnd, napr. $0^\circ 35' 25,5''$ atď.).

b) V grádoch s uvedením dvoch alebo troch desatinných miest (používa sa len v geodézii, napr. $35,25^g$ alebo $0,125^g$).

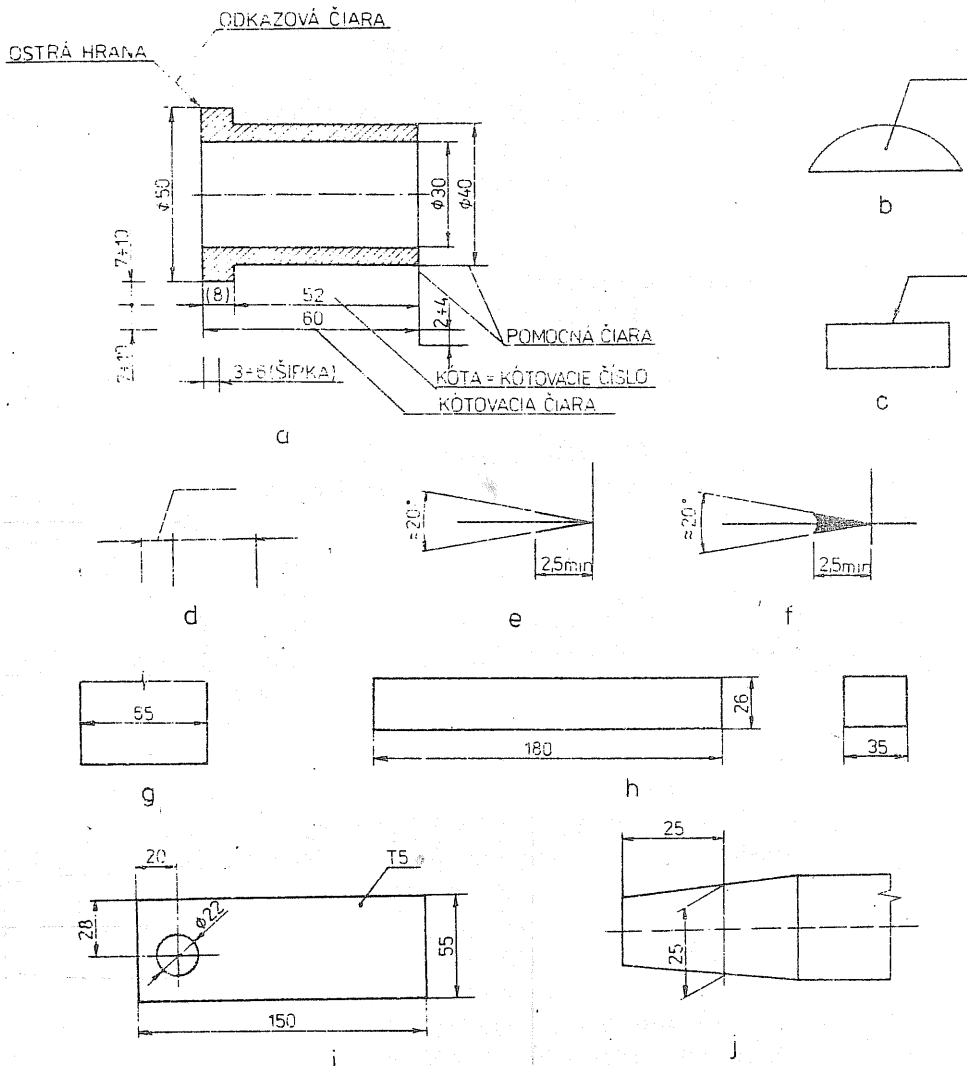
Príslušné značky sa vždy k jednotlivým údajom musia pripísať.

Pri kótovaní sa používajú kótovacie, pomocné a odkazové čiary, ale aj hraničiace šípky a bodky a hraničiace úsečky (obr. 6.1).

Kótovacie čiary sú úsečky alebo kruhové oblúky, na ktorých sa kótovaný rozmer vymedzuje hraničiacimi šípkami, niekedy aj bodkami alebo hraničiacimi

úsečkami. Kreslia sa tenkou plnou čiarou, sú rovnako dlhé ako kótované rozmery a sú s nimi rovnobežné.

Pomocné čiary (vynášacie) sú priamky alebo oblúky, kreslia sa tenkou plnou čiarou v predĺžení obrysových čiar, resp. sa vedú z ich priesečníkov, vymedzujúcich kótovaný rozmer (obr. 6.11a až d). Za kótovacie čiary sa predlžujú o 2 až 4 mm. Na pomocnej čiare sa majú ukončiť príslušné kótovacie čiary, pokiaľ ich netreba predĺžiť pre zapísanie kót (obr. 6.3e, f), resp. pre nakreslenie vonkajších hraničiacich šípok (obr. 6.3a, b, d).



Obr. 6.1. Dôležité pojmy a základné smernice kótovania

Odkazové čiary sú tenké plné lomené priamky, ktoré spájajú kóty alebo slovné údaje s príslušným tvarovým prvkom, súčiastkou, obrysou alebo kótovacou čiarou atď. (obr. 6.1a až d, ČSN 01 3206).

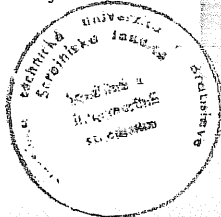
Hraničiace šípky sa obyčajne kreslia na obidvoch koncoch kótovacej čiary tak, aby sa hrotom dotýkali pomocných alebo obrysových čiar, pričom sa spravidla používa tenká plná čiara. Najmenšiu veľkosť šípok a ich tvar vidieť na obr. 6.1e, f. Pri kótovaní niekoľko krátkych rozmerov sa používajú bodky, ktorých veľkosť má byť aspoň 1 mm (obr. 6.3c, h, i). Hraničiace úsečky sa kreslia spravidla tenkou plnou čiarou, a to predovšetkým na výkresoch používaných pre pozemné stavby, pričom majú dĺžku aspoň 3,5 mm a sú sklonené doprava pod uhlom 45° vzhľadom na kótovaciu čiaru (obr. 6.2f). V priesečníkoch s obrysovými čiarami predmetu sa musí kótovacia čiara predĺžiť za hraničiacu úsečku o 2 až 4 mm. V tom istom súbore výkresov (napr. výkresy jedného výrobku, výkresy stavebného objektu) môže sa však použiť len jeden spôsob hraničenia dĺžkových rozmerov. Výnimku tvorí kótovanie polomerov a priemerov, kde sa kótovacia čiara vždy ukončuje šípkou. (obr. 6.2g, h, i).

Veľkosť a druh písma (číslíc a písmen) pre kótovanie určuje ČSN 01 3105. Pri písaní kót (pri desatinných číslach, pri oddeľovaní skupín číslíc atď.) treba dodržiavať zásady podľa ČSN 01 1010 a ČSN 01 1310. Na výkresoch sa viacčísľové čísla rozdeľujú na skupiny po troch čísliciach, medzi ktorými sa vynechávajú medzery (postupuje sa od desatinnej čiarky na obidve strany, napr. 1 835 200; 6,325 65). Čísla, ktoré majú maximálne štyri číslice (pred alebo za desatinnou čiarkou), sa nerozdeľujú (napr. 2360; 8207,478 85; 0,8633).

Kóty sa umiestňujú nad neprerušovanú kótovaciu čiaru rovnobežne s ňou a blízko stredu kótovacej čiary alebo aj nad odkazovú čiaru mimo obraz (obr. 6.2b, 6.3k). Najmenšia vzdialenosť medzi kótou a kótovacou (odkazovou) čiarou, sa má rovnať najmensej svetlosti medzi rovnobežnými čiarami podľa ČSN 01 3105. Písmená, grafické a tolerančné značky, pripisované k číselným údajom (napr. \varnothing , R, \square), sú neoddeliteľnou súčasťou kóty.

Kótovacie čiary sa umiestňujú pri dostatočnom priestore do obrazu ako vnútorné kóty (obr. 6.1g), ale odporúča sa ich radšej umiestniť, podobne ako aj odkazové čiary, mimo obraz ako vonkajšie kóty (obr. 6.1h). Kótovacie čiary sa nesmú stotožňovať s obrysou a odkazovou čiarou, ale ani s osou, ba nesmú byť ani ich pokračovaním. Osi sa však môžu použiť ako pomocné čiary (obr. 6.1i). Kótovacie čiary sa síce nesmú stotožňovať ani s pomocnou čiarou, ale pri kótovaní krivkových obrysov možno predĺžené kótovacie čiary použiť zároveň ako pomocné čiary (obr. 6.15d).

Pri kótovaní priameho dĺžkového rozmeru sa kótovacia čiara kreslí rovnobežne s kótovaným rozmerom. Ak je viac kótovacích čiar nad sebou, umiestňujú sa dlhšie kótovacie čiary ďalej od obrazu a kratšie bližšie k nemu (obr. 6.1a). Vzdialenosť medzi rovnobežnými kótovacími čiarami, ako aj vzdialenosť kótova-



osí atď. m. číh od obrysových čiar, od pomocných čiar, od osí atď. musí byť taká, aby sa kót. teda zabezpečila prehľadnosť a jednoznačnosť čítania kót, teda napr. pri výške kót ynových čiar 2,5 mm sa odporúča vzdialenosť čiar 7 mm. Od obrysových čiar majú byť kótovacie čiar (napr. čiar) vzdialené aspoň o 7 mm, od ostatných čiar (napr. od osí) aspoň 5 mm (odporúča sa 7 až 10 mm).

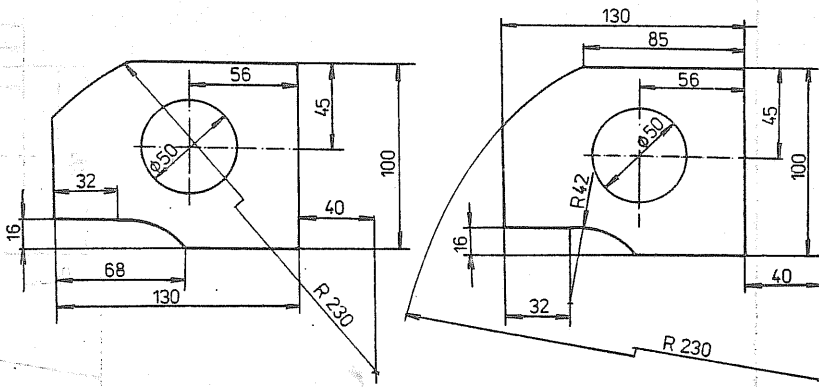
ového rozmeru Pomocné čiar sa pri kótovaní priameho dĺžkového rozmeru kreslia kolmé na kóta nej kótovaný rozmer. Ak by však bola takto zaznačená kóta nejasná, môžu sa kresliť kótovací pomocné čiar šikmé (obyčajne pod uhlom 60° od kótovacej čiar), ale navzájom rovnobežné (obr. 6.1j).

kótovacie čiar (Pomocné a odkazové čiar nemajú pretínať kótovacie čiar (obr. 6.2a). Treba

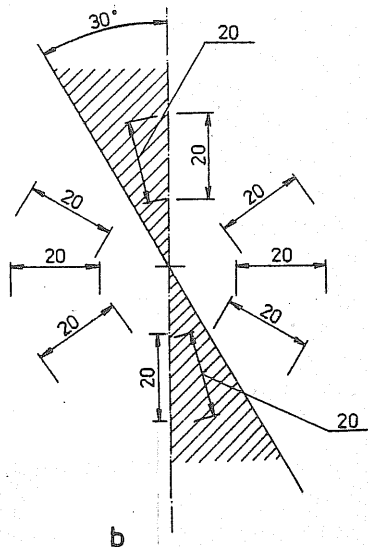
SPRÁVNĚ

CHYBNE

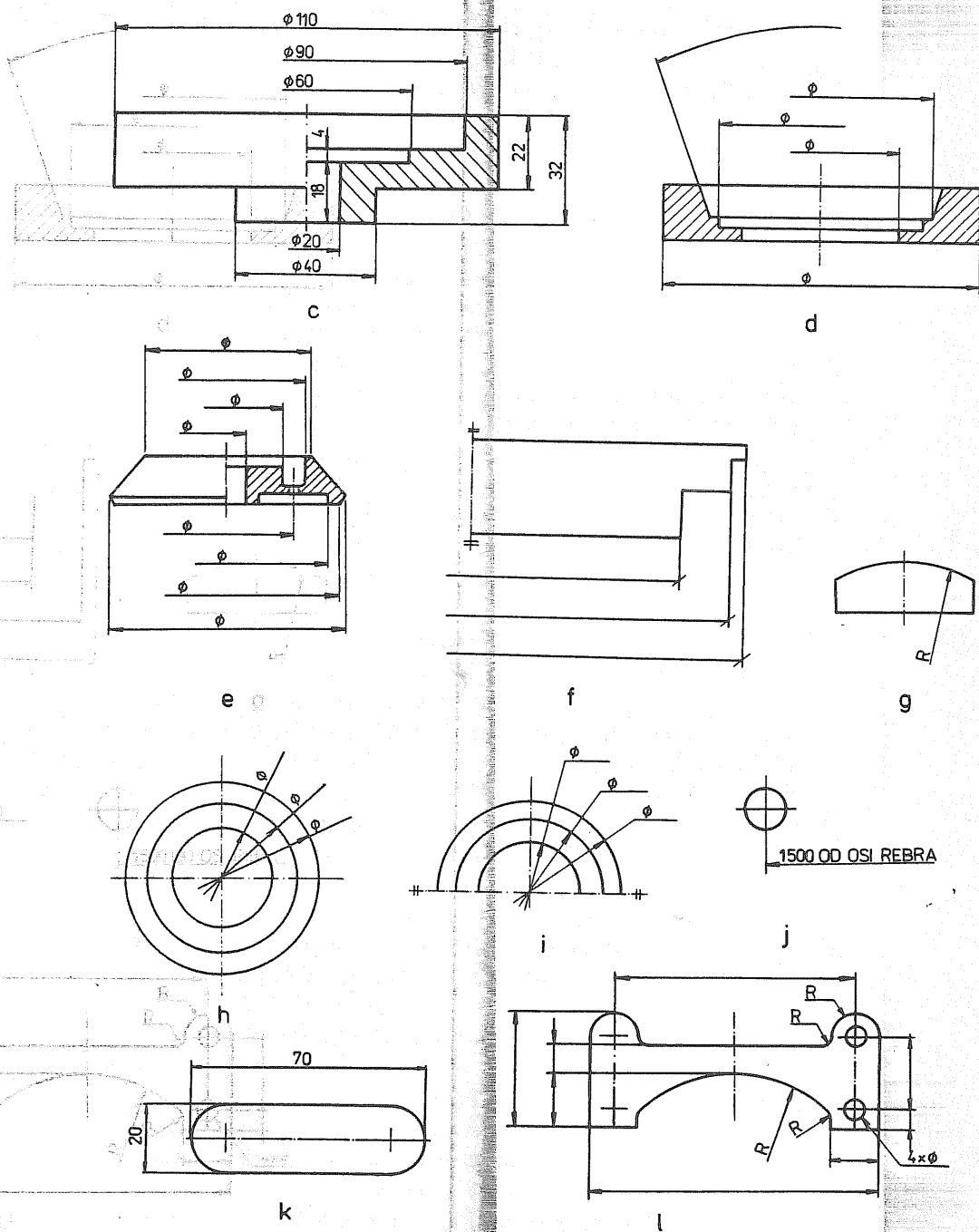
SPRÁVNĚ



a



b



Obr. 6.2. Možnosti zapisovania kót k obrazom

sa vyhýbať vzájomnému pretínaniu (križovaniu) kótovacích čiar. Odkazové čiary sa však nikdy nesmú navzájom pretínať. Kótovacie, resp. pomocné a odkazové čiary, ktoré ležia vnútri šrafovej plochy rezu, nemajú sa kresliť rovnobežne so šrafovaním.

Kóty, ktorých veľkosť musí byť na celom výkrese rovnaká, sa zapisujú tak, aby sa mohli čítať pri pohľade od dolného okraja výkresu alebo od pravého okraja výkresu. Šikmé kóty sa píše podľa obr. 6.2b, pričom hranicu tvorí kolmá os k dolnému okraju výkresu. Kóty v označenej šrafovej ploche, vymedzenej uhlom 30° od zvislej osi, je výhodnejšie písať vodorovne nad odkazovú čiaru.

Pri kótovaní rotačných a súmerných predmetov alebo keď je teleso nakreslené čiastočne v reze a čiastočne v pohľade, resp. ak by bol obraz preplnený kótovacími a pomocnými čiarami, kreslia sa kótovacie čiary len s jednou šípkou (obr. 6.2c). Pri viacerých kótach nad sebou je účelné písať kóty striedavo pri osi súmernosti, pričom sa skrátene kótovacie čiary preŕhajú o 2 až 10 mm za stred alebo za os súmernosti (obr. 6.2d). Pri kótovaní možno medzi obrysovou a pomocnou čiarou vynechať medzeru (obr. 6.2e, 7.50c). Uplatňuje sa to predovšetkým vtedy, keď sa má zlepšiť prehľadnosť výkresu (často na výkresoch v stavebníctve). Na obr. 6.2f je kótovanie súmerného predmetu hraničiacimi úsečkami, kde sa nakreslila len polovica obrazu a súmernosť označila dvoma tenkými úsečkami kolmými na os podľa ČSN 01 3122.

Skrátenu (neúplnú) kótovaciu čiaru s jednou šípkou (resp. hraničiacou úsečkou) možno kresliť aj pri kótovaní polomerov (obr. 6.2g), pri kótovaní priemerov bez ohľadu na to, či je zobrazená celá kružnica (obr. 6.2h), resp. len jej časť (obr. 6.2i), ale aj pri kótovaní rozmeru od základne, ktorá nie je zobrazená na výkrese a je uvedená len slovné (obr. 6.2j). Pri kótovaní polomerov sa vždy píše pred hodnotu rozmeru značka R , pri kótovaní priemerov značka \varnothing .

Keď sa na výkresoch uvádzajú pomocné rozmery, napr. doplnkové, informatívne a teoretické, píše sa do oblých zátvoriek (obr. 6.1a, 7.48a, 7.49g, 7.50b, c). Tieto rozmery sú bez medzných odchýlok.

Kótami sa musia definovať všetky tvary konštrukčných prvkov alebo súčiastok, ktoré sú potrebné na ich výrobu. Ak si to nevyžadujú funkčné, výrobné, montážne alebo iné dôvody, netreba kótovať rozmery, ktoré už vyplývajú zo zobrazenia. Sú to najmä:

- a) pravé uhly kolmo nakreslených obrysov plôch, hrán, osí atď.,
- b) polomery kruhových oblúkov, spájajúcich tangenciálne dve rovnobežné priamky s kótovacou vzdialenosťou medzi nimi (obr. 6.2k).
- c) uhly, ktoré zvierajú bočné steny pravidelných hranolov,
- d) polovičné vzdialenosti symetricky položených prvkov.

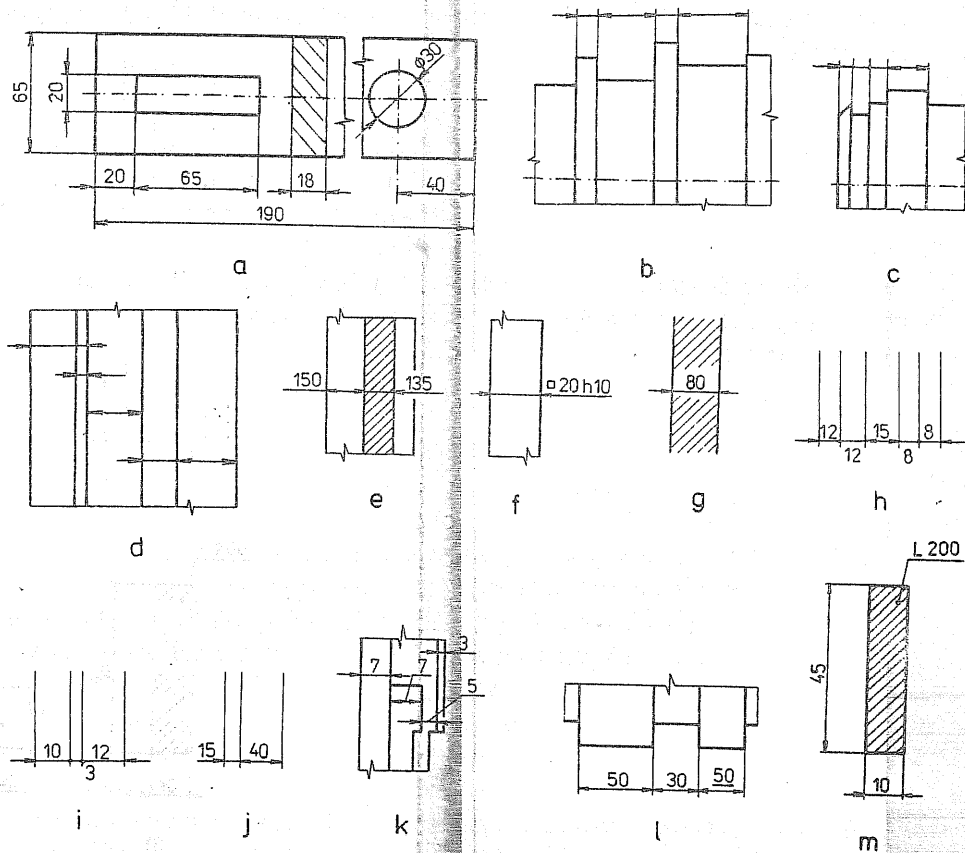
V obrazoch súmerných predmetov môže sa kótovanie zjednodušiť tým, že sa súmerne položené prvky zakótujú len raz, teda len na jednej z obidvoch polovic (obr. 6.2l).

6.2 KRESLENIE A KÓTOVANIE TVAROVÝCH PRVKOV

6.2.1 Kótovanie základných tvarov

Pri priamočiarych rozmeroch kreslia sa kótovacie čiary rovnobežne s príslušným rozmerom a sú rovnako dlhé ako kótovaný rozmer. Pri prerušovaných obrazoch sa kótovacie čiary neprerušujú (obr. 6.3a). Šípky sa majú kresliť vnútri pomocných alebo obrysových čiar. Ak nie je dost' miesta na ich zakreslenie, umiestnia sa z vonkajšej strany pomocných alebo obrysových čiar na predĺženej kótovacej čiare (obr. 6.3a, b). Keď sa striedajú dlhé a krátke rozmery na spoločnej kótovacej čiare, netreba pri kratších kótach kresliť šípky (obr. 6.3b).

Ak nasleduje na tej istej kótovacej čiare za sebou viac krátkych rozmerov



Obr. 6.3. Kótovanie väčších a menších rozmerov

a šípky nemožno nakresliť vnútri pomocných čiar, nahradzujú sa dve priľahlé šípky jednou výraznou bodkou, pričom krajné šípky sa kreslia zvonka pomocných čiar (obr. 6.3c). Keď kótovacia čiara prechádza cez obrys predmetu, nesmú sa použiť bodky, ale reťazec kót treba rozložiť na niekoľko samostatných kótovacích čiar (obr. 6.3d). Pretože hraničiace šípky nemá pretínať nijaká čiara, treba pri šrafovaných plochách kresliť šípky zvonka týchto plôch (obr. 6.3g) alebo v nevyhnutnom prípade prerušiť obrys (obr. 6.3k).

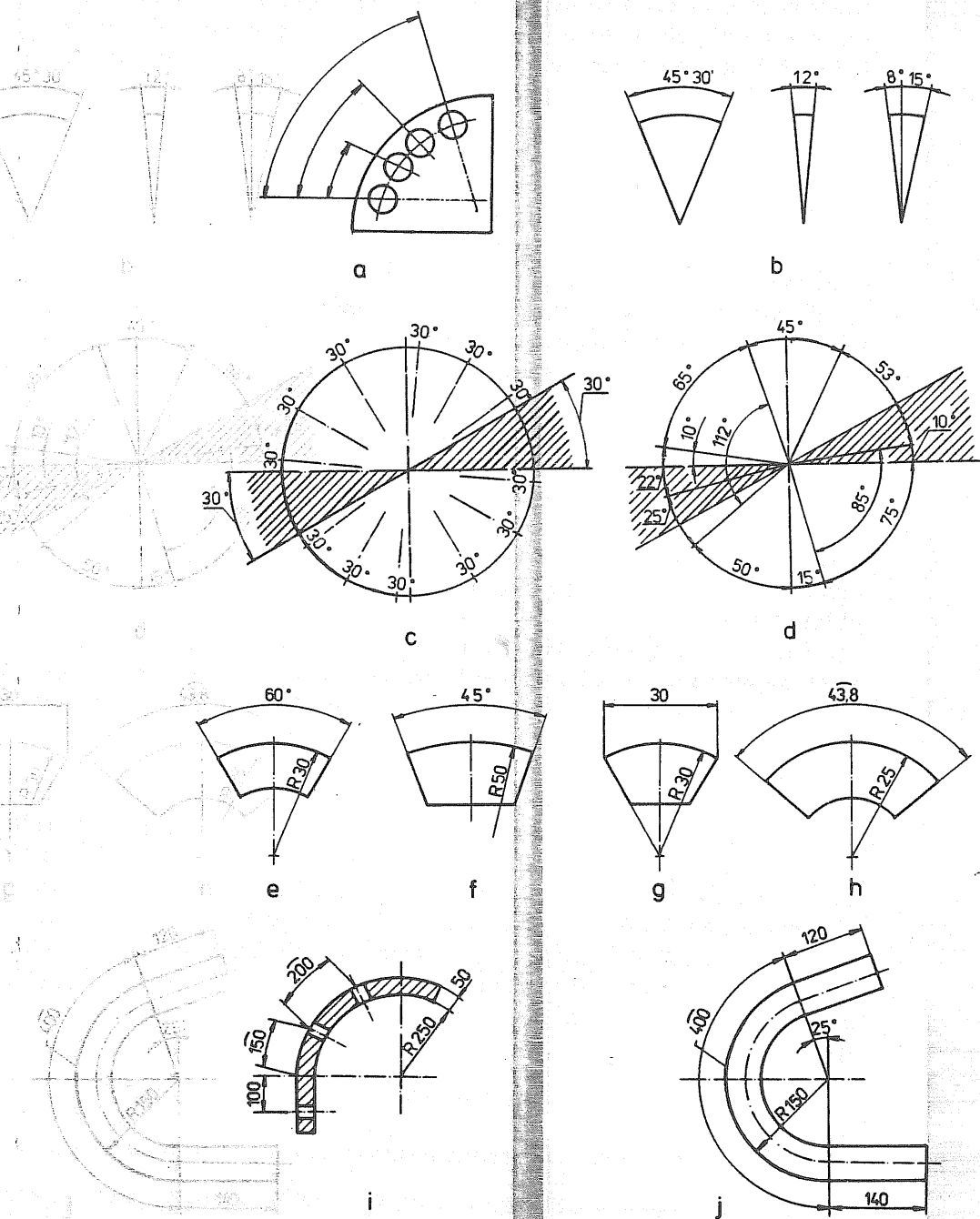
Pri kótovaní rozmerov treba pamätať na to, že sú to základné výrobné údaje výkresu, a preto sa musia zapisovať tak, aby boli výrazné a jednoznačne čitateľné. Umiestňujú sa nad kótovaciu čiaru tak, aby sa jej nedotýkali, a to približne v jej strede. Nesmú sa písať cez žiadnu čiaru obrazu, ale ani tak, aby ich niektorá čiara, napr. os rozdeľovala. Nepíšu sa, ani blízko miesta, kde sa náhodou kótovacie čiary pretínajú. Ak kótu nemožno písať vedľa čiary alebo obrazu (obr. 6.3f), musia sa pre jej napísanie príslušné čiary obrazu (obrysové, osi atď.) prerušiť (obr. 6.3e). Pre označenie kóty v šrafovej ploche musí sa šrafovanie prerušiť (obr. 6.3g), ale výhodnejšie bude zapísať kótu mimo šrafovej plochy (obr. 6.3e).

Pri kótovaní viacerých malých rozmerov reťazcovým spôsobom na spoločnej kótovacej čiare sa píše kóty striedavo nad a pod túto čiaru (obr. 6.3h). Ak nie je medzi pomocnými alebo obrysovými čiarami dost miesta na zapísanie kóty, píše sa kóta prednostne vpravo nad predĺženú kótovaciu čiaru — ak táto už nepokračuje (obr. 6.3f), resp. pod ňu — ak kótovacia čiara ešte pokračuje (obr. 6.3i). Ak vpravo nie je dostatok miesta, možno kótu napísať aj vľavo, a to nad (obr. 6.3j), resp. pod kótovaciu čiaru. Pri písaní viacerých malých rozmerov treba dbať na to, aby bokom napísaná kóta nesplynula so susednou kótou, ale treba písať kóty striedavo nad a pod kótovaciu čiaru (obr. 6.3h). Ak nemožno pre nedostatok miesta napísať kótu nad, pod ani vedľa príslušnej čiary, urobí sa to nad odkazovú čiaru, vedenú od kótovacej čiary (obr. 6.3k).

Kóta, ktorá v obraze nezodpovedá nakreslenému rozmeru v príslušnej mierke, musí sa podčiarknuť (obr. 6.3l). Nepodčiarkujú sa však kóty pri prerušovaných obrazoch, ako je to napr. na obr. 6.3a.

Nezobrazené rozmery súčiastky, nakreslené len v jednom priemete, možno kótovať nad odkazovú čiaru s označením písmena T pre hrúbku (obr. 6.1i), resp. s označením písmena L pre dĺžku (obr. 6.3m). Tieto písmená sa uvádzajú pred číselný údaj. Pred rozmery, udávajúce prierezy normalizovaných tyčových polovýrobkov, rúrok a pod., sa uvádzajú značky podľa ČSN 01 3142. Nenormalizované rozmery prierezov sa musia podrobne v obraze vykótovať.

Spomínaný systém kótovania šípkami, resp. bodkami sa uplatňuje aj pri kótovaní rôznych uhlov. Pomocné čiary sa kreslia tenkou plnou čiarou ako priamky smerujúce do vrchola príslušného uhla, kým kótovacie čiary ako kruhové oblúky so stredom vo vrchole uhla (obr. 6.4a, b). Kóty uhlov sa píše nad kótovaciu čiaru alebo s možnosťou ich čítania od pravého okraja výkresu (obr. 6.4c, d). Ak myslená os



Obr. 6.4. Kótovanie uhlov a oblúkov

kótovaného uhla leží nad vodorovnou osou, píše sa kóty zvonka kótovacej čiary, keď pod osou, potom vnútri oblúka vzhľadom na vrchol uhla. Kóty, vymedzené uhlom 30° od vodorovnej osi, je výhodnejšie zapisovať vodorovne nad odkazovú čiaru. Na obr. 6.4c je poloha kót zapísaných na os uhla bez ohľadu na jeho veľkosť, na obr. 6.4d sú konkrétne príklady kótovania uhlov.

Pri kótovaní kruhových oblúkov sa udáva:

- polomer R a kóta stredového uhla (obr. 6.4e, f),
- polomer R a dĺžková kóta tetivy (obr. 6.4g),
- polomer R a dĺžková kóta oblúka na danom polomere, pričom sa nad rozmerom dĺžky kreslí oblúčik veľkosti aspoň 3,5 mm (obr. 6.4h).

O tom, ktorý spôsob kótovania oblúkov sa má použiť, rozhodne postup výroby predmetu a možnosť merania jeho rozmerov.

Keď je pri kótovaní polomerom a dĺžkou oblúka stredový uhol menší ako 90° , kreslia sa pomocné čiary rovnobežne s osou stredového uhla (obr. 6.4i). Ak je však stredový uhol väčší ako 90° , pomocné čiary sa kreslia zo stredu oblúka (obr. 6.4h, j). Aby nevzniklo nedorozumenie, spojí sa oblúk, pre ktorý platí kóta, odkazovou čiarou s kótou (obr. 6.4j) alebo sa za kótu pripíše veľkosť polomeru, resp. priemeru príslušného oblúka, napr. $400/R150$. Pri kótovaní vzdialeností kruhových oblúkov (šírky alebo hrúbky medzikružia), môže sa kresliť pomocná čiara ako pokračovanie oblúka a príslušná kótovacia čiara kreslí sa kolmo na pomocné čiary (do stredu oblúka), (obr. 6.4i).

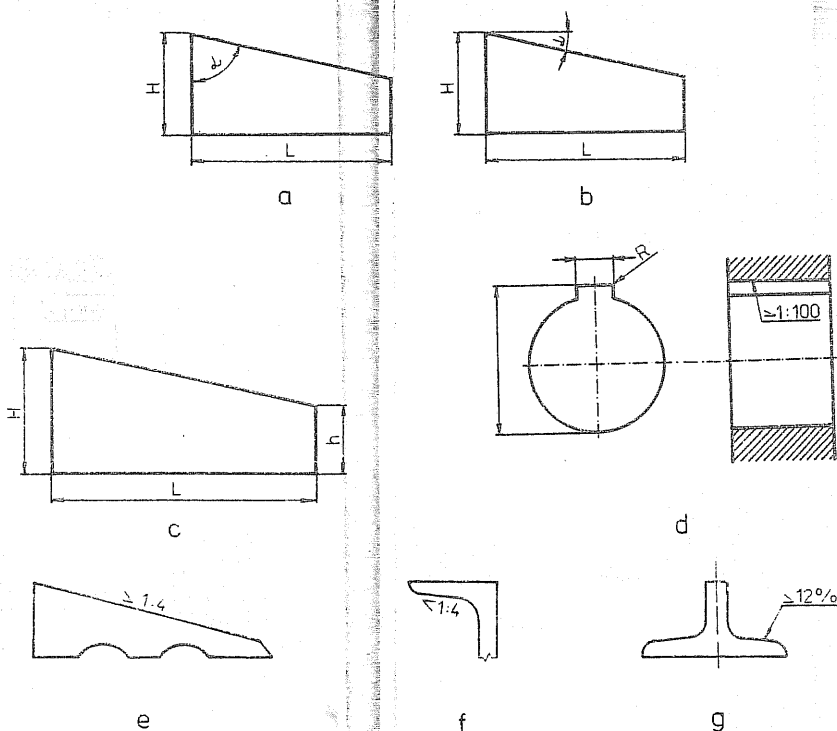
Rovinné, ale aj iné plochy, ktoré sú na seba kolmé, kótujú sa iba vtedy, keď záleží na presnom dodržaní uhla 90° , pričom sa obyčajne tento uhol aj toleruje. Plochy, ktoré medzi sebou zvierajú iný uhol ako 90° , kótujú sa svojim sklonom (úkosom) k zvolenej základnej rovine. Vzájomnú polohu dvoch plôch možno tu určovať takto:

a) Kótovaním uhla sklonu α šikmej plochy v stupňoch (resp. aj v minútach a sekundách) a príslušnými rozmermi (obr. 6.5a). Ak závisí od dodržania veľkosti uhla správna funkcia súčiastky alebo ak je to potrebné z výrobného hľadiska (keď sa nastavuje uhol na otočnom stole obrábacieho stroja, na deliacom prístroji, v otočnom zveráku atď.), kótuje sa uhol podľa obr. 6.5b.

b) Zaznačením všetkých rozmerov (obr. 6.5c). Prichádza do úvahy najmä pri plochých súčiastkach a tvarových prvkoch, napr. pri výstužných rebrách z plechu alebo z plochej ocele, kde je na obrysovane tvaru účelnejšie zakótovať všetky rozmery.

c) Udaním sklonu (úkosu) prepočítaním vzťahu $\frac{H-h}{L}$ na pomer $1 : X$, kde

$X = \frac{L}{H-h}$. Pred číselný údaj hodnoty sklonu napr. $1 : 5$ sa uvádza značka $<$, ktorej hrot smeruje k priesečnici sklonenej plochy s uvažovanou základnou rovinou. Takýto spôsob kótovania sa používa pre prípad málo sklonenej funkčnej



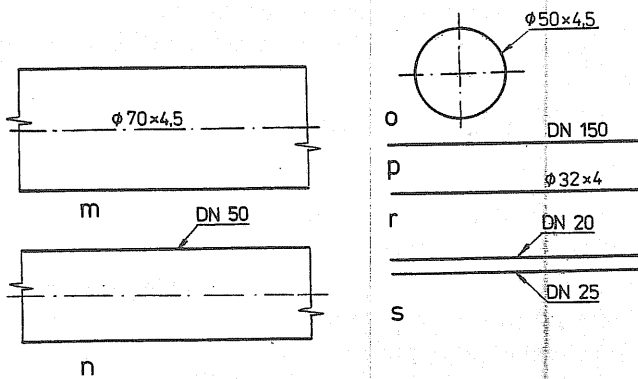
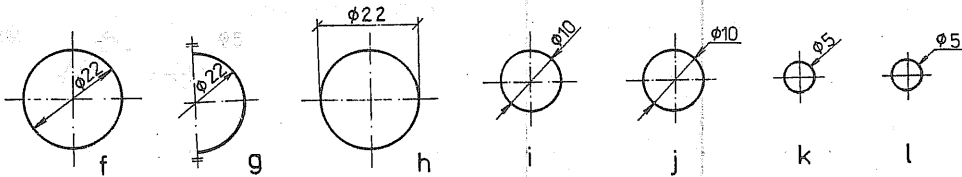
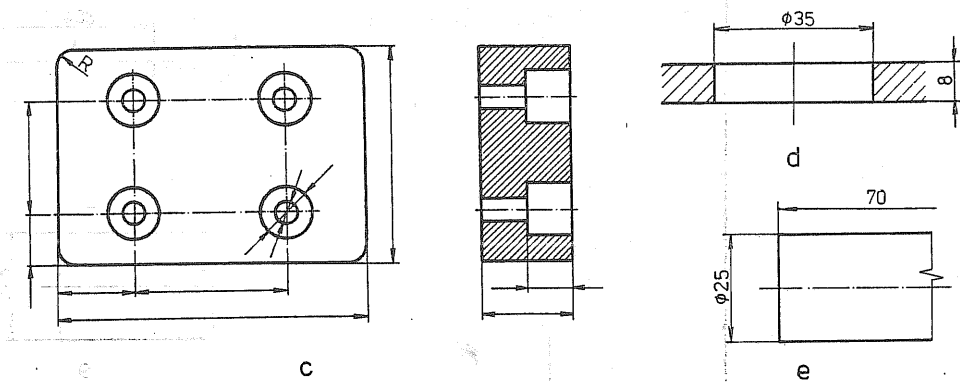
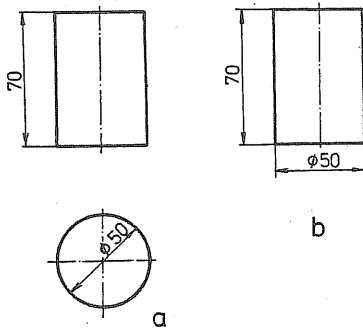
Obr. 6.5. Kótovanie sklonu rovinných plôch

plochy, napr. pre rozoberateľné spojenie náboja s hriadeľom pozdĺžnym klinom (obr. 6.5d). Príslušné údaje o sklone sa umiestňujú buď rovnobežne nad obrysú čiaru zvonka naklonenej plochy (obr. 6.5e, f), alebo rovnobežne so základnou rovinou nad odkazovú čiaru (obr. 6.5d).

d) Vyjadrením prepočítaného pomeru $1 : X$ na percentá alebo promile, pričom značka % alebo ‰ sa musí pripísať za číslo (obr. 6.5g).

6.2.2 Kótovanie valcových, kužeľových, ihlanových a guľových plôch

Valcové tvary predmetov sa kóujú priemerom a dĺžkou (obr. 6.6a). Často sa však priemer kótuje v tom priemete, v ktorom je uvedená aj dĺžka valca (obr. 6.6b). Združením kót, ktoré definujú rozmery tvarového prvku do jedného obrazu, sa síce zlepši prehľadnosť kótovania a ušetrí sa aj kreslenie ďalšieho priemetu, ale je nevhodné zapisovať kóty priemerov v obraze, v ktorom sa premietajú valcové plochy ako sústredné kružnice, napr. v obr. 6.6c. V tomto prípade treba vyhotoviť ďalší priemet v reze.



Obr. 6.6. Kótovanie valcových plôch

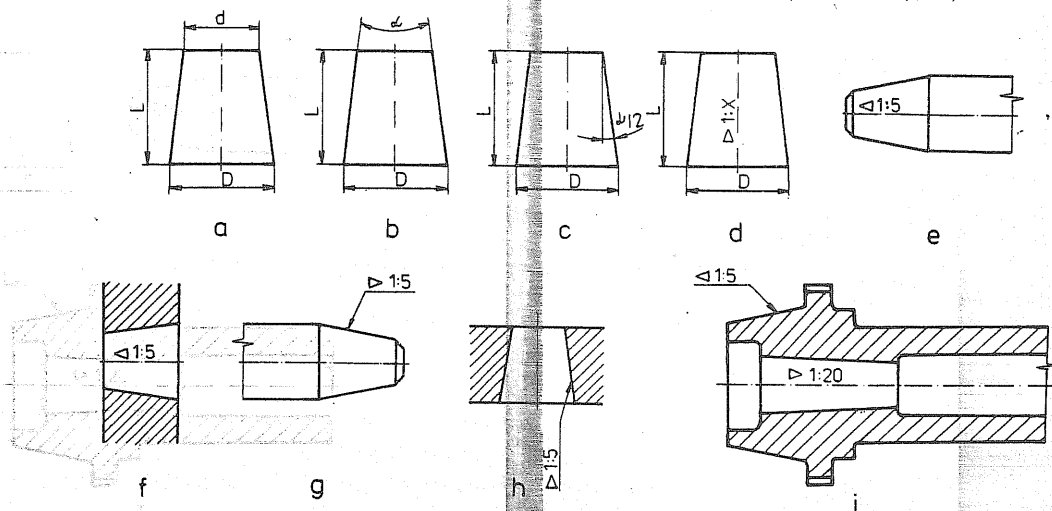
Otvory v materiáloch s valcovým tvarom sa kótujú podľa obr. 6.6d, čiastočne kreslené valce podľa obr. 6.6e. Príslušné kruhové plochy sa kótujú obyčajne priemerom tak, aby kótovacia čiara nesplývala ani s jednou osou a bola sklonená tak, že rozmer možno dobre čítať od základne alebo z pravej strany výkresu podľa obr. 6.6f, resp. pri kótovaní s jednou šípkou podľa obr. 6.6g. Kótovacia čiara môže byť aj vynesená mimo kružnice, teda medzi pomocnými čiarami a rovnobežná s niektorou osou, ako je to napr. pri kótovaní hraničiacimi úsečkami na obr. 6.6h. Malé priemery, ktoré sú na výkrese menšie ako 12 mm, možno kótovať aj kótami písanými na predĺženú kótovaciu čiaru (obr. 6.6i), prípadne nad odkazovú čiaru, ktorá sa pripojuje na koniec kótovacej čiary (obr. 6.6j). Na výkresoch zobrazované priemery menšie ako 7 mm možno kótovať aj skrátenou kótovacou čiarou iba s jednou šípkou (obr. 6.6k, l). Ak kótovacia čiara končí na kruhovom oblúku, teda ak sa kreslí priamo do obrazu kružnice, ohraničuje sa vždy len šípkou (obr. 6.6f, g, i až 6.6l).

Rúrovody s kruhovým prierezom možno zjednodušene kótovať priamo do obrazu (obr. 6.6m), nad odkazovú čiaru (obr. 6.6n, o, s) alebo s uvedením údaja priamo pri obraze potrubia (obr. 6.6p, r). Pritom sa rozmer môže vyjadriť:

- a) menovitou svetlosťou DN (obr. 6.6n, p, s),
- b) priemerom s hrúbkou steny (obr. 6.6m, o, r).

Rozmery potrubia (vonkajší rozmer, vnútorný rozmer, menovitá svetlosť, vonkajší priemer a hrúbka steny atď.) sa uvádzajú hodnotami stanovenými v príslušných technických normách, výrobných podkladoch a pod.

Častým tvarovým prvkom strojových súčiastok a zariadení bývajú vonkajšie alebo vnútorné kužeľové plochy. Na ich definovanie stačia tri údaje: a) rozmery priemerov oboch základní D , d a ich vzdialenosť L (obr. 6.7a), b) veľkosť

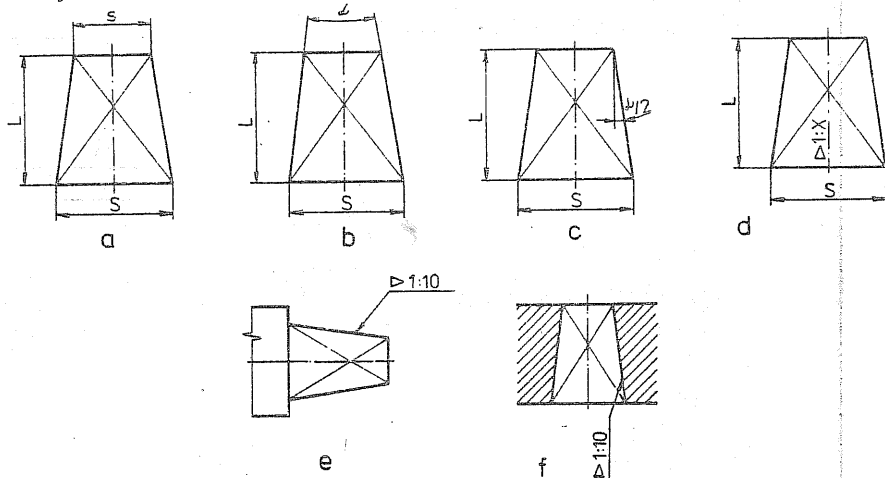


Obr. 6.7. Kótovanie kužeľovitosti

vrcholového uhla α , základne D a dĺžky kužeľa L (obr. 6.7b), c) veľkosť uhla sklonu $0,5 \alpha$, základne D a dĺžky kužeľa L (obr. 6.7c), d) pomer $1 : X$, rozmer základne D a dĺžky kužeľa L (obr. 6.7d).

Kužeľovitost sa udáva pomerom $\frac{D-d}{L}$ prepočítaným na pomer $1 : X$, napr. $1 : 15$. Pred pomer, určujúci hodnotu kužeľovitosti, sa zapisuje značka podľa obr. 6.7e až h, ktorej vrchol smeruje k vrcholu kužeľa. Tieto údaje sa umiestňujú vždy rovnobežne s osou kužeľa, a to buď nad os (obr. 6.7e, f), resp. nad odkazovú čiaru vedenú od obrysovej čiary kužeľovej plochy (obr. 6.7g, h). Príklad kótovania rôznych kužeľov na súčiastke vidieť na obr. 6.7i.

Na definovanie ihlanovitosti stačia, podobne ako v predchádzajúcom prípade, tri údaje: a) rozmer strán oboch podstáv S, s a ich vzdialenosť L (obr. 6.8a); b) veľkosť vrcholového uhla α , podstavy S a dĺžky ihlana L (obr. 6.8b); c) veľkosť uhla sklonu $0,5 \alpha$, podstavy S a dĺžky ihlana L (obr. 6.8c); d) pomer $1 : X$, rozmer podstavy S a dĺžky ihlana L (obr. 6.8d).



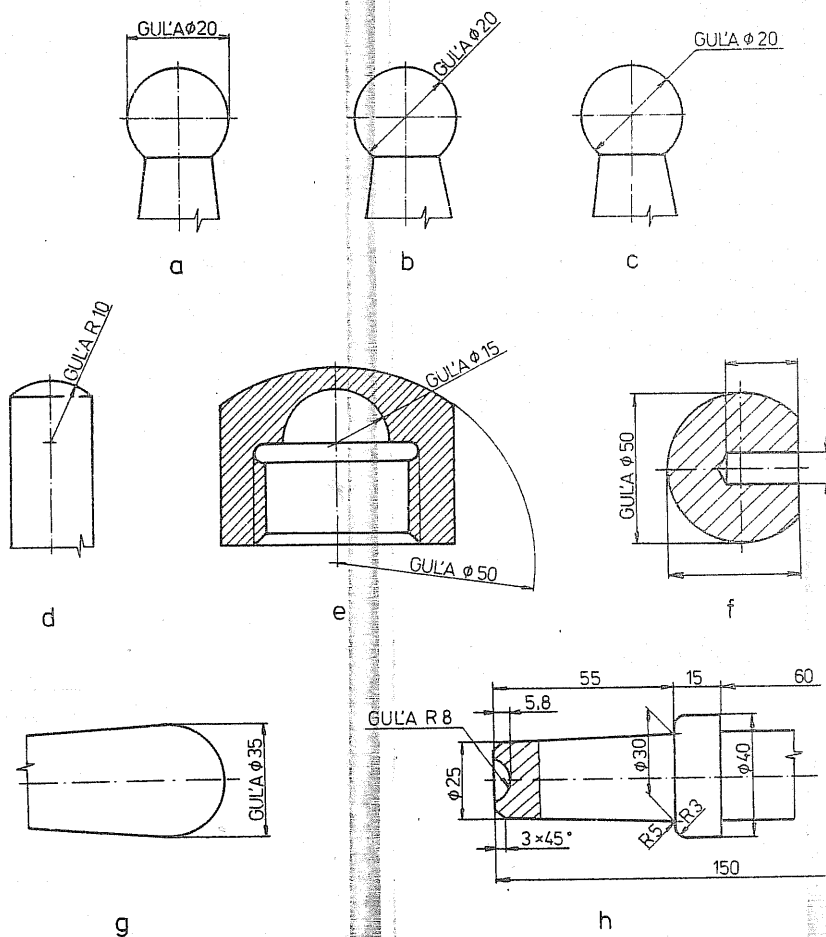
Obr. 6.8. Kótovanie ihlanovitosti

Ihlanovitost sa udáva pomerom $\frac{S-s}{L}$ prepočítaným na pomer $1 : X$. Pred túto hodnotu sa píše značka podľa obr. 6.8e, f, ktorej vrchol smeruje k vrcholu ihlana. Okrem toho sa zakreslia uhlopriečky. Značka sa umiestňuje rovnobežne s osou ihlana, a to buď nad os alebo nad odkazovú čiaru.

Gulové plochy sa kótujú podľa zhodných zásad, ako platia pre polomery a priemery kružníc. Pred značku určujúcu priemer \varnothing alebo polomer R sa však musí pripísať slovo GULA. Niektoré možnosti kótovania vidno na nasledujúcich obrázkoch: obr. 6.9a má údaj zapísaný formou vynesenej kóty, obr. 6.9b má zápis na

predĺženej kótovacej čiary, obr. 6.9c nad odkazovú čiaru, obr. 6.9d pomocou polomeru, obr. 6.9e pomocou priemeru na vonkajšej a vnútornej ploche.

Kótovanie gule priemerom sa používa vtedy, keď sa môže priemer odmerať, ak ide o úplnú guľu alebo guľovú úseč (väčšiu ako polomer, obr. 6.9f), prípadne keď na súčiastke možno merať strednú plochu (obr. 6.9g). Inde sa kótuje polomerom (obr. 6.9h).

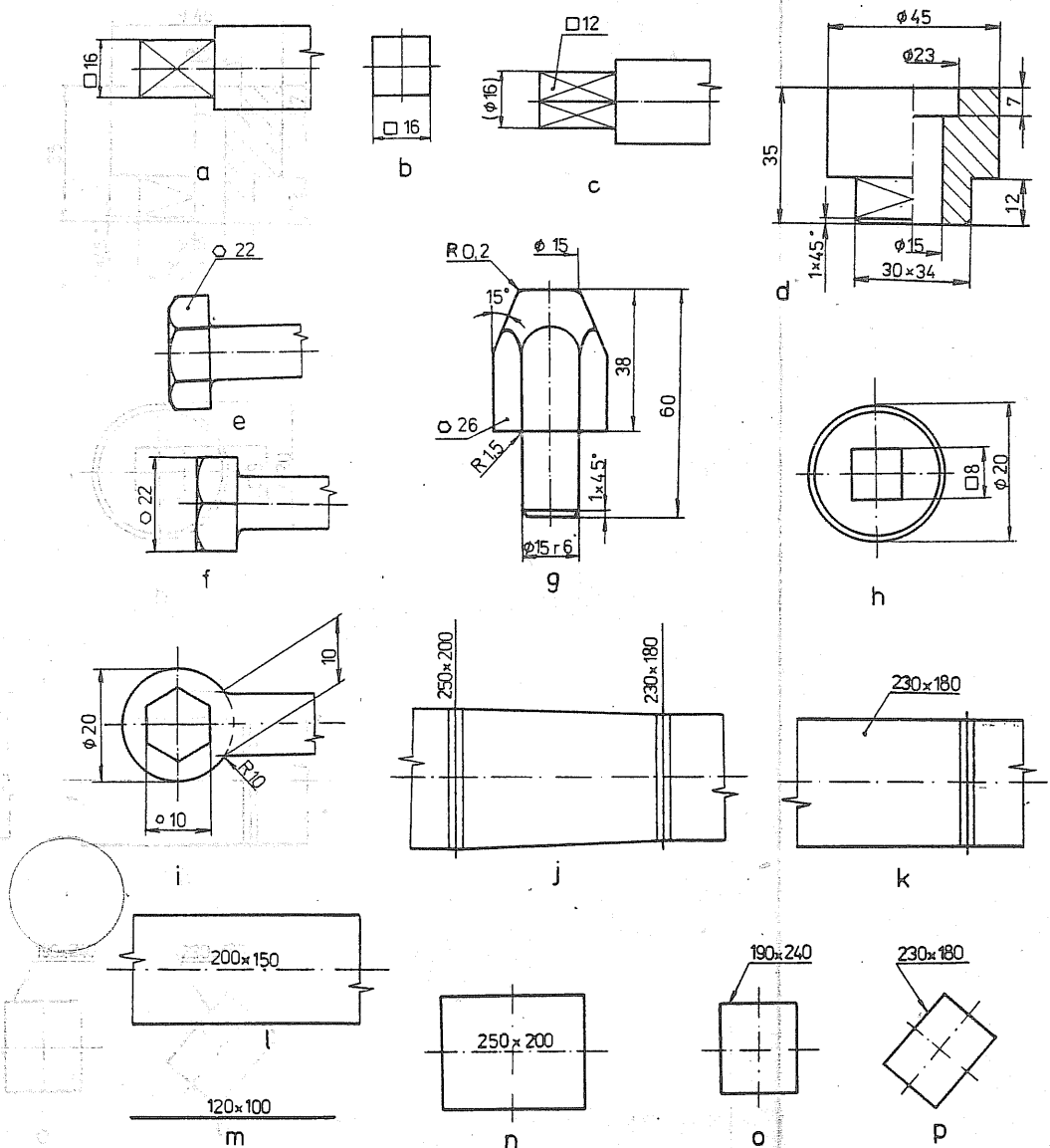


Obr. 6.9. Kótovanie guľových plôch

6.2.3 Kótovanie štvorhranov a šesťhranov

Pri zobrazovaní pravidelných štvorhranov alebo štvorhranných otvorov (štvorcového prierezu) v čelnej polohe sa zjednodušene kótuje rozmer na kótova-

Pri zobrazení čiare za označením štvorca □ (obr. 6.10a, b). Pri zobrazovaní v rohovej polohe (bočné plochy sú k priemetni sklonené pod uhlom 45°) sa takýto údaj píše nad odkazovú čiaru (obr. 6.10c). Nepravidelné štvorhrany (s obdĺžnikovým prierezom) sa kótujú súčinom rozmerov, v ktorom sa na prvom mieste píše rozmer rovnobežný s priemetňou (obr. 6.10d).



Obr. 6.10. Kótovanie štvorhranov a šesťhranov

Pri šesťhranovitom tvare, ktorý sa zobrazil jedným priemetom v čelnej polohe, sa kótuje vzdialenosť rovnobežných plôch (otvor kľúča, ktorý sa rovná priemeru kružnice vpísanej do šesťuholníka) nad odkazovú čiaru za značkou malého šesťuholníka (obr. 6.10e). Podobným spôsobom, ale nie nad odkazovú čiaru, sa kótuje šesťhran zobrazený v rohovej polohe (obr. 6.10f). Príklad kótovania súčiastky vyhotovenej zo šesťhrannej valcovanej alebo ťahanej tyče je na obr. 6.10g.

Hranolovité diery, znázornené dvoma priemetmi, sa kótuju v tom obraze, kde sa ich tvar premieta ako štvorec (obr. 6.10h), resp. šesťuholník (obr. 6.10i).

Rúrovody so štvorcovým alebo obdĺžnikovým prierezom možno kótovať zjednodušene súčinom rozmeru prierezu v ploche príslušného obrazu alebo na odkazovej čiare. Keď je potrubie zobrazené v pozdĺžnom pohľade, uvedie sa rozmer prierezu rovnobežný s nákresňou na prvom mieste (obr. 6.10j až m). Pri potrubí zobrazenom v priečnom reze alebo priereze:

a) pri písaní rozmeru v príslušnom obraze uvedie sa na prvom mieste rozmer rovnobežný s dolným okrajom výkresu (obr. 6.10n).

b) pri písaní rozmeru nad odkazovú čiaru uvedie sa na prvom mieste rozmer, od ktorého vychádza odkazová čiaru (obr. 6.10o, p). Rozmery potrubia uvádzajú sa hodnotami určenými normami alebo inými výrobnými podkladmi.

6.2.4 Kótovanie zrazených a zaoblených hrán

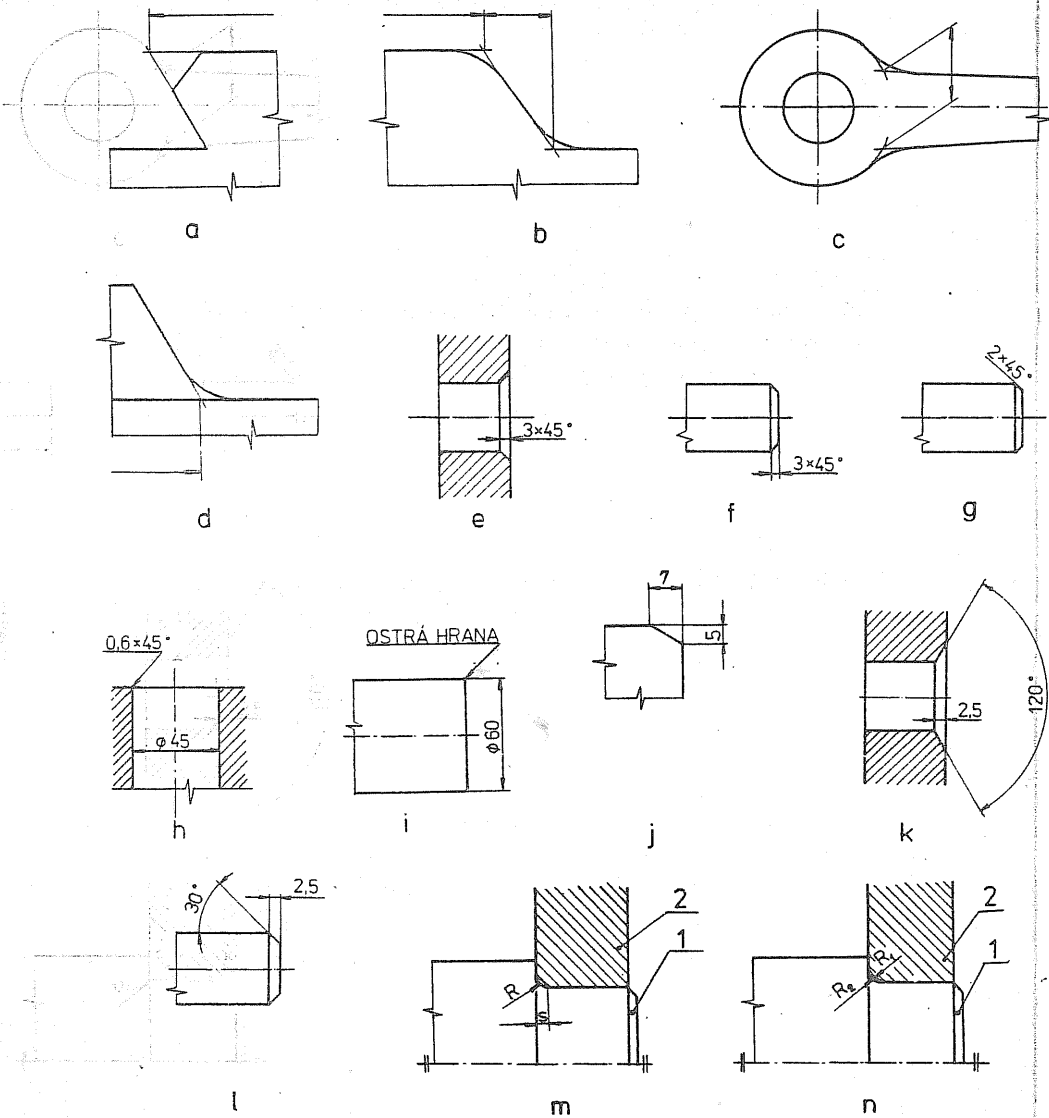
Pri opracovaní plôch strojových súčiastok vznikajú medzi dvoma opracovanými plochami alebo medzi opracovanými a neopracovanými plochami ostré hrany, ktoré treba zrazením alebo zaoblením odstrániť. Zrazenie a zaoblenie hrán umožňuje ľahšiu montáž, obsluhu a údržbu zariadenia, ale zabraňuje aj zraneniam a poruchám pri prevádzke.

Zrazené a zaoblené hrany, resp. prechody stýkajúcich sa plôch možno kótovať k myslenému priesečníku susedných povrchov:

a) predĺžením obrysových čiar pomocnými čiarami a kótovaním od ich priesečníka (obr. 6.11a, b, c),

b) predĺžením jednej obrysovej čiary pomocnou čiarou a kótovaním od priesečníka s ďalšou obrysovou čiarou, kde sa pomocná čiaru pretahuje cez obrysovú čiaru (obr. 6.11d).

Hrany skosené pod uhlom 45° sa kótuju ako súčin výšky skosenia (odvesny pravouhlého trojuholníka vytvoreného skosením) a uhla 45° . Tieto údaje sa píšú buď na kótovaciu čiaru (obr. 6.11e, f), prípadne na pomocnú čiaru (obr. 6.11g). Malé skosenia netreba zobraziť, ale stačí ich vyznačiť kótovaním nad odkazovú čiaru (obr. 6.11h). Ak na súčiastke treba ponechať ostré hrany, musí sa to na výkrese slovne predpísať (obr. 6.11i). Hrany skosené pod uhlom iným ako 45° sa kótuju dvoma dĺžkovými rozmermi (obr. 6.11j), resp. jedným dĺžkovým a jedným uhlovým rozmerom (obr. 6.11k, l).



Obr. 6.11. Princíp kótovania zrazených a zaoblených hrán

nia hran sa pri kótovaní veľkosti skosenia alebo zaoblenia hrán sa postupuje podľa príslušných technických noriem pre výroby, napr. podľa ČSN 01 0211. Ak nie je predpísané skosenie alebo zaoblenie a ak nie je predpísané, (bez ostre) hrana má zostať ostrá, vyhotoví sa odihlená hrana (bez ostrapov), resp. zrazi sa $0,3 \times 45^\circ$ alebo zaoblí maximálne na polomer 0,3 mm.

Funkčný význam zrazenia alebo zaoblenia hrán diery a hriadeľa sa prejavuje pri ich vzájomnom spojení (obr. 6.11m, n). Z montážnych a funkčných dôvodov sa pri vonkajších tvaroch odporúča predpisovať zrazenie, pri vnútorných tvaroch zaoblenie hrán.

Zaoblenia a prechody stykových plôch sa kótujú polermi tak, že sa kótovacie čiary vedú zo stredy oblúka alebo v smere, kde leží stred oblúka, pričom sa ohraničia jednou šípkou pri oblúku a pred číselnú hodnotu polomeru sa napíše písmeno *R*. Jednotlivé prípady vedenia kótovacej čiary možno uviesť do nasledujúcich bodov:

a) Kótovacia čiara sa vedie z vyznačeného stredy oblúka (obr. 6.12a, b, c).
b) Skrátaná kótovacia čiara sa síce vedie do stredy oblúka, ale tento nie je vyznačený, resp. leží mimo obraz (obr. 6.12d).

c) Pri malých polomeroch (obyčajne menších ako 7 mm na výkrese) sa kótovacia čiara vedie od neoznačeného stredy oblúka a ohraničí šípkou vnútri oblúka (obr. 6.12e až h), resp. zvonka oblúka (obr. 6.12i, j, k, l). Kóta sa môže písať aj na predĺženú kótovaciu čiaru (obr. 6.12e, i, k) alebo nad odkazovú čiaru, pripojenú na koniec kótovacej čiary (obr. 6.12f, h, j, l), resp. nad odkazovú čiaru (obr. 6.12m, n).

d) Pri celkom malých polomeroch, ktoré nie sú zobrazené, vedie sa kótovacia čiara od hrany podľa obr. 6.12o, p.

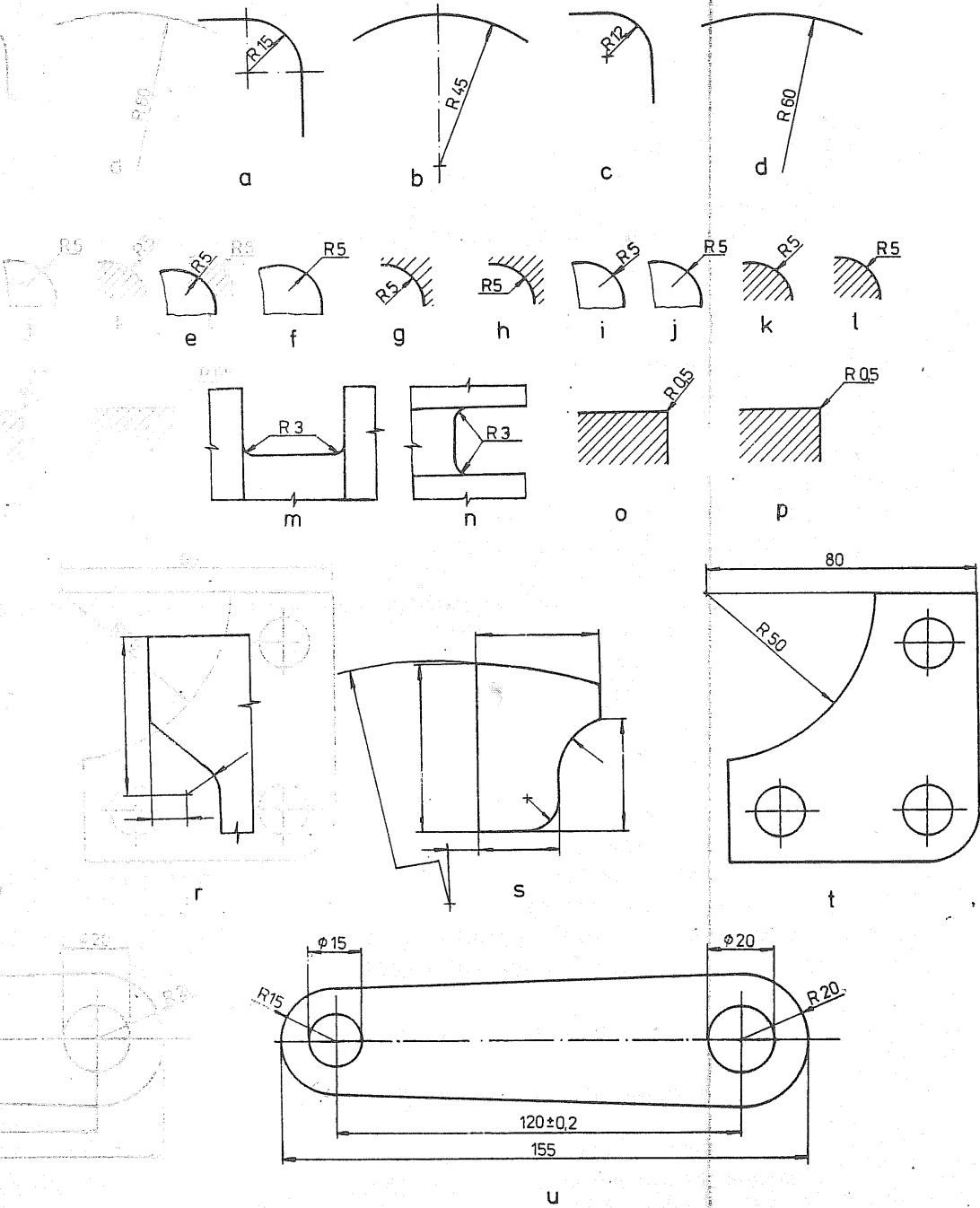
e) Pri osobitne veľkých polomeroch sa kreslí dvakrát lomená čiara, ktorej krajné časti sú navzájom rovnobežné. Časť čiary, ukončená šípkou na oblúku, musí smerovať do jeho skutočného stredy, druhá časť vychádza z posunutého stredy ležiaceho na osi alebo na pomocnej čiare vedenej zo stredy oblúka (obr. 6.2a, 6.12s).

Kótovanie zaoblení s definovaním polohy stredy sa používa najmä tam, kde to vyžaduje konštrukčný tvar, pričom šípky sa vedú vnútri alebo zvonka oblúka (obr. 6.12r). Pri veľkom polomere krivosti alebo keď leží stred mimo kresliaceho papiera, kreslí sa lomená čiara a zakótuje sa aj poloha stredy podľa obr. 6.12s, resp. v menej dôležitých prípadoch kreslí sa skrátaná kótovacia čiara podľa obr. 6.12d. Spomínané spôsoby kótovania zaoblení a prechodov sa uplatňujú pri najrôznejších súčiastkach, napr. aj pri kótovaní príločky (obr. 6.12t) a páky so zaoblenými koncami (obr. 6.12u).

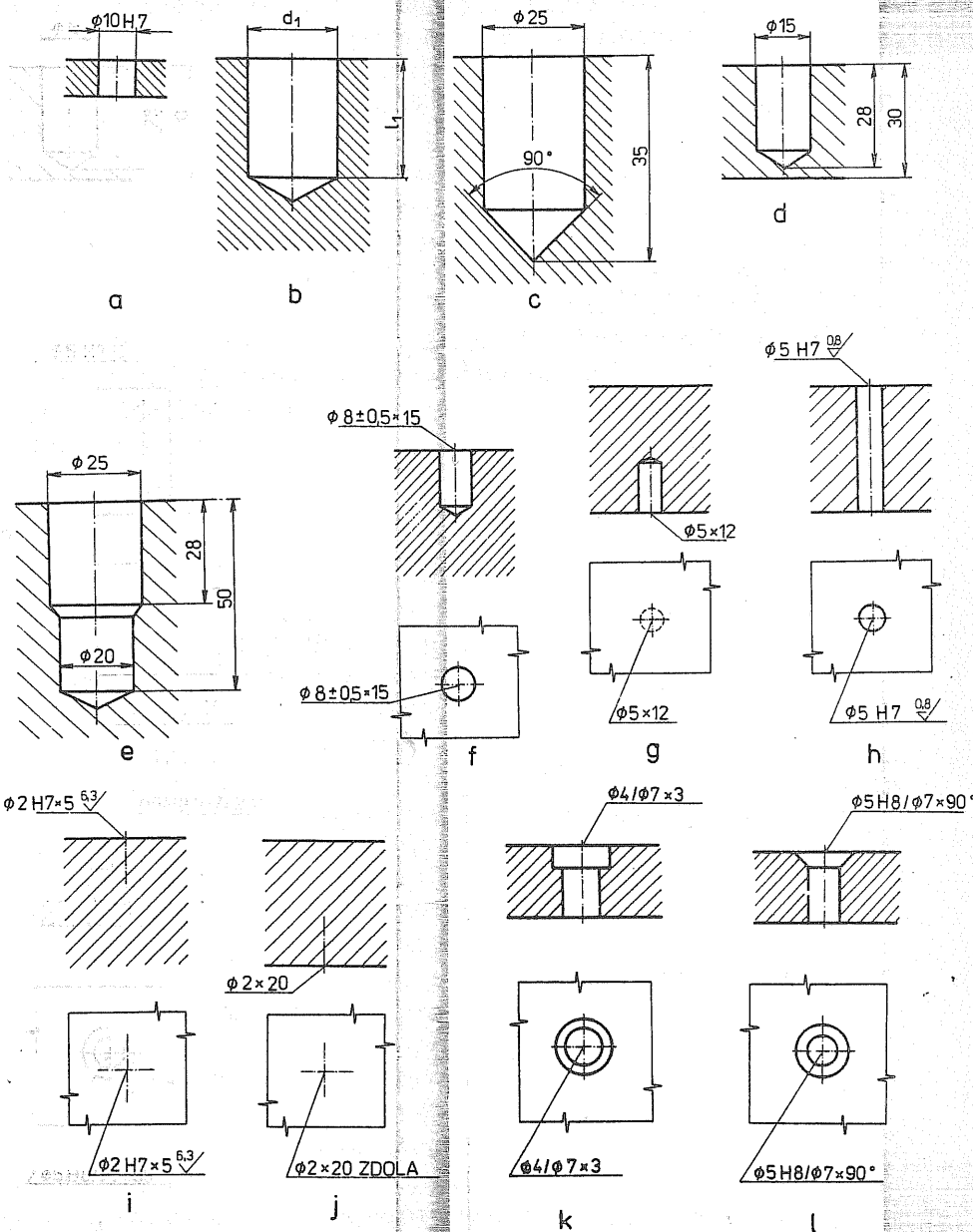
6.2.5 Kótovanie otvorov a ich rozstupov

Valcové prechádzajúce otvory, čiže prevrtané cez určitú hrúbku materiálu, sa kótujú ich priemerom (obr. 6.13a). Na konkrétnych výrobkoch sa potom ešte zakótuje poloha osi otvoru napr. proti inej osi atď.

Pri neprechádzajúcich alebo slepých otvoroch sa okrem polohy osi a priemeru d_1 ešte kótuje:



Obr. 6.12. Kótovanie zaoblení a prechodov stykových plôch



Obr. 6.13. Kótovanie otvorov rôznych veľkostí

a) Hĺbka valcovej časti l_1 bez kužeľového ukončenia (s vrcholovým uhlom 120° , ktorý je daný tvarom normálneho výrobného nástroja — vrtáka, obr. 6.13b). V pôdoryse sa udáva súčín $d_1 x l_1$.

ový uhol kužeľ) Hĺbka otvoru k vrcholu kužeľa a vrcholový uhol kužeľa, ak ho treba dodržať (potom sa počíta do hĺbky otvoru, obr. 6.13c).

kužeľu s uhlom 120°) Hĺbka otvoru až k vrcholu kužeľa (po vrtáku s uhlom 120°), ak sa musí dodržať ešte určitá hrúbka steny od vrcholu kužeľa (keď sa nesmie stena prevŕtať). (obr. 6.13d).

osadených — Spomínané zásady sa uplňujú aj pri kótovaní osadených — viacstupňových otvorov, ktoré sa postupne vrtajú (obr. 6.13e).

kreslených — Otvory malých priemerov, otvory na zostavách kreslených v zmenšení alebo zjednodušenosti a otvory na zložitých výkresoch sa kótujú pre jednoduchosť a prehľadnosť zjednodušené podľa ČSN 01 3133 (ST SEV 1977—79). Kóty sa zapisujú nad zástavku odkazových čiar vedených od osí dier (obr. 6.13f). Otvor na spodnej strane steny je v pôdoryse neviditeľný, a preto sa kreslí čiarkovane (obr. 6.13g).

Prechádzajúci otvor stačí kótovať priemerom (jeho hĺbka je totožná s hrúbkou materiálu, obr. 6.13h). Osobitne malé otvory stačí kresliť osami (obr. 6.13i, j).

V pôdoryse sa kótujú neprechádzajúce otvory vždy súčinom priemeru a hĺbky, v prípade, že sú vrtané na spodnej strane, pripíše sa ešte poznámka ZDOLA (obr. 6.13j).

Otvory priemeru d_1 s valcovým zahĺbením priemeru d_2 a s hĺbkou zahĺbenia t sa kótujú súčinom priemerov otvorov (najprv d_1 a za znakom lomeno d_2) a hĺbky zahĺbenia, teda $d_1/d_2 \times t$ (obr. 6.13k). Otvory priemeru d_1 s kužeľovým zahĺbením s vrcholovým uhlom φ a priemerom zahĺbenia d_2 sa kótujú súčinom priemerov a uhla φ , teda $d_1/d_2 \times \varphi$ (obr. 6.13l).

V zmysle ČSN 01 3133 sa zjednodušené kótovanie otvorov používa vtedy, keď:

- a) zobrazenie otvorov na výkrese je malé,
- b) otvory sú zobrazené zjednodušené,
- c) kótovanie podľa všeobecných pravidiel je neprehľadné.

Vo všetkých týchto prípadoch sa kóty zapisujú nad zástavku odkazových čiar vedených od osí otvorov. Tam sa zapisujú aj medzné odchýlky a tolerancie rozmerov (obr. 6.13f, h, i, l), ale aj drsnosti povrchov otvorov (obr. 6.13h, i).

Pri kótovaní skupiny otvorov na predmete stačí kótovať len jeden otvor, ale pritom treba uviesť polohu otvorov vrátane rozstupov. Keď nie sú zobrazené všetky otvory a ich počet je väčší ako tri, treba uviesť ich počet formou súčinu s rozmerom otvoru nad odkazovú čiaru (obr. 6.14a, b). Podobným spôsobom sa kótujú aj rebrá a pod. (obr. 6.14c).

Ak sa na zobrazení predmetu vyskytujú dve alebo viac skupín podobných otvorov, resp. iných prvkov s rôznymi rozmermi, možno prvky rovnakých rozmerov označiť rovnakými písmenami alebo číslami. Potom sa okótuje len jeden prvok z každej skupiny nad odkazovú čiaru (obr. 6.14d), prípadne sa rozmery uvedú v tabuľke alebo legende na výkrese (obr. 6.14e, h).

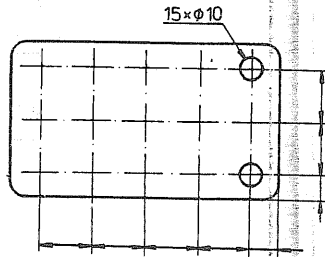
Poloha opakujúcich sa otvorov alebo aj iných prvkov pravidelne rozložených na rozstupovej priamke sa kótuje:

a) Reťazovým spôsobom, čiže rozstupmi susedných otvorov nasledujúcich bezprostredne za sebou (obr. 6.14a).

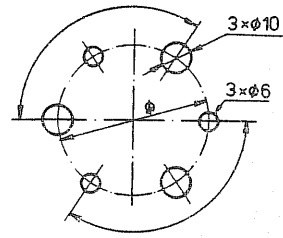
b) Súradnicovým spôsobom, teda kótovaním stredov od zvolenej základne (obr. 6.14f).

Väčší počet rovnakých prvkov rozložených rovnomerne, teda s rovnakým rozstupom na rozstupovej priamke alebo oblúku sa kótuje súčinom (prvé číslo udáva počet a druhé veľkosť rozstupu) vtedy, keď nemôže súčet medzných odchýlok rozstupov ovplyvniť funkciu a vymeniteľnosť súčiastky.

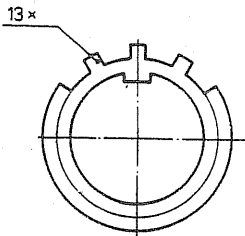
Kótovanie polohy osí otvorov od základných plôch, hrán alebo od iných osí sa



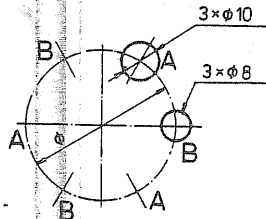
a



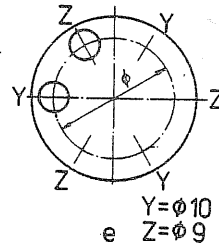
b



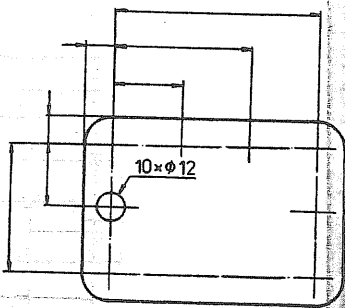
c



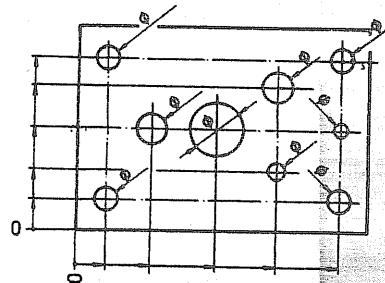
d



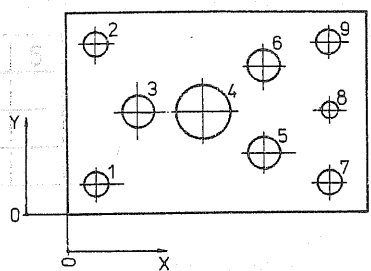
e
Y=φ10
Z=φ9



f

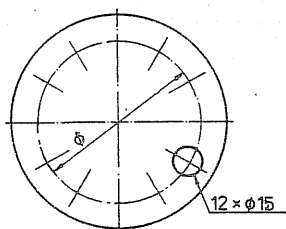


g

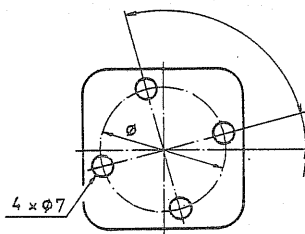


	1	2	3	4	5
X					
Y					
ϕ					

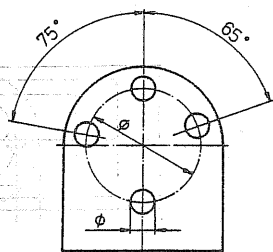
h



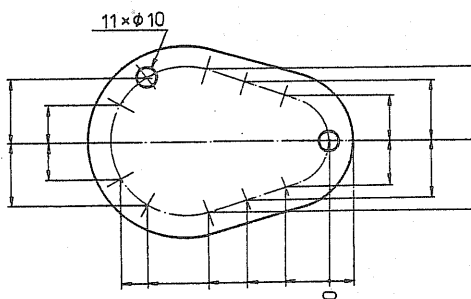
i



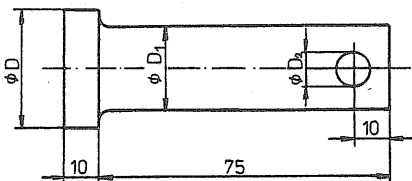
j



k



l



m

OZNAČ. SÚČIASTKY	ROZMER	
	D	D ₁ D ₂
4		
5		
6		

Obr. 6.14. Kótovanie skupiny otvorov alebo opakujúcich sa prvkov

zaužívalo preto, že sú tieto kóty potrebné z výrobných dôvodov (umožňujú správne nastaviť výrobný nástroj), hoci sa vlastne vzdialenosti osí otvorov po vyvrtaní nedajú odmerať.

7 ZABEZPEČENIE FUNKCIE A VYMENITEĽNOSTI STROJOVÝCH SÚČIASTOK

7.1 TOLERANCIE A LÍCOVANIE

7.1.1 Tolerančná sústava ISO

Súčasná hospodárna výroba strojov a zariadení vyžaduje dostatočnú presnosť súčiastok a možnosť ich spojovania bez dodatočného prispôsobovania do požadovaných uložení, ktoré vyhovujú príslušným prevádzkovým pomerom. Požiadavka spoľahlivej vymeniteľnosti sa týka všetkých odborov strojnictva a tkvie v značnej miere v používaní presných výrobných, meracích a kontrolných prostriedkov.

Na splnenie predpisanej funkcie súčiastka sa musí vyrobiť s určitou presnosťou a jej rozmer musí byť v rozsahu prípustných rozmerov, teda medzi najväčšou a najmenšou dovolenou hodnotou, ktorej rozdiel sa volá tolerancia. Predpisovaním presných rozmerov na desatiny, stotiny až tisíciny milimetra, čiže ich tolerovaním, odstraňuje sa závislosť presnosti rozmerov od pracovníka, umožňuje a uľahčuje sa správna montáž, vylučuje dodatočné prispôsobovanie a zabezpečuje vymeniteľnosť.

Problémy predpisovania prípustných — medzných rozmerov a vytvorenia správneho vzájomného geometrického vzťahu medzi dvoma súčiastkami, čiže druhu uloženia, rieši lícovanie. Dotýka sa to nielen presnosti samotných rozmerov dosiahnutých určitým opracovaním, ale najmä vzájomných vzťahov a rozmerov jednotlivých spojovaných konštrukčných prvkov. Kým pri voľne a bez špeciálneho zamerania opracovaných povrchoch nezáleží na ich presných rozmeroch, pri opracovaných povrchoch, ktoré prichádzajú do styku s opracovávanými plochami iných súčiastok, bývajú ich presné rozmery veľmi dôležité na dosiahnutie požadovaného uloženia, spojenia a pracovnej funkcie.

Tolerancia diery T , resp. hriadeľa t stanovuje možnosť kolísania určitého rozmeru a svojim tolerančným poľom vymedzuje presnosť výroby. Zároveň vyjadruje dovolenú nepresnosť alebo kolísanie rozmerov výrobkov a určujú ju medzné rozmery diery D_{\max} , D_{\min} , resp. hriadeľa d_{\max} , d_{\min} , v ktorých sa musí skutočný rozmer opracovanej súčiastky pohybovať: $T = D_{\max} - D_{\min}$, $t = d_{\max} - d_{\min}$. Všeobecné zásady, rady tolerancií a základných odchýlok jednotnej sústavy tolerancií a uložení spracovávajú ČSN 01 4201 (ST SEV 145-75), ČSN 01 4202 (ST SEV 144-75) a ČSN 01 4203 (ST SEV 177-75). Základné údaje a názvy

tolerovaných rozmerov pre diery sú na obr. 7.1a, pre hriadeľ na obr. 7.1b (tolerančné polia sa pre názornosť zväčšili).

Tolerancia sa ohraničuje dvoma dovolenými — medznými odchýlkami rozmeru, ktoré určujú, o koľko sa bude skutočný rozmer odchyľovať od menovitého rozmeru. Určuje ju aj rozdiel medzi dvoma dovolenými rozmermi. Každý z obidvoch medzných rozmerov pritom vymedzuje odchýlka od menovitého rozmeru. Tolerančné pole je plocha ohraničená hornou a dolnou odchýlkou. Tolerancia je absolútna hodnota bez znamienka. Odchýlku určuje algebrický rozdiel medzi skutočným alebo medzným a menovitým rozmerom. Kontrola medzných rozmerov sa uskutočňuje medznými kalibrmi, ktoré obsahujú ČSN 25 3100 až 25 4365. Horný medzný rozmer diery a dolný medzný rozmer hriadeľa znamenajú nepodarkové strany kalibra.

Ak určitý rozmer (číselná hodnota dĺžkovej veličiny, napr. priemeru, šírky a pod.) dosiahne maximálnu dovolenú hodnotu, potom sa nazýva *horným medzným rozmerom* D_{\max} , resp. d_{\max} a od menovitého rozmeru J (m. r.) je väčší o hornú odchýlku (h. o.). Horná odchýlka diery ES, resp. hriadeľa es je daná algebrickým rozdielom medzi horným medzným a menovitým rozmerom: $ES = D_{\max} - J$, $es = d_{\max} - J$.

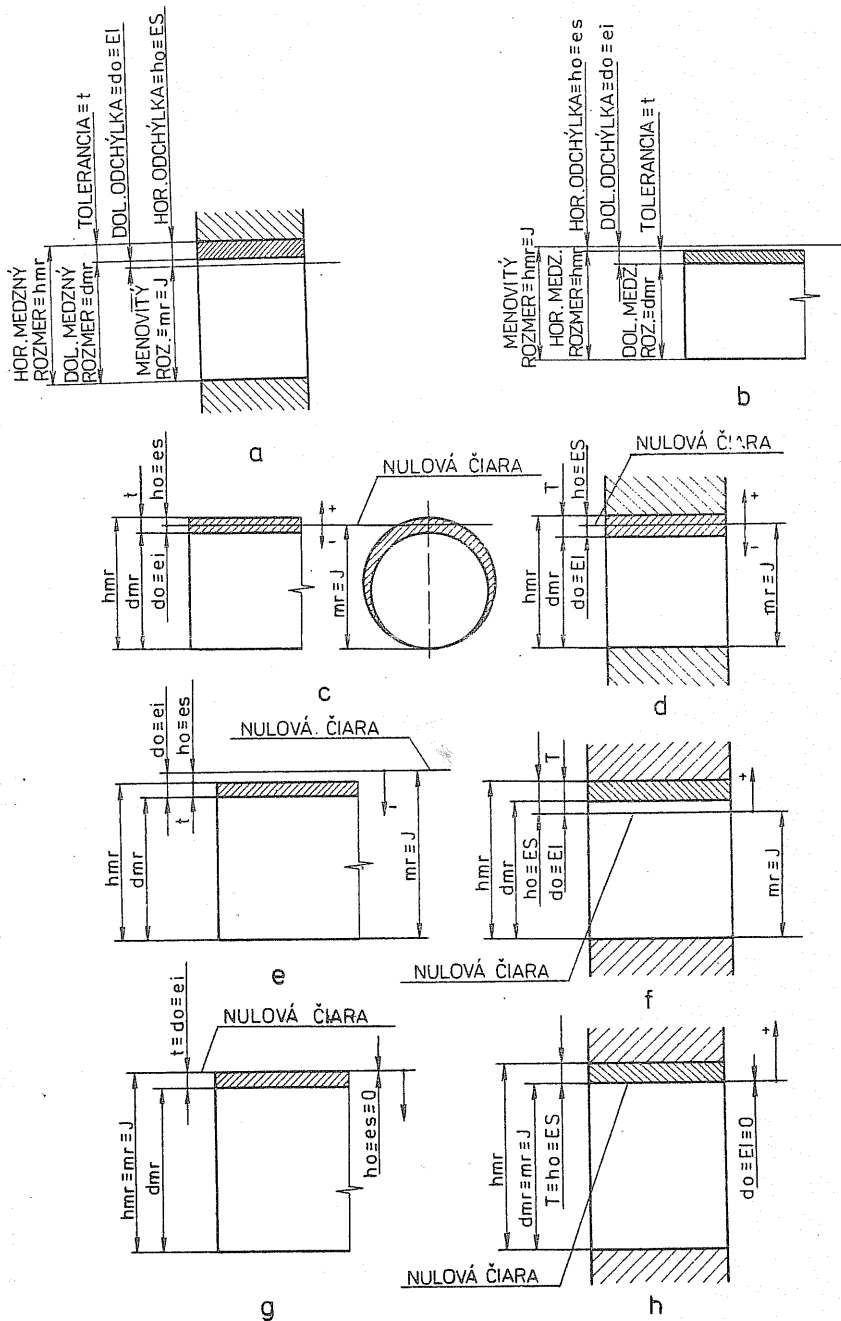
Keď sa určitý rozmer vyrobí na minimálnu dovolenú hodnotu, potom to bude dolný medzný rozmer D_{\min} , d_{\min} a od menovitého rozmeru J bude menší o dolnú odchýlku (d. o.). Dolnú odchýlku diery EI, resp. hriadeľa ei určuje algebrický rozdiel medzi dolným a menovitým rozmerom $EI = D_{\min} - J$, $ei = d_{\min} - J$.

Menovitý rozmer J je základný rozmer predpísaný na výkrese, ku ktorému sa vzťahujú obidva medzné rozmery a odchýlky.

Čiara, ktorá sa dotýka menovitého rozmeru, volá sa *nulová čiara*. Je teda čiarou nulovej odchýlky a zodpovedá menovitému rozmeru. Tolerančné pole určuje tolerancia a poloha k nulovej čiare — základná odchýlka. Za základnú odchýlku sa zvolí tá (horná alebo dolná), ktorá je bližšie k nulovej čiare (tolerančné pole rozložené súmerne k nulovej čiare nemá základnú odchýlku). Odchýlky, ktoré sa nachádzajú nad nulovou čiarou, sú kladné, ktoré pod ňou (kreslenou vodorovne), sú záporné.

Skutočný rozmer je ten, ktorý sa pri výrobe dosiahne a nameria s dovolenou nepresnosťou. Jeho hodnota sa musí nachádzať medzi horným a dolným medzným rozmerom, čiže v tolerančnom poli, pretože inak by nebol výrobok prevádzkyschopný a stal sa nepodarkom. Skutočná odchýlka je rozdiel medzi skutočným a menovitým rozmerom a leží medzi hornou a dolnou odchýlkou. Medzná odchýlka je algebrický rozdiel medzi medzným a menovitým rozmerom. Rozsah prípustnej nepresnosti je príslušná tolerancia výrobku: $T = ES - EI$, $t = es - ei$.

Ak sa menovitý rozmer hriadeľa alebo diery nachádza medzi medznými rozmermi, potom medzné odchýlky sú striedavé; horná je kladná, dolná záporná (obr. 7.1c, d). Pojmy hriadeľ, resp. diera sa netýkajú iba valcových súčiastok



Obr. 7.1. Najdolezitejsie udaje tolerovanych rozmerov

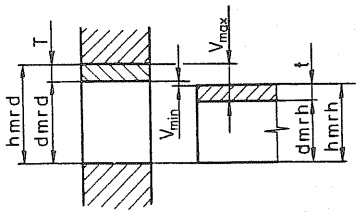
kruhového prierezu, ale aj hladkých plôch iného tvaru, napr. vymedzenia vzdialenosti dvoch rovnobežných plôch. Pojem hriadeľ je na označenie vonkajších, diera na označenie vnútorných prvkov súčiastok. Obe odchýlky môžu byť záporné, keď menovitý rozmer bude väčší ako horný medzný rozmer, čo vidieť napr. pri hriadeľi na obr. 7.1e. Keď menovitý rozmer bude menší ako dolný medzný rozmer, budú obe odchýlky kladné, čo je napr. pri diere na obr. 7.1f. Horná odchýlka môže byť nulová, ak menovitý rozmer bude rovnaký ako horný medzný rozmer, čo vidieť napr. pri hriadeľi na obr. 7.1g. Dolná odchýlka bude nulová, keď menovitý rozmer bude rovnaký ako dolný medzný rozmer, čo je napr. pri diere na obr. 7.1h.

Pri vzájomnom vzťahu medzi dvoma súčiastkami stroja je potrebná v miestach styku buď vôľa, buď presah, takže hovorí sa o určitom uložení. Uloženie vyjadruje vzťah spojovaných súčiastok, ktorý je určený veľkosťou vznikajúcich vôľí alebo presahov pred ich spojením. Menovitý rozmer uloženia je spoločný menovitý rozmer hriadeľa a diery v uložení. Tolerancia uloženia je daná súčtom tolerancií hriadeľa a diery, ktoré tvoria uvažované uloženie ($T + t$).

Keď je rozmer vnútornej súčiastky menší ako vonkajšej, je medzi nimi vôľa — medzera. Potrebná je na umožnenie pohybu, pričom jej veľkosť sa riadi účelom a spôsobom použitia súčiastky a môže kolísať len v určitých medziach. Dostaneme uloženie s vôľou — hybné uloženie (obr. 7.2a). Vôľa sa definuje ako rozdiel medzi skutočným rozmerom diery a skutočným rozmerom hriadeľa (pokiaľ je diera väčšia ako hriadeľ). Jej krajné hodnoty sú: maximálna vôľa (vzniká medzi najväčšou dierou a najmenším hriadeľom) a minimálna vôľa (daná rozdielom najmenej diery a najväčšieho hriadeľa). Najväčšia a najmenšia vôľa sú dve medzné hodnoty vôľe, medzi ktorými musí byť skutočná vôľa. Pri spojovaní súčiastok s vôľou nenastáva nijaká tvarová zmena.

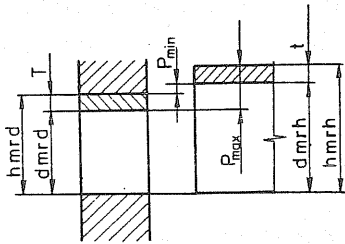
Ak majú určité súčiastky súvisieť tak, aby sa totiž v prevádzke navzájom neotáčali alebo vôbec nepohybovali, musí byť vnútorná súčiastka väčšia ako vonkajšia a má teda presah. Jej veľkosť sa riadi stupňom pevnosti spojenia týchto súčiastok. Tým vzniká uloženie s presahom — nehybné uloženie (obr. 7.2b). Presah sa definuje ako rozdiel medzi skutočným rozmerom hriadeľa a skutočným rozmerom diery (kým je diera menšia ako hriadeľ). Jeho krajné hodnoty sú: maximálny presah (vzniká medzi najväčším hriadeľom a najmenšou dierou) a minimálny presah (vytvára ho rozdiel medzi najmenším hriadeľom a najväčšou dierou). Najväčší a najmenší presah sú dve medzné hodnoty presahu, medzi ktorými musí byť presah pred spojením. Pri spojovaní súčiastok pretvorí vznikajúce napätie pružne alebo plasticky spojované súčiastky, takže sa povrch čiastočne vyhladí, resp. zdeformuje.

Ak sa tolerančné polia diery a hriadeľa navzájom prekrývajú, môže vzniknúť pri ich spojení vôľa alebo presah a hovorí sa o prechodnom uložení (obr. 7.2c). Krajné prípady sú: maximálna vôľa (vzniká medzi najväčšou dierou a najmenším



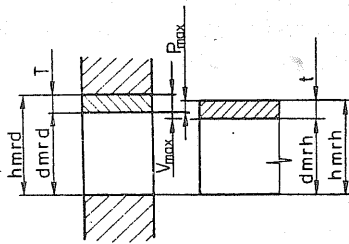
TOLERANČNÉ POLE DIERY
 TOLERANČNÉ POLE HRIADELA

a



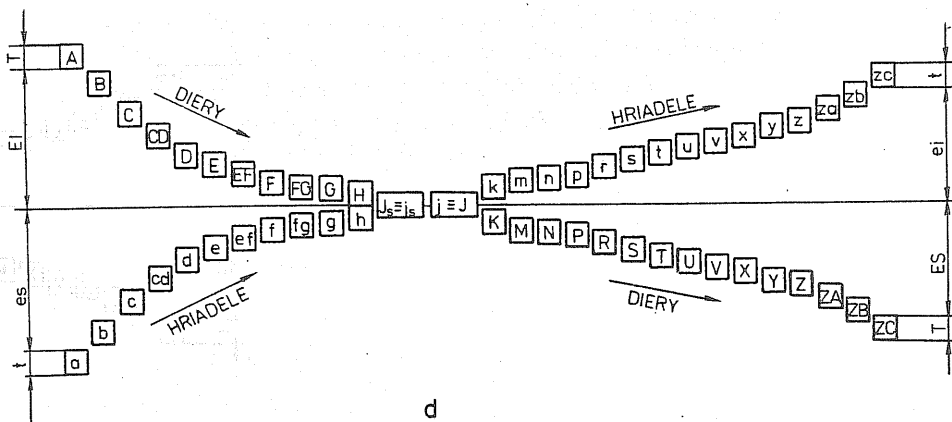
TOLERANČNÉ POLE HRIADELA
 TOLERANČNÉ POLE DIERY

b



TOLERANČNÉ POLIA
 HRIADELOV
 TOLERANČNÉ
 POLE DIERY

c



d

Obr. 7.2. Hlavné druhy uloženia

a — s vŕťou, b — s presahom, c — prechodné uloženie, d — rozloženie tolerančných polí oproti nulovej čiare

hriadeľom) a maximálny presah (nastane medzi najväčším hriadeľom a najmenšou dierou).

Pri uložení s vôľou sa ponecháva vždy určitá vôľa v spojení a v grafickom zobrazení je tolerančné pole diery nad tolerančným poľom hriadeľa. (Sem patrí aj uloženie, pri ktorom je dolný medzný rozmer diery totožný s horným medzným rozmerom hriadeľa.) Pri uložení s presahom sa objavuje vždy určitý presah v spojení a v grafickom zobrazení je tolerančné pole diery nad tolerančným poľom hriadeľa. (Sem patrí aj uloženie, pri ktorom je dolný medzný rozmer diery totožný s horným medzným rozmerom hriadeľa.) Pri uložení s presahom sa objavuje vždy určitý presah v spojení a v grafickom zobrazení je tolerančné pole diery pod tolerančným poľom hriadeľa. Pri prechodnom uložení môže sa vyskytnúť tak vôľa ako aj presah, a preto sa v grafickom zobrazení tolerančné polia diery a hriadeľa čiastočne alebo úplne prekrývajú. Polohy tolerančných polí hriadeľa a diery sa naznačili v obr. 7.2 napravo od príslušných uložení.

V snahe neobmedziť vymeniteľnosť súčiastok len na výrobky určitého závodu, upravovali sa v jednotlivých štátoch lícovacie systavy a vytvorili štátne normy, ktoré sa neskoršie zjednotili Medzinárodnou normalizačnou organizáciou ISO. Táto vypracovala vhodnú sústavu tolerancií a uložení. Jej medzinárodný význam je v tom, že sa slovné názvy stupňov presnosti tolerovania (hrubé, stredné, presné) ako aj druhy uložení (hybné, prechodné, nehybné) nahrádzajú lícovacími značkami, ktorými sa dá jednoznačne vyjadriť každý stupeň presnosti a každý druh uloženia strojových súčiastok.

Jednotná sústava tolerancií a uložení v ČSN 01 4201 uvádza 19 stupňov presnosti, ktoré sa rozlišujú podľa veľkosti základnej tolerancie, a ktoré sa označujú IT01, IT0, IT1 až IT17. Táto norma definuje stupeň presnosti ako súbor tolerancií, vyznačujúci rovnakú presnosť pre všetky rozsahy menovitých rozmerov. Veľkosť tolerancie stúpa s rastúcim rozmerom (pri väčšom rozmere je väčšia nepresnosť výroby a tolerancia), a to podľa kubickej paraboly. Súčasne sa zväčšujú aj nepresnosti merania, čoho príčinou sú zasa chyby účinkom teploty a pružnosti meradiel, ktoré rastú lineárne s rozmerom. Keďže rozmery môžu byť pri rôznych teplotách podľa použitého materiálu rozličné (rôzne kovy sa teplotou odlišne rozťahujú), zvolila sa základná teplota 20 °C. Pri nej sa určujú rozmery súčiastok a na ňu sa vzťahujú aj tolerancie a odchýlky.

Na výpočet tolerancií sa stanovila za základ tolerančná jednotka ako funkcia menovitého rozmeru (aj s príslušnou lineárnou opravou) do 500 mm v 5. až 17. stupni presnosti takto:

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001 D \quad (\mu\text{m})$$

kde $D = \sqrt{D_1 \cdot D_2}$ je geometrický stred krajných hodnôt príslušného rozsahu rozmerov D_1, D_2 v mm.

Pre rozmery od 500 mm do 10 000 mm sa vypočíta zo vzťahu

$$i = 0,004 D + 2,1 \quad (\mu\text{m})$$

Vynásobením hodnoty i predpísaným počtom tolerančných jednotiek pre príslušný stupeň presnosti sa vypočíta veľkosť tolerancie.

Predpísaná hodnota tolerancie pre rozmery do 500 mm a pre stupne presnosti IT01 až IT17 sa zistí z tab. 7.1. Číselnú veľkosť tolerancií v mikrometroch, pre jednotlivé rozsahy rozmerov do 500 mm, udáva tab. 7.2.

Tabuľka 7.1

Hodnota tolerancie pre stupne presnosti IT01 až IT17

Označenie	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5
Hodnota tolerancie	$0,3 + 0,008D$	$0,5 + 0,012D$	$0,8 + 0,02D$	Stupňované v geometrickom rade s krajnými členmi IT1 a IT5			$7i$

Označenie	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17
Hodnota tolerancie	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i

Konkrétny výpočet jednotlivých tolerancií sa v praxi obyčajne nerobí, ale potrebné hodnoty sa pre určité rozmery a požadované stupne presnosti odčítajú priamo z lícovacích tabuliek.

Podľa použitia a akosti možno existujúce stupne presnosti rozdeliť takto:

1. Stupne presnosti IT01, IT0 až IT4 tvoria presné tolerovanie. Uplatňujú sa najmä pri výrobe kalibrov, koncových mierok a iných meradiel, ako aj pri výrobkoch veľkej presnosti (napr. v jemnej mechanike).

2. Stupne presnosti IT5 až IT11 tvoria stredné tolerovanie. Používajú sa pri obvyklom spôsobe opracovania (sústruženie, brúsenie, frézovanie, hobľovanie atď.). Stupne IT5 až IT7 slúžia pre dielenské kalibre hrubšej výroby a pre presné výrobky. Stupne IT8 až IT11 používajú sa pre menej presné opracovania vo všeobecnom strojníctve.

3. Stupne presnosti IT12 až IT17 tvoria hrubé tolerovanie. Sú pre hrubé výrobné metódy (kovanie, valcovanie, lisovanie, preťahovanie a pod.) a pre výrobu polovýrobovkov (napr. pre hutnícke zariadenia atď.).

Sústava ISO stanovuje 28 tolerančných polí hriadeľov a dier pre každý stupeň presnosti, pričom polohy polí, čiže ich vzdialenosti od nulovej čiary sa označujú písmenami malej abecedy pre hriadele od a až do zc, resp. písmenami veľkej abecedy pre diery od A až do ZC. Za písmenom sa v tolerančnej značke pripisuje ešte číslica určujúca stupeň presnosti. (Aby nevznikli nedorozumenia, vynechali sa

Tabuľka 7.2

Číselná veľkosť tolerancie pre rozmery do 500 mm

Rozsah rozmerov (mm)		Tolerancie pre stupne presnosti IT (μm)																			
nad	do	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
—	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	18	28	43	65	100	150	220	350	540	870	1400	2200	3500
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	18	28	43	65	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4000
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	4000
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	4000
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	6300
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	4600	6300
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5200	7000
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	7000

Stupne presnosti IT14 až IT17 sa nepoužívajú pre menšie rozmery ako 1 mm

písmená: i, I, l, L, o, O, q, Q, w, W. Prehľadné rozloženie tolerančných polí vzhľadom na nulovú čiaru pre hriadele ako aj diery je na obr. 7.2d. Polohu týchto polí jednoznačne určuje základná odchýlka (bližšia k nulovej čiare, čiže k tej, ktorej absolútna hodnota medznej odchýlky je menšia).

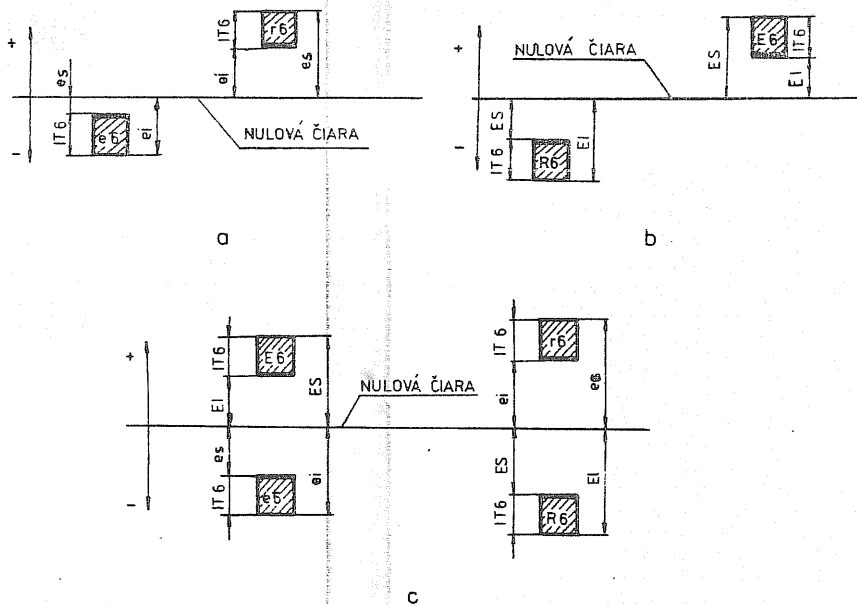
Veľkosti hodnôt základných odchýlok hriadeľov es, resp. ei (μm) pre príslušné rozmery D (mm) sa stanovujú podľa tab. 7.3. Základné odchýlky pre hriadele, od a až do h zodpovedajú horným odchýlkam es, pre hriadele od k až do zc dolným

Tabuľka 7.3

Základné odchýlky hriadeľov a diery

Horná odchýlka es (μm)		EI (μm)	Dolná odchýlka ei (μm)		ES (μm)
a	$-(265 + 1,3D)$ pre $D \leq 120$ $-3,5D$ pre $D > 120$	A = -a	od j5 do j8	nestanovený vzťah	J = -j + Δ
			od k4 do k7 do k3 a nad k7	$+0,6\sqrt[3]{D}$ 0	do IT8 K = -k + Δ M = -m + Δ N = -n + Δ
b	približne $-(140 + 0,85D)$ pre $D \leq 160$ približne $-1,8D$ pre $D > 160$	B = -b	m	$+(IT7 - IT6)$	
			n	$+5D^{0,34}$	
c	$-52D^{0,2}$ pre $D \leq 40$ $-(95 + 0,8D)$ pre $D > 40$	C = -c	p	$+IT7 + (0 \text{ až } 5)$	P = -p + Δ
cd	rovná strednej geometrickej hodnote es pre c, d $D < 10$	CD = -cd	r	rovná strednej geometrickej hodnote ei pre p, s	R = -r + Δ
d	$-16D^{0,44}$	D = -d	s	$+IT8 + (1 \text{ až } 4)$ pre $D \leq 50$ $+IT7 + 0,4D$ pre $D > 50$	S = -s + Δ
e	$-11D^{0,41}$	E = -e	t	$+IT7 + 0,63D$	T = -t + Δ
ef	rovná strednej geometrickej hodnote es pre e, f	EF = -ef	u	$+IT7 + D$	U = -u + Δ
			v	$+IT7 + 1,25D$	V = -v + Δ
f	$-5,5D^{0,41}$	F = -f	x	$+IT7 + 1,6D$	X = -x + Δ
fg	rovná strednej geometrickej hodnote es pre f, g $D < 10$	FG = -fg	y	$+IT7 + 2D$	Y = -y + Δ
			z	$+IT7 + 2,5D$	Z = -z + Δ
g	$-2,5D^{0,34}$	G = -g	za	$+IT8 + 3,15D$	ZA = -za + Δ
			zb	$+IT9 + 4D$	ZB = -zb + Δ
h	0	0	zc	$+IT10 + 5D$	ZC = -zc + Δ
D je uvažovaný rozmer v mm; hriadeľ j _s má obidve medzné odchýlky rovné $\pm 0,5IT$; $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$; n značí stupeň presnosti základnej tolerancie diery					

obr. 7.3. Druhá odchýlka e_i , čo vidno na obr. 7.2d, ale aj v tab. 7.3. Druhá odchýlka sa zistí pomocou číselnej hodnoty základnej tolerancie IT . Ak je základnou odchýlkou horná odchýlka e_s , vypočíta sa dolná odchýlka e_i odčítaním základnej tolerancie $e_i = e_s - IT$. Keď je ale základnou odchýlkou dolná odchýlka e_i , vypočíta sa horná odchýlka e_s pripočítaním základnej tolerancie $e_s = e_i + IT$ (obr. 7.3a). Základné odchýlky pre diery od A až do H zodpovedajú dolným odchýlkam EI , pre diery od K až do ZC horným odchýlkam ES , čo vidno na obr. 7.3. Druhá odchýlka sa zistí pomocou tolerancie $EI = ES - IT$, $ES = EI + IT$ (obr. 7.3b).



Obr. 7.3. Základné odchýlky pre hriadele a diery

Základné odchýlky dier sú proti nulovej čiare, čiže menovitému rozmeru presne súmerné so základnými odchýlkami hriadeľov rovnakej značky, rozsahu rozmerov a stupňa presnosti, ale majú opačné znamienko $EI = -es$ (vzťahuje sa na diery A až H), $ES = -ei$ (vzťahuje sa na diery J až ZC, obr. 7.3c). Uvedené pravidlo platí pre diery N v IT_9 až IT_{16} s rozmermi nad 3 mm, kde je základná odchýlka nulová. Druhá výnimka sa dotýka rozmerov nad 3 mm pre diery J, K, M a N do IT_8 vrátane, kde vrátane a pre diery od P do ZC do IT_7 vrátane, kde platí $ES = -ei + \Delta$. Pripočítava sa tu ešte $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$, čiže rozdiel medzi toleranciou uvažovaného stupňa IT_n a toleranciou najbližšieho stupňa IT_{n-1} .

V konštrukčnej praxi sa dovolené odchýlky obyčajne nevypočítavajú pre

príslušné tolerančné značky hriadeľa alebo diery, ale sa berú z noriem, resp. z tabuliek vhodných príručiek.

7.1.2 Sústava jednotnej diery a sústava jednotného hriadeľa

Veľkosť kolísania rozmeru hriadeľa a diery môže byť len v určitých medziach podľa žiadaného uloženia. Pod uložением treba pritom rozumieť vzájomný vzťah vyplývajúci z rozdielu rozmerov dvoch častí určených na vzájomné spojenie, a to pred týmto spojením. Presnosť výroby, predpisovaná možnými 19 stupňami IT, má sa žiadať len taká, aby výrobok vyhovoval svojmu účelu, pretože každá väčšia presnosť vyžaduje zvýšenú námahu, dlhší výrobný čas, starostlivejšiu kontrolu, má za následok zväčšený počet nepodarkov, vyžaduje presnejšie výrobné a meracie stroje a prístroje, znamená teda zdraženie výrobku.

Združením tolerančnej značky pre dieru a hriadeľ sa predpisuje uloženie, pričom teoreticky je 28 možností určovaných tolerančnou sústavou ISO. Uloženie je dané určitou vôľou alebo presahom, ktoré sa môžu dosiahnuť týmito spôsobmi:

a) Na zabezpečenie potrebného uloženia sa prispôsobí hriadeľ, diera má menovitý rozmer a jej dolná odchýlka bude nulová — bude to sústava *jednotnej diery*.

b) Pri prispôbení diery má hriadeľ menovitý rozmer a jeho horná odchýlka bude nulová — bude to sústava *jednotného hriadeľa*.

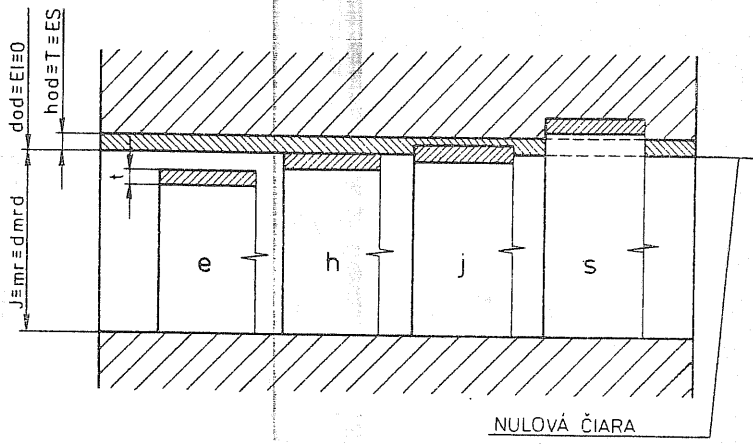
c) Pri čiastočnom prispôbení diery a hriadeľa vzniká symetrická sústava. Táto sa však v praxi používa najmenej najmä preto, že pri nej treba najviac výstružníkov a kalibrov.

d) Pri voľbe niektorých uložení zo sústavy jednotnej diery a iných zo sústavy jednotného hriadeľa, resp. pri združovaní rôznych tolerovaných dier a hriadeľov tak, aby sa pri požadovanom uložení čo najviac zmenšil počet kalibrov, vzniká *zmiešaná sústava*.

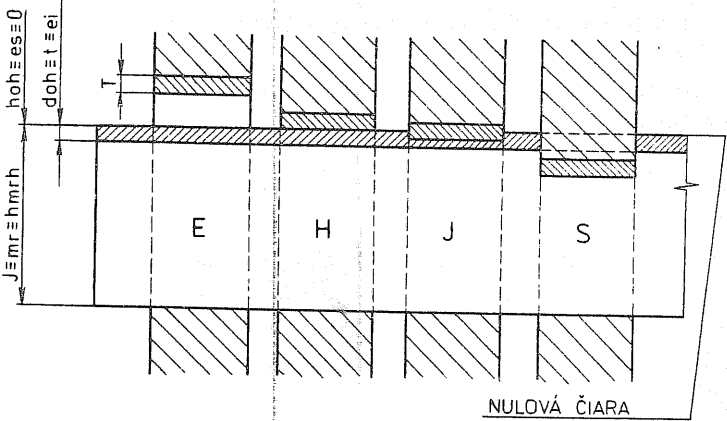
Z hľadiska zvýšenia hospodárnosti výroby sa z možných kombinácií uložení uprednostňuje združovanie dier a hriadeľov podľa prvých dvoch sústav.

V sústave jednotnej diery označovanej H bude rovnaká diera pri všetkých uloženiach toho istého stupňa presnosti, ale rozmer hriadeľa bude sa podľa potreby meniť. Menovitý rozmer je totožný s dolným medzným rozmerom diery, dolná — základná odchýlka je nulová a horná odchýlka diery sa rovná tolerancii diery. Národné príklady pre uloženie s vôľou — hybné uloženie e, šmykové h, prechodné — posunovateľné j a uloženie s presahom — nehybné — lisované s v sústave jednotnej diery vidno na obr. 7.4a.

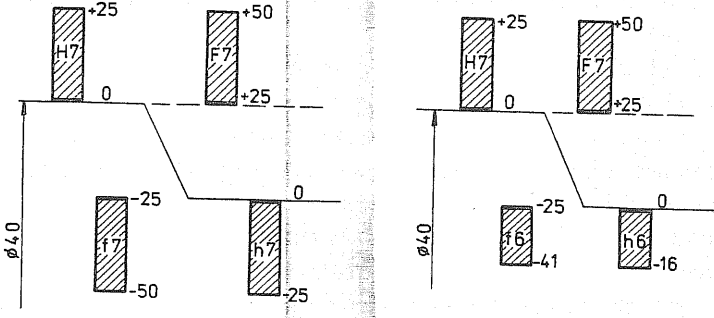
V sústave jednotného hriadeľa označovaného h bude rovnaký hriadeľ pri všetkých uloženiach toho istého stupňa presnosti, ale rozmer diery bude sa meniť. Menovitý rozmer je totožný s horným rozmerom hriadeľa, horná — základná



a



b



c

Obr. 7.4. Najdôležitejšie systavy uloženia

a — sústava jednotnej diery, b — sústava jednotného hriadeľa, c — rovnocennosť oboch sústav

odchýlka je nulová a dolná odchýlka hriadeľa sa rovná tolerancii hriadeľa. Vybrané príklady sú na obr. 7.4b.

Nulová čiara je pri všetkých uloženiach v sústave jednotnej diery dolným medzným rozmerom všetkých dier a v sústave jednotného hriadeľa horným medzným rozmerom všetkých hriadeľov.

Pre základné druhy uložení, vyznačené na obr. 7.4a, b, bude účelné doplniť ešte ich stručné charakteristiky.

1. Uloženie s vôľou — hybné uloženie dovoľuje dobrý relatívny pohyb súčiastok, pretože sa necháva určitá vôľa, čiže vkladaná súčiastka je o niečo menšia ako druhá — vonkajšia súčiastka. K nej patrí uloženie voľné — točné označované písmenami A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G pre diery (pre hriadele tie isté ale malé písmená) a šmykové H (pre hriadeľ h).

2. Prechodné uloženie môže vytvoriť medzi spojovanými súčiastkami vôľu alebo presah podľa toho, či je skutočný rozmer hriadeľa alebo diery bližšie k hornému alebo dolnému medznému rozmeru, čiže jedna súčiastka môže byť o niečo väčšia alebo menšia ako druhá súčiastka. Sem patrí uloženie súmerné označované J_s , posunovateľné J (pre častejšie rozoberanie), zhodné K (pre spojenie nevyžadujúce pri rozoberaní vynaloženie väčšej sily; toto spojenie treba však zabezpečiť proti pootočeniu alebo posunutiu), narážané M (spojenie možno rozobrať len väčšou silou; aj toto treba zabezpečiť proti pootočeniu alebo posunutiu), pevné N (pre istotu sa však takisto zabezpečí). Pre hriadele budú tie isté ale malé písmená.

3. Uloženie s presahom — nehybné uloženie zaručuje spoľahlivé spojenie existujúcim presahom, čiže vkladaná súčiastka je o niečo väčšia ako druhá vonkajšia súčiastka. Spoj sa dosahuje nalisovaním a označuje sa písmenami P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC pre diery (pre hriadele tie isté ale malé písmená).

Predpisovanie vhodného uloženia sa musí robiť veľmi obozretne a po uvážení konštruktéra, a to najmä pri nehybnom uložení. Treba pamätať na možnú deformáciu lisovaných súčiastok a zistiť, či sa nezväčší dovolené namáhanie. Ďalej treba rešpektovať druh, hrúbku a pevnosť materiálu súčiastok, pretože tieto budú mať rôznu deformáciu, ale nesmie sa pritom zabúdať ani na drsnosť povrchu súčiastok a na príslušnú prevádzkovú teplotu.

Pokým ide o funkčné vlastnosti a vymeniteľnosť, sústava jednotnej diery je rovnocenná so sústavou jednotného hriadeľa. Prevod jednej sústavy do druhej sa dosiahne vzájomným zamenením značiek dier a hriadeľov, čiže aj súčasným presunutím nulovej čiary. Ak uvažujeme konkrétne prípady uloženia, môžeme tvrdiť, že napr. uloženie v sústave jednotnej diery $\phi 40 \frac{H7}{f7}$ je rovnocenné s uloženíom v sústave jednotného hriadeľa $\phi 40 \frac{F7}{h7}$. Napr. aj uloženie $\phi 40 \frac{H7}{f6}$ je

rovnocenné s $\varnothing 40 \frac{F7}{h6}$. Zhodnosť uvedených príkladov uloženia potvrdzuje obr. 7.4c.

Označovanie hriadeľov a diery pre jednotlivé druhy uložení zhŕňa tab. 7.4, pričom za písmenom sa udáva stupeň presnosti a v čitateli značka pre diery, v menovateli značka pre hriadeľ.

Tabuľka 7.4

Označovanie hriadeľov a diery pri rôznych uloženiach

Uloženie	Sústava jednotnej diery			Sústava jednotného hriadeľa		
	diera	hriadeľ	príklad	diera	hriadeľ	príklad
S vôľou — hybné: točné	H	a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g	$\frac{H7}{e7}$	A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G	h	$\frac{E8}{h7}$
šmykové		h		H		
Prechodné: súmerné posunovateľné zhodné narážané pevné	H	j, j k m n	$\frac{H6}{k5}$	J, J K M N	h	$\frac{K7}{h6}$
S presahom — nehybné: lisované	H	p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc	$\frac{H7}{r6}$	P, R, S, T, U V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC	h	$\frac{S7}{h6}$

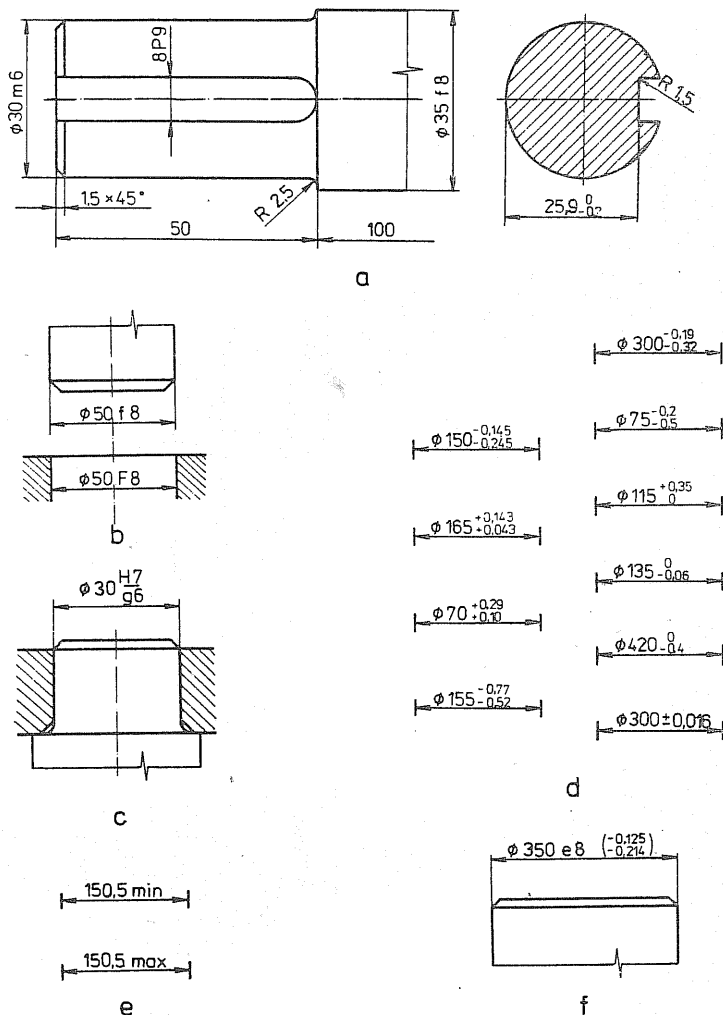
Pre kontrolu príslušného uloženia musia sa merať obe spojované súčiastky buď posuvnými alebo pevnými meradlami — kalibrmi. Pre každé uloženie sa vyžadujú dva kalibre, jeden pre diery a druhý pre hriadeľ. Pri použití medzných kalibrov ide o medzný rozmer kontrolovaný dobrou časťou kalibra. Dobrá strana je označenie toho z oboch medzných rozmerov, ktorému zodpovedá najväčší objem materiálu (horného medzného rozmeru hriadeľa alebo dolného medzného rozmeru diery). Nepodarková strana je označenie toho z obidvoch medzných rozmerov, ktorému zodpovedá najmenší objem materiálu (dolného medzného rozmeru hriadeľa alebo horného medzného rozmeru diery). Pri kontrole rozmerov súčiastok medznými kalibrmi ide o medzný rozmer kontrolovaný nepodarkovou časťou kalibra.

Ak pre ten istý menovitý rozmer potrebujeme viac uložení, čiže aj rôznu veľkosť vôle alebo presahu, musí byť v sústave jednotnej diery toľko kalibrov pre hriadeľ, koľko treba rôznych uložení, ale pre diery stačí len jeden kaliber. Podobne podľa počtu uložení treba v sústave jednotného hriadeľa viac kalibrov pre diery, ale len jeden pre hriadeľ. Toto platí pre ten istý stupeň presnosti tolerovania.

V rôznych odvetviach výroby vyžaduje sa však rôzna presnosť tolerovania, takže pre ten istý priemer budú potrebné aj rôzne veľké tolerancie, a tým sa zmenia aj medzné rozmery súčiastok. Potom bude treba zabezpečiť toľkokrát viac kalibrov, koľko bude stupňov presností, čo zrejme zvýši celkové výrobné náklady.

7.1.3 Zapisovanie tolerovaných rozmerov na výkresoch

Tolerované rozmery vyznačujú sa na strojníckych výkresoch podľa ČSN 01 3136 (ST SEV 2180-80) pripísaním tolerančných značiek alebo medzných

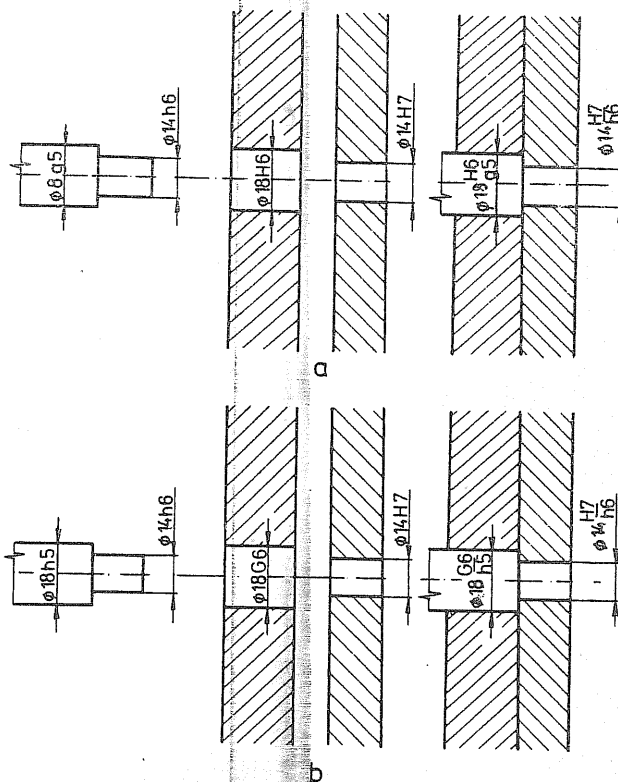


Obr. 7.5. Zásady pri predpisovaní tolerovaných rozmerov

odchýlok za menovité rozmery. Pretože ide o veľmi dôležité konštrukčné údaje, musia sa zapisovať presne, ale aj jednoznačne a zrozumiteľne. Preto sa nesmú písať cez os, obrysovú, kótovaciu alebo inú čiaru. Ak sa tolerované rozmery nemôžu zapísať vedľa osi, musí sa taká os v určenom mieste prerušiť. Keď nie je dostatok miesta, píše sa rozmery a tolerančné značky alebo im zodpovedajúce hodnoty vedľa, na voľnom mieste a nad predĺženú kótovaciu čiaru (obr. 7.5a).

Medzné odchýlky dĺžkových rozmerov, zapísané tolerančnými značkami, sa skladajú z písmena (určujúceho polohu tolerančného poľa k nulovej čiare) a z číslice (vyjadrujúcej základnú toleranciu), napr. pri hriadieli priemeru 50 mm je to $\phi 50 f8$, pri diere $\phi 50 F8$. Tolerančná značka sa píše nad kótovaciu čiaru za menovitým rozmerom (obr. 7.5b). Ak sa menovité rozmery udávajú písmenami, musí sa zapisovať tolerančná značka za pomlčkou, napr. D—H7.

Keď súčasne treba označiť druh uloženia, ktorý je na výkresoch zostáv, píše sa značka za menovitým rozmerom formou zlomku s vodorovnou čiarou, napr. $\phi 30 \frac{H7}{g6}$ (obr. 7.5c). Čitateľ sa vzťahuje na diery, menovateľ na hriadeľ, a všetko sa



Obr. 7.6. Zapisovanie tolerančných značiek v sústave jednotnej diery a jednotného hriadeľa

piše nad kótovaciu čiaru. Medzné odchýlky súčiastok zobrazených v zmontovanom stave môžu sa však predpísať aj s lomenou zlomkovou čiarou, čiže ako sa píše v texte, napr. $\text{O}30 \text{ H}7/\text{g}6$.

Kótovanie tolerančnými značkami sa používa tam, kde bude zaobstaranie a uskladňovanie kalibrov hospodárne, teda predovšetkým pri sériovej a hromadnej výrobe, zásadne však vtedy, keď sú k dispozícii medzné kalibre (pre priemery, šírky, hrúbky). Pritom sa používajú normou predpísané priemery a dĺžky podľa ČSN 01 0202 (ST SEV 514-77). Príklady zapisovania tolerančných značiek v sústave jednotnej diery sú na obr. 7.6a, v sústave jednotného hriadeľa na obr. 7.6b.

Pri tolerovaní číselnými hodnotami sa za menovité rozmery zapisujú príslušné medzné odchýlky. Tento spôsob sa používa zriedkavejšie a v odôvodnených prípadoch, najmä však vtedy, keď ide o dĺžkové rozmery a uhly, resp. aj keď ide o rozmery pri kusovej výrobe.

Medzné odchýlky sa uvádzajú v rovnakých jednotkách, ako je menovitý rozmer, čiže prepočítané na milimetre. Píšu sa aj so znamienkami plus, resp. mínus, pričom pre nesúmerne rozložené tolerančné pole sa horná odchýlka uvádza nad dolnou s rovnakým počtom číselných miest doplnených nulami. Platí to vždy, či už ide o vonkajší rozmer — hriadeľ, resp. o vnútorný rozmer — dieru, ale pri nulovej medznej odchýlke sa píše samotná nula bez vyrovnania číselných miest.

Číselné hodnoty odchýlok sa môžu písať súmerne k rozmeru, napr. $\text{O}150 \begin{matrix} -0,145 \\ -0,245 \end{matrix}$ alebo dolná odchýlka do úrovne menovitého rozmeru a horná nad ňu, napr. $\text{O}150 \begin{matrix} -0,145 \\ -0,245 \end{matrix}$.

Na obr. 7.5d sa uvádzajú konkrétne príklady tolerovania číselnými hodnotami. Počet miest za desatinnou čiarkou závisí od číselnej hodnoty odchýlok, pričom nuly sa za číslicami vynechávajú (len natoľko, aby bol rovnaký počet číselných miest pri oboch odchýlkach). Nulová odchýlka, či horná alebo dolná, sa označí nulou bez znamienka plus alebo mínus a druhá odchýlka sa zapíše do svojej príslušnej polohy aj so znamienkom, napr. $\text{O}115 \begin{matrix} +0,35 \\ 0 \end{matrix}$ alebo $\text{O}135 \begin{matrix} 0 \\ -0,06 \end{matrix}$. Pri súmernom rozložení tolerančného poľa sú obe medzné odchýlky číselne rovnaké, ale líšia sa znamienkom. Potom sa píše odchýlka s oboma znamienkami, napr. $\text{O}300 \pm 0,016$, a to vždy písmom veľkosti menovitého rozmeru.

Keď sa má rozmer obmedziť len v jednom smere, pripíše sa za rozmer vysvetľujúca poznámka, napr. 150,5 min, resp. 150,5 max v obr. 7.5e. Tým sa predpíše len jeden medzný rozmer, kým druhý je obmedzený v smere zmenšenia alebo zväčšenia inou podmienkou.

V špeciálnych prípadoch, napr. na výkresoch pre spolupracujúce závody, pre kusovú výrobu náhradných súčiastok, na výkresoch do zahraničia, pri abnormál-

mať výrobných rozmeroch a tam, kde nie je isté, či bude mať výrobca potrebné medzné hodnoty bodkalibre, udávajú sa tolerančné značky, ale aj číselné hodnoty odchýlok, a to v zvislých odstavcoch, napr. v obr. 7.5f. Číselné hodnoty medzných odchýlok možno uvádzať aj v tabuľke vedľa údajov dĺžkových rozmerov zapísaných tolerančnými značkami.

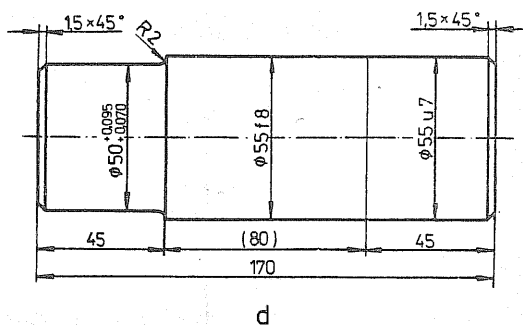
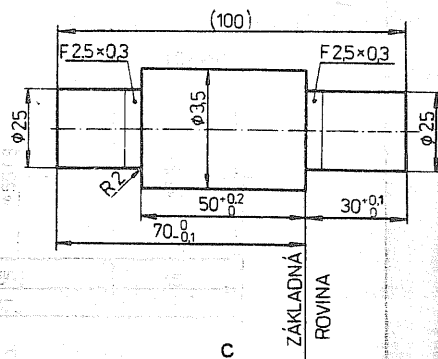
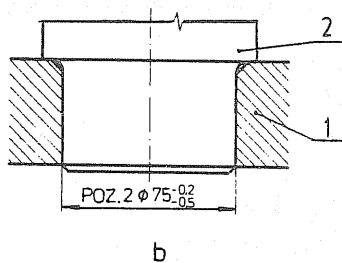
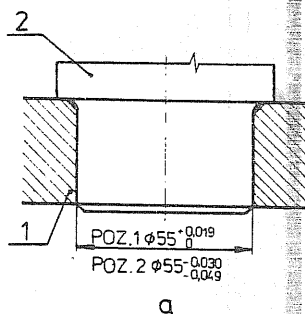
Medzné odchýlky rozmerov medzi opakujúcimi sa prvkami (otvormi, žliabkami, zubami a pod.) možno predpisovať v technických požiadavkách ako odkaz ku kóte. Napríklad k súčinu rozstupov 5 otvorov vo vzdialenosti 20 mm, čiže ku kóte $5 \times 20 = 100$ uvedie sa v technických požiadavkách vysvetlenie: x Medzné odchýlky rozstupov medzi osami ktorýchkoľvek dvoch otvorov $\pm 0,1$ mm.

Keď sa súčiastky kreslia už do seba zasunuté, kótuje sa na výkresoch zostáv každá súčiastka medznými odchýlkami, a to formou zlomku. Odchýlky vnútorného rozmeru — diery píšu sa nad vodorovnú zlomkovú čiaru, vonkajšieho rozmeru

+ 0,033

— hriadeľa pod ňu, napr. $\phi 25 \frac{0}{+0,081}$
+ 0,048

Pri predpísaní medzných odchýlok číselnými hodnotami, môžu sa kótovať tolerované rozmery zdvojeným zápisom: pre dieru nad kótovaciu čiaru, pre hriadeľ pod ňu. Pred menovitými rozmermi musí sa však objasniť (pozícia), ku ktorej časti



Obr. 7.7. Iné možnosti zapísovania tolerovaných rozmerov

zostavy sa vzťahujú zapísané odchýlky (obr. 7.7a). Keď sa predpisuje tolerovaný rozmer len jednej časti zostavy (hriadeľa alebo diery), musí sa to taktiež pri kótovaní objasniť (obr. 7.7b). Pri kótovaní tolerančnou značkou sa píše pre tento rozmer len údaj $\phi 75$ b12, pretože z neho vyplýva, že ide o tolerovanie hriadeľa.

Tolerovanie číselnými údajmi odchýlok sa robí najmä vtedy, keď ide o nezvyklé uloženie — abnormálne odchýlky (musia sa však odôvodniť) a ak sa predpisuje špeciálne uloženie, na ktoré nemá dielňa kalibre, resp. ich zaobstaranie pre kusovú výrobu bolo by nehospodárne. Okrem toho sa používa aj vtedy, keď majú byť odchýlky väčšie, ako by ich dielňa vyrobila, resp. tam, kde nemožno merať kalibrmi (tolerovanie polomerov, uhlov, rozstupov, oblúkov a pod.), resp. kde sa nepredpokladá použitie kalibrov, a kde sa rozmery kontrolujú nastaviteľnými meradlami.

Medzné odchýlky uhlových rozmerov sa predpisujú iba číselnými hodnotami s označením rozmerových jednotiek (stupňov, minút, sekúnd) podobným spôsobom ako medzné odchýlky dĺžkových rozmerov. Napríklad pri rôzne veľkých odchýlkach $45^{\circ} \begin{smallmatrix} +20' \\ 0 \end{smallmatrix}$, resp. pri rovnakých odchýlkach $70^{\circ} \pm 2^{\circ}$. Pritom sa stupne a minúty vyjadria celými číslami. Podrobné údaje o tolerovaní uhlových rozmerov sú v ČSN 01 0210 (ST SEV 513-77) a o tolerovaní kužeľov sú v ČSN 01 0204 (ST SEV 512-77).

V určitých prípadoch sa pri tolerovaní rozmerov vychádza od vhodnej základne, napr. od opracovanej plochy, od otvoru a pod. Býva to pri požiadavke dodržania niektorých rozmerov od základne, keď to vyžaduje funkcia súčiastky, výrobný alebo iný dôvod, obr. 7.7c (údaj ZÁKLADNÁ ROVINA sa na výrobných výkresoch nezapisuje). Keď sa použije reťazcový spôsob kótovania, treba nechať aspoň jeden rozmer nekótovaný alebo aspoň netolerovaný. Doplňujúci rozmer sa zapisuje do zátvorky (ide o informatívny a nie kontrolovaný údaj).

Tolerovanie rozmerov kombinovaným spôsobom sa uplatňuje najmä vtedy, keď dielne nemajú pre rôzne priemery a rôzne uloženia dostatok kalibrov. Potom sa niektoré rozmery tolerujú značkami, iné číselnými hodnotami.

Na obr. 7.7d je priestny čap tolerovaný kombinovaným spôsobom. Keďže pre lisovanú časť $\phi 50$ u7 nemala dielňa kaliber, vpísali sa medzné odchýlky $\phi 50 \begin{smallmatrix} +0,095 \\ +0,070 \end{smallmatrix}$. Na ďalšiu časť čapu mala dielňa kalibre, a preto sa uviedli tolerančné značky $\phi 55$ f8 a $\phi 55$ u7. Zmena medzných odchýlok pri tom istom priemere vyžaduje označiť hranicu medzi týmito úsekmi tenkou plnou čiarou a pre každý kótovaný úsek zapísať tolerančné značky (resp. v inom prípade medzné odchýlky) samostatne. Ak by však išlo o rezanú plochu, hraničiaca čiara medzi úsekmi sa cez šrafoy nekreslí (len mimo obrys sa vytiahne takáto pomocná čiara pre zakótovanie hranice medzi úsekmi).

Keď sa na tom istom výkrese vyskytuje viac rozmerov, pri ktorých má

dielňa nemôže konštruktér predpísať medzné odchýlky, lebo dielňa nemá pre tieto rozmery kalibre, zapíše sa radšej tolerančné značky. Na vysvetlenie značiek uvedie sa na výkrese tabuľka s príslušnými medznými odchýlkami, ako sa to už aj predtým spomenulo.

Osobitným spôsobom sa stanovujú tolerancie uhlov kužeľov a tvarových (prizmatických) prvkov súčiastok a dĺžkou kratšej strany uhla do 2500 mm, a to podľa smerníc ČSN 01 4270 (ST SEV 178-75).

7.1.4 Voľba tolerancií a uložení

Správna funkcia súčiastok, ich jednoduchá montáž ako aj vymeniteľnosť bezpodmienečne vyžaduje vyhotovovať niektoré rozmery s väčšou presnosťou, ktorá zodpovedá nevyhnutným požiadavkám prevádzky. Presnosť dosiahnutia predpísaných rozmerov bude závisieť nielen od vlastnej výroby, ale aj od príslušného merania a od používaných meracích pomôcok.

Pri rozmeroch jedného výrobku, podobne aj pri veľkostiach vôle alebo presahu, čiže pri uložení dvoch súčiastok, treba stanoviť určité medzné hodnoty (vôle alebo presahu). Tolerancia uloženia je daná súčtom tolerancií hriadeľa a diery. O výbere správneho uloženia treba sa dohodnúť s dielňou, resp. aj navrhované uloženie v prevádzke vyskúšať.

Tolerancia, ako dovolená nepresnosť kolísania rozmerov, musí sa výrobcovi dovoliť v plnom rozsahu. Dobrá a nepodarková strana kalibra sa vzťahuje len na medzné hodnoty dovolenej nepresnosti. Pritom treba pamätať nato, že sa výrobok obyčajne vyhotoví na rozmer blízky strednej hodnote tolerancie, a že v prevádzke nastáva určité opotrebovanie. Experimentálne sa overilo, že súčin veľkosti tolerancie a výrobných nákladov je konštantný, ale aj to, že zväčšením tolerancie sa výroba zlacňuje. Z toho vyplýva, že pri predpisovaní tolerancií musí konštrukčné oddelenie postupovať veľmi obozretne a rešpektovať odporúčané a osvedčené stupne presnosti a jednotlivé druhy uloženia.

Tolerančná sústava ISO v rámci 28 možných uložení a 19 stupňov presnosti dáva veľkú možnosť kombinácií. Pre každé uloženie, pre každý stupeň presnosti a aj pre každý rozmer by bolo potrebné používať vo výrobnom procese veľké množstvo nástrojov a na kontrolu vždy dva kalibre (jeden pre otvor, druhý pre hriadeľ); takéto investície by veľmi finančne zaťažovali podniky. Z tohto dôvodu prešli závody na výrobu len určitých rozmerov, v určitých stupňoch presnosti a v určitých druhoch uloženia.

Z konštrukčného, technologického a ekonomického hľadiska sa používa väčšinou sústava jednotnej diery. Uprednostňuje sa vo všeobecnom strojníctve, pretože vyžaduje menší počet výstružníkov, upínacích kontrolných krúžkov, preťahovacích trňov a meradiel potrebných na rôzne uloženia toho istého priemeru obrábacieho rovnaného stupňa presnosti. Napr. je to pri výrobe obrábacích strojov, automobi-

lov, piestových strojov, čerpadiel, kompresorov, elektrických strojov, turbín a pod. Vždy je ľahšie opracovávať a prispôbovať hriadeľ k diere ako naopak. Preto sa aj pri hriadeľoch zvoľí obyčajne väčšia presnosť ako pri dierach.

Sústava jednotného hriadeľa sa používa najmä tam, kde sa vyskytujú dlhé hriadele v spojení so súčiastkami s rôznym druhom uloženia, resp. kde možno upotrebiť presne ťahané hriadele. Býva to napr. pri textilných, písacích a počítačích strojoch, ale aj pri uloženiach so špeciálnymi výrobkami, ako sú napr. vonkajšie krúžky valivých ložísk. Treba pamätať na to, že náklady na zabezpečenie väčšieho množstva výrobných a kontrolných pomôcok pre prispôbované otvory sú väčšie ako v prípade sústavy jednotnej diery. Pritom sa ťažšie opracujú a prispôbujú diery, môže vzniknúť viac nepodarkov, ale aj výroba a kontrola je namáhavejšia a cena výrobku vyššia. V každom odbore treba návrh niektorej sústavy osobitne prehodnotiť vzhľadom na účelnosť a hospodárnosť výroby.

V prevádzkovej praxi sa však často kombinujú niektoré uloženia zo sústavy jednotnej diery a iné zo sústavy jednotného hriadeľa. (Najmä vo veľkosériovej výrobe sa využívajú prednosti oboch sústav na zjednodušenie konštrukcie, výroby, montáže, úspor hmotnosti a pod.)

Závody, ktoré používajú určitú lícovaciu sústavu pri výrobe svojich výrobkov, sa väčšinou špecializujú len na niektoré druhy a na normalizované rozmery, takže sa ich dotýka len užší, pre nich však najvhodnejší rozsah sústavy (nie všetky možné kombinácie). Odporúčané uloženia uľahčujú podnikom zvoliť vhodné a správne uloženia, a to vzhľadom na požadovanú presnosť, účel a čas opracovania výrobkov.

Voľba vhodných tolerancií a uložení má značný hospodársky význam. Vzrast nákladov je tým väčší, čím sú menšie tolerancie, pretože tým narastajú aj požiadavky na presnosť obrábacích, kontrolných a meracích strojov a prístrojov, ale zväčšujú sa aj požiadavky na kvalifikáciu pracujúcich a zvyšuje sa aj počet nepodarkov, čím sa zasa znižuje produktivita výroby.

Odporúčané uloženia podľa ČSN 01 4202 (ST SEV 144-75) pre bežné spojenia súčiastok v sústave jednotnej diery a jednotného hriadeľa sú v tab. 7.5. Podrobnejší prehľad a charakteristika vhodných druhov uložení aj s príkladmi najčastejšieho použitia sa uvádza v tab. 7.6.

Pri voľbe uloženia je vždy dôležité výrobo-hospodárske a konštrukčno-ekonomické hľadisko, a preto treba:

- a) brať zreteľ na úroveň vybavenia závodu výrobnými strojmi, ale aj meracími a kontrolnými prístrojmi,
- b) uvážiť vhodnosť a opodstatnenie používania navrhovaných materiálov so zreteľom na deficitné kovy,
- c) zistiť náklady a životnosť zadovážovaných strojov, nástrojov, upínacích pomôcok, kontrolných a meracích prístrojov,
- d) zabezpečiť vhodné výrobné postupy (s malými nákladmi), ľahkú montáž,

Tabuľka 7.5

Odporúčané uloženia v sústave jednotnej diery a jednotného hriadeľa od 1 do 500 mm

Sústava jednotnej diery		Sústava jednotného hriadeľa	
Uloženie	S vŕfou — hybné	Prechodné	S presahom — nehybné
Diera	Hriadeľ		
H5	g4	h4 k4	n4
H6	f6	h5 k5	n5
H7	e8* e7	h6* k6*	n6*
H8	e8* e9	f9 h7* h8* h9	n7
H9	d9* e8	f9 h8* h9	
H10	d10	h9 h10	
H11	a11 b11 c11 d11*	h11*	
H12	b12	h12	
Sústava jednotného hriadeľa			
Uloženie	S vŕfou — hybné	Prechodné	S presahom — nehybné
Hriadeľ	Diery		
h4	G5 H5	J5 K5	M5 N5
h5	F7 G6	J6 K6	M6 N6
h6	D8 E8 F7	J7 K7*	M7 N7*
h7	D8 E8	J8 K8	M8 N8
h8	D8 D9 E8 E9* F8	H9	
h9	D9 D10 E9 F9	H8 H9	
h10	D10	H10	
h11	A11 B11 C11	H11*	
h12	B12	H12	

* Označené uloženia hviezdíčkou sa používajú prednostne

Uloženie s vôľou	
Diera H, hriadele a, b, c (diery A, B, C, hriadeľ h) — uloženie s veľkou vôľou a veľkými toleranciami: ťažká prevádzka, vyššie prevádzkové teploty (možné rozťahovanie), nepresná montáž, možné sadnutie základov, zriedkavé otáčanie, malé straty trením, pokojný chod, korózia, znečistenie	
H11/a11 A11/h11	Žliabkované hriadele, závesy brzd a pier železničných vozňov, plechové kryty, dĺžky ložísk a čapov kľukových hriadeľov — veľmi zriedkavé použitie
(H11/b11) H11/c11 (B11/h11) C11/h11	Značná vôľa a veľké výrobné tolerancie: brzdové ťahadlá vozidiel, ložiská pák a ťahadiel poľnohospodárskych, stavebných a keramických strojov, uloženie výkyvných pák, plechové kryty prístrojov — veľmi zriedkavé použitie
H7/c8	Zaručená vôľa a menšie tolerancie: hriadele spaľovacích motorov (vysoká pracovná teplota)
Diera H, hriadele d, e (diery D, E, hriadeľ h) — uloženie pre rýchle otáčanie s výdatným mazaním a veľkou vôľou: kývajúce sa súčiastky, hriadele vo viac ložiskách (vôľa značná, ale zaručená), prípustná menšia výrobná nepresnosť, dobrá únosnosť, malé straty trením	
H7/d8 D8/h6	Presnejšie uloženia so značnou vôľou: uloženia s veľkými otáčkami, ložiskové panvy turbogenerátora, voľné kotúče a remenice, predlohové hriadele
H8/d9 D9/h8 H8/d10	Ložiská pojazdných hospodárskych strojov, tesniace veká valcov, súčiastky upchávkov a ventilov, voľné kotúče a remenice, rôzne páky a ťahadlá, veľké ložiská mlynov, ohýbačiek a valcovacích stolíc
H11/d11 D11/h11	Značná vôľa a menšia presnosť, ľahká montáž a demontáž hrubších a väčších strojov: uloženia na zanitovaných čapoch, snímateľné páky a kľuky, čapy vidlic a pák, ložiská kladiek, hriadele stavebných a poľnohospodárskych strojov v puzdrách, prašné prostredie, uloženia zariadení kaliarní a zlievarní
H7/e8 E8/h6	Značná vôľa s väčšou presnosťou: čapy v delených a nedelených panvách, ložiská turbokompresorov a odstredivých čerpadiel, predlohové ložiská, hriadele s neokružnými kotúčmi spaľovacích motorov, viackrát uložené hriadele obrábacích strojov, uloženia rôznych pák
H8/e9 E8/h8 E8/h9	Dlhšie hriadele vo viacerých ložiskách, ložiská dynamy, posúvateľné objímky spojok, ložiská odstredivých čerpadiel a ventilátorov, vedenia ventilových vretien, kľukové ložiská piestových strojov, hriadele v ložiskách bez panví, ložiská a čapy valcovacích strojov, uloženia kladiek, západiek, vahadiel, voľných kotúčov, trikrát uložené hriadele
Diera H, hriadele f, g (diery F, G, hriadeľ h) — voľné uloženie s menšou ale zaručenou vôľou, presnejšie vedenia súčiastok	
H7/f7 F8/h6	Menšia vôľa a väčšia presnosť: uloženia presných strojov, čapy ojníc, presnejšie uloženia zalomených hriadeľov, spojky, ozubené kolesá na pevných čapoch, vretená obrábacích strojov, hriadele prevodových skríň, posúvateľné objímky po hriadeľoch, ložiská prístrojov a regulátorov

Uloženie s vôľou	
Diera H, hriadeľ f, g (diery F, G, hriadeľ h) — voľné uloženia s menšou ale zaručenou vôľou, presnejšie vedenia súčiastok	
H8/f8 F8/h8 H8/f9	Zaručená vôľa a menšia presnosť: ložiská odstredivých čerpadiel, ventilátorov, elektrických strojov, posúvateľné objímky spojok, dĺžky vodiacich ložísk a čapov, vedenia ventilov, kľukové ložiská, uloženia excentrov
H7/g6 G7/h6	Veľmi malá vôľa a značná presnosť: vretená sústruhov, brúsok, fréz, ložiskové a kľukové čapy zalomených a vŕtkových hriadeľov s neokrúhlymi kotúčmi pre automobily, výmenné a posúvateľné kolesá prevodoviek, vedenia ventilov
Diera H, hriadeľ h — šmykové uloženie s nepatrnou vôľou, pri mazaní s možnosťou ručného posúvania, tesnenia pri zriedkavom pohybe	
H6/h5 H7/h6	Presné vedenia prístrojov a strojov, upínanie nástrojov na tŕne, guľkové ložiská v skrinách (tepelná dilatácia umožnená hriadeľom), upchávkové krúžky, pevné remenice a kotúče spojok, piestne krúžky v žliabkoch piesta, posúvateľné ozubené kolesá, panvy v ložiskových telesách, výmenné kolesá, veká, strediace nákrúžky
H8/h8 H8/h9	Šmykové uloženie so zriedkavým pohybom a menšou presnosťou: stredne presné stroje, zaistovacie polohy a centrovanie súčiastok, remenice, lanovnice, ozubené kolesá, veká a panvy ložísk, nastavovacie a dištančné krúžky, kĺbové ložiská, kulisy, ručné kľuky
H11/h11	Šmykové uloženie s väčšou nepresnosťou: hladké čapy z ťahaného materiálu, súčiastky nepresných a poľnohospodárskych strojov (páky, kľuky a pod.) upevňovaných na hriadeľoch (kolíkom, klinom, skrútkou), dištančné krúžky a puzdrá na hriadeľoch, dĺžky vodiacich čapov a ložísk
Prechodné uloženie	
Diera H, hriadeľ j (diera J, hriadeľ h) — posúvateľné uloženie — vôľa alebo presah je nepatrný, súčiastky sa vzájomne nepohybujú, ale často rozoberajú (rukou a ľahkým tlakom dosiahnuteľná montáž i demontáž)	
H6/j5 H7/j6 J7/h6 H8/j7	Veľmi presné zaistenie polohy, uloženie výmenných ozubených kolies a remenic, centrovanie viiek, často snímateľné ručné kolieska a poistované súčiastky, stavacie krúžky, vymeniteľné ložiskové puzdrá, ľahké valivé ložiská v skrini a na hriadeľoch, obežné kolesá odstredivých čerpadiel, čapy vo vidliciach
Diera H, hriadeľ k (diera K, hriadeľ h) — zhodné uloženie — súčiastky bez vôľe, zriedkavá ručná montáž i demontáž (za studena miernym tlakom), voči pootočeniu alebo posunutiu sa súčiastky poistujú (napr. kolíkom, skrútkou, perom)	
H6/k5 H7/k6 K7/h6	Spojky, kľuky, ozubené kolesá, pevné remenice a zotrvačníky, zriedka snímateľné naklínované súčiastky, ložiskové a upchávkové puzdrá v skriniach, pákach, panvy v ojníčnych hlavách, zalícované skrútky, ťažké valivé ložiská na hriadeľoch (k5), obežné kolesá turbín a turbokompresorov, montážne kolíky

Prechodné uloženie	
Diera H, hriadele m, n (diery M, N, hriadeľ h) — narážané a pevné uloženie — tenkostenné a pevne uložené súčiastky s malým presahom, montáž a demontáž je len väčším tlakom umožnená, voči pootočeniu a posunutiu sa súčiastky poisťujú	
H6/m5 H7/m6 M7/h6	Naklinované remenice, ozubené kolesá a spojky, bronzové puzdrá v skriniach, neokružle kotúče, excentry, kľuky, piestne čapy, páky, zotrvačníky, uloženia vnútorných krúžkov valivých ložísk (m5)
H6/n5 H7/n6 N7/h6	Súčiastky na hriadeľi prenášajúce striedavé alebo nárazové zaťaženia, hrubostenné puzdrá v kolesách, pákach, ozubené bronzové vence na liatinových kolesách, menšie zotrvačníky, páky, ozubené kolesá a kľuky
Uloženie s presahom	
Diera H, hriadele p, r, s, u (diery P, R, S, U, hriadeľ h) — súčiastky uložené s presahom (nalisované za tepla alebo za studena), väčšinou netreba zaistovať voči pootočeniu	
H7/p6 (P7/h6) H7/r6	Vzájomné spojovanie oceľových, liatinových a bronzových súčiastok lisovaním: spojky, zotrvačníky na hriadeľoch, nákovky železničných a iných kolies, časti delených zalomených hriadeľov, bronzové vence čelných ozubených a závitokovových kolies, puzdrá v kolesách, skriniach
H7/s6 H7/s7 S7/h6	Trvalé spojenie oceľových, oceľoliatinových a bronzových súčiastok so značným presahom: spoje lisované veľkým tlakom za studena alebo za tepla, súčiastky prenášajúce veľké striedavé alebo nárazové zaťaženia bez poistenia, súčiastky zložené z viacerých častí (zlisované)
H7/u7 H8/u8 U8/h7	Spoje trvale zlisované za tepla majúce značný presah: oceľové alebo oceľoliatinové súčiastky (náboje, spony) prakticky nedemontovateľné

dobrá vymeniteľnosť výrobkov a používanie normalizovaných súčiastok v čo najväčšej miere.

Zavedenie lícovania znamená pre závod zvýšenie nákladov, pričom celková výroba, a potom aj samotný výrobok budú rozhodne drahšie. Z ekonomického hľadiska bude treba prísnejšie tolerovať len tie rozmery, na ktorých presnosti mimoriadne záleží, a ktoré rozhodujú o kvalite a životnosti výrobku. Ostatné rozmery sa majú predpisovať a vyhotovovať len v bežne zaužívaných výrobných toleranciách uvažovaného závodu.

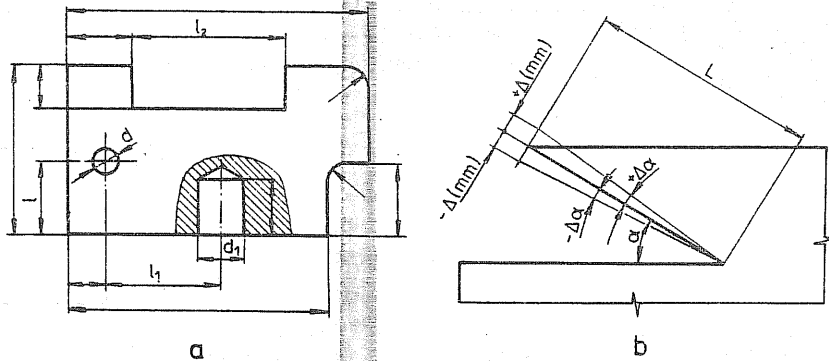
7.1.5 Medzné odchýlky netolerovaných rozmerov

Netolerované rozmery, ktorých je 80 a viac percent všetkých kótovaných rozmerov, sa určujú medznými odchýlkami a podľa nich aj základné pravidlá pre vymeniteľnosť výrobkov. Vyhotovujú sa s obvyklou presnosťou, ktorú možno

dosiahnuť s pomerne malými výrobnými nákladmi a s použitím bežných výrobných a kontrolných zariadení. Z funkčných, pevnostných, technologických a iných dôvodov treba však aj tieto rozmery vhodným spôsobom upresniť.

Medznými odchýlkami netolerovaných rozmerov sa zaoberá ČSN 01 4240 (ST SEV 302-76). Platí pre dĺžkové rozmery vrátane vŕtaných dier. Uvažuje štyri triedy presnosti: presnú, strednú, hrubú a veľmi hrubú. Medzné odchýlky sa stanovujú buď podľa tried presnosti, buď podľa stupňov presnosti IT (pri menovitých rozmeroch do 1 mm podľa IT11 až IT17, pri rozmeroch od 1 do 10 000 mm podľa IT12 až IT17). Odporúčajú sa pre kovové, ale aj pre nekovové súčiastky strojov a prístrojov. Ich číselné hodnoty sú v tab. 7.7.

Príklad uplatnenia takýchto medzných odchýlok netolerovaných dĺžkových rozmerov je na obr. 7.8a (často ani priemery d , d_1 alebo dĺžky l , l_1 , l_2 sa nemusia tolerovať). Medzné odchýlky rozmerov rôznych prvkov predpísané všeobecným zápisom musia mať jednu úroveň presnosti (jeden stupeň či jednu triedu presnosti alebo jeden stupeň presnosti a jemu prislúchajúcu triedu presnosti). Pre rozmery do 1 mm stupňu presnosti 11 a 12 zodpovedá trieda presnosti presná, stupňu 13 a 14 trieda stredná, stupňu 15 a 16 trieda hrubá a stupňu presnosti 17 trieda veľmi hrubá. Pre rozmery nad 1 mm stupňu presnosti 12 zodpovedá trieda presná, stupňu 14 trieda stredná, stupňu 16 trieda hrubá a stupňu 17 trieda veľmi hrubá.



Obr. 7.8. Platnosť medzných odchýlok netolerovaných dĺžok a uhlov

Z existujúcich štyroch variantov polohy medzných odchýlok dĺžkových rozmerov sa pre vnútornú potrebu v ČSSR používa len 2. a 3. variant. Z tried presnosti sa uprednostňuje stredná trieda presnosti. Medzné odchýlky netolerovaných rozmerov sa na výkresoch uvádzajú spoločným zápisom podľa ČSN 01 3136. Kombinácia medzných odchýlok netolerovaných rozmerov rôznych prvkov, predpísaná všeobecným zápisom, musí zodpovedať tab. 7.8.

Varianty polohy medzných odchýlok netolerovaných rozmerov

Variant	Rozmery typu hriadeľov		Rozmery typu dier		Rozmery prvkov, ktoré nie sú typu diery ani hriadeľa
	kruhových	ostatných	kruhových	ostatných	
	Medzné odchýlky pre jeden všeobecný zápis				
1	-IT		+IT		$\pm t/2$ alebo $\pm IT/2$
2	-t		+t		$\pm t/2$
3	$\pm t/2$				
4	-IT	$\pm t/2$	+IT	$\pm t/2$	$\pm t/2$ alebo $\pm IT/2$

Poznámka: -IT sú jednostranné medzné odchýlky (menovitého rozmeru na strane mínus) podľa stupňa presnosti (zodpovedajú hriadeľu h)
 +IT sú jednostranné medzné odchýlky (menovitého rozmeru na strane plus) podľa stupňa presnosti (zodpovedajú diere H)
 -t sú jednostranné medzné odchýlky (menovitého rozmeru na strane mínus) podľa triedy presnosti
 +t sú jednostranné medzné odchýlky (menovitého rozmeru na strane plus) podľa triedy presnosti
 $\pm t/2$ sú súmerné medzné odchýlky podľa triedy presnosti
 V spoločnom zápise sa môžu predpísať súmerné medzné odchýlky podľa stupňov presnosti ($\pm IT/2$)

Medzné odchýlky netolerovaných uhlov (okrem 90°) sa stanovujú v závislosti od stupňa alebo triedy presnosti medzných odchýlok netolerovaných dĺžkových rozmerov a ich číselné hodnoty sú v tab. 7.9. Na určenie ich veľkosti sa za dĺžku ramena L berie menovitá dĺžka kratšieho ramena uhla, pričom sa odchýlka uhla meria v milimetroch alebo v stupňoch a minútach. Tieto medzné odchýlky sú na obr. 7.8b. Pre netolerované uhly 90° platí tolerancia kolmosti podľa ČSN 01 4406 (ST SEV 1911-79).

Medzné odchýlky netolerovaných polomerov zaoblenia a zrazenia hrán sa stanovujú v závislosti od stupňa alebo triedy presnosti medzných odchýlok netolerovaných dĺžkových rozmerov a ich číselné hodnoty sú v tab. 7.10.

Podľa ČSN 01 3136 sa medzné odchýlky netolerovaných dĺžkových a uhlových rozmerov s menšou presnosťou dovoľuje neuvádzať priamo za menovitými rozmermi, ale predpisovať ich spoločným zápisom v technických požiadavkách výkresu. Uskutočňuje sa to za podmienky, že takýto zápis jednoznačne určuje veľkosť a znamienka medzných odchýlok.

Spoločný zápis o medzných odchýlkach netolerovaných rozmerov musí obsahovať označenie medzných odchýlok dĺžkových rozmerov podľa ČSN 01 4201 (ST SEV 145-75), a to pre odchýlky v stupňoch presnosti, resp. podľa ČSN 01

17	podľa hrúbky	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30
Medzné odchýlky uhlov: a — v uhlových jednotkách, b — v mm na 100 mm dĺžky					

Tabuľka 7.9

Medzné odchýlky netolerovaných uhlov

Medzné odchýlky netolerovaných dĺžkových rozmerov		Rozsahy dĺžok kratšieho ramena uhla (mm)											
		do 10		nad 10 do 40		nad 40 do 160		nad 160 do 630		nad 630 do 2500			
podľa stupňov presnosti		Medzné odchýlky uhlov											
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
od 12 do 16	presná stredná hrubá	±1°	±1,8	±30'	±0,9	±20'	±0,6	±10'	±0,3	±5'	±0,15		
17	veľmi hrubá	±2°	±3,6	±1°	±1,8	±40'	±1,2	±20'	±0,6	±10'	±0,30		

Medzné odchýlky uhlov: a — v uhlových jednotkách, b — v mm na 100 mm dĺžky

Medzné odchýlky netolerovaných polomerov zaoblenia a zrazenia hrán

Medzné odchýlky netolerovaných dĺžkových rozmerov		Rozsahy menovitých rozmerov (mm)						
podľa stupňov presnosti	podľa tried presnosti	do 0,3 do 1	nad 1 do 3	nad 3 do 6	nad 6 do 30	nad 30 do 120	nad 120 do 315	nad 315 do 1000
		Medzné odchýlky polomerov zaoblenia a zrazenia hrán						
od 12 do 16	presná stredná hrubá	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	±4
17	veľmi hrubá	—	±0,3	±0,5	±1	±2	±4	±8

4240 (ST SEV 302-76), a to pre odchýlky v triedach presnosti. Súmerné medzné odchýlky udávané v stupňoch presnosti sa označujú $\pm \frac{IT}{2}$ s pripojeným číslom stupňa presnosti. Zápis medzných odchýlok pre 2. variant a strednú triedu presnosti v technických požiadavkách výkresu bude napr.: Netolerované rozmery $+t_2; -t_2; \pm \frac{t}{2}$ ČSN 01 4240 alebo pre 3. variant: Netolerované rozmery $\pm \frac{t}{2}$ ČSN 01 4240. Ak sa pri variante predpisujú 3 medzné odchýlky v stupňoch presnosti ($\pm \frac{IT}{2}$), možno v zápise vypustiť číslo normy, napr. Netolerované rozmery $\pm \frac{IT14}{2}$.

Pri označení jednostranných odchýlok v stupňoch presnosti, pokiaľ platia iba pre kruhové diery a hriadele (variant 4 podľa ČSN 01 4240), dopĺňa sa značka priemeru Φ . Príklady spoločných zápisov zodpovedajúcich variantom podľa ČSN 01 4240, pre 14. stupeň presnosti a strednú triedu presnosti sú v tab. 7.11. K tejto tabuľke treba pripomenúť, že zápis o medzných odchýlkach netolerovaných

Tabuľka 7.11

Spoločný zápis medzných odchýlok

Číslo variantu	Príklad zápisu normalizovanými značkami
1	H14; h14; $\pm t_2/2$ alebo H14; $\pm IT14/2$
2	$+t_2; -t_2; \pm t_2/2$
3	$\pm t_2/2$ alebo $\pm IT14/2$
4	$\Phi H14; \Phi h14; \pm t_2/2$ alebo $\Phi H14; \Phi h14; \pm IT14/2$

rozmerov sa môže doplniť slovami, napr. Medzné odchýlky netolerovaných rozmerov H14; h 14; $\pm t_2/2$.

Medzné odchýlky netolerovaných polomerov zaoblenia, zrazených hrán a uhlov sa nepredpisujú v zápise osobitne, ale musia zodpovedať odchýlkam podľa ČSN 01 4240 v závislosti od stupňa presnosti alebo triedy presnosti medzných odchýlok netolerovaných dĺžok.

Keď sú medzné odchýlky všetkých dĺžkových rozmerov predpísané priamo za menovitými rozmermi (spoločný zápis chýba), musia medzné odchýlky netolerovaných polomerov zaoblenia, zrazených hrán a uhlov zodpovedať odchýlkam podľa ČSN 01 4240 pre 12. až 16. stupeň presnosti.

Spoločný zápis o medzných odchýlkach netolerovaných rozmerov sa môže urobiť: číslom variantu, číslom stupňa presnosti alebo triedy presnosti a číslom normy. Napr. pre variant 3, 12. stupeň presnosti a strednú triedu presnosti bude zápis: 3—12 ČSN 01 4240.

7.2 DRSNOSŤ VYHOTOVENÝCH PRVKOV

7.2.1 Dôležité pojmy a kritériá vyhodnocovania drsnosti

Súčiastky, ktoré musia pre správnu funkciu dosiahnuť určitú akosť, určité geometrické tvary, určitú rovnomernosť a určitý stupeň hladkosti alebo drsnosti, treba na predpísaných miestach a plochách príslušným spôsobom opracovať. Pritom pod akosťou povrchu treba rozumieť súhrn geometrických, fyzikálnych, chemických a iných vlastností povrchovej vrstvy, ktoré charakterizujú príslušný povrchový stav materiálu výrobku. Ku geometrickým veličinám akosti povrchu patrí nielen drsnosť, ale aj vlnitosť a odchýlky tvaru. Správne ukončené opracovanie, resp. dodatočná úprava povrchu, rozhodujú o spoľahlivej prevádzke, presnosti a životnosti strojov a zariadení. Hrubšie opracovaný povrch sa pri pohybe čiastočne vyrovná a vyleští, ale zväčší sa tým vôľa, čo je na úkor presnosti prevádzky. Veľmi jemné a neopodstatnené opracovanie bude nielen sťažovať, ale aj zdražovať výrobu, a tým aj zvyšovať cenu výrobku.

Podľa dôležitosti a funkcie možno plochy výrobkov rozdeliť:

a) Na stykové alebo funkčné plochy, ktoré sú dôležité pre vzájomné dosadenie, prípadne pre určitý a požadovaný styk (napr. bodový, priamkový), resp. vytvárajú určité uloženie. Pritom môžu dovoľovať relatívny pohyb, ale môžu to byť aj nepohyblivé funkčné plochy, keď vytvárajú rozoberateľné alebo nerozoberateľné spoje.

b) Na voľné plochy, ktoré nie sú už tak závažné a kladú sa na ne podstatne menšie požiadavky. Pritom ide o vzhľadové plochy (často povrchovo upravené), o technologické plochy (upínacie) alebo ovplyvňujúce určité vlastnosti (napr. povrch rúrok) atď.

Z výrobného hľadiska možno povrchy rozdeliť:

1. Podľa *spôsobu opracovania a vyhotovenia*, môže byť:

a) Neopracovaný alebo surový povrch, získaný bez odberu materiálu, ktorý sa dosiahne kovaním, valcovaním odlievaním, lisovaním, preťahovaním. Môže byť upravený (keď to vyžaduje účel, použitie, funkcia alebo vzhľad) alebo neupravený (keď zostane v pôvodnom stave). Úprava povrchu sa môže urobiť napr. natieraním, tepelným spracovaním a pod.

b) Opracovaný s odberom materiálu ručne alebo strojom (sústružením, hobľovaním, vrtaním atď.), pričom môže byť aj upravený alebo neupravený, ale aj s prídavkom na opracovanie, resp. bez neho.

2. Podľa *rovnomernosti povrchu*, čo závisí od spôsobu a precíznosti výroby na dodržanie predpísaného geometrického tvaru (rovina, valec, kužeľ, guľa), môže byť:

a) Nedokonalá rovnomernosť s povrchom neopracovaným alebo ručne opracovaným.

b) Dobrá rovnomernosť dosiahnutá bežným opracovaním.

c) Dokonalá rovnomernosť, ku ktorej sa možno priblížiť najpresnejším spôsobom opracovania.

Rovnomerný ako aj nerovnomerný povrch môže byť pritom hladký alebo drsný. Ľahšie možno dosiahnuť lepšiu hladkosť ako rovnomernosť povrchu. Hladkosť nemusí však ešte zaručovať dodržanie presnosti geometrického tvaru alebo presnosti rozmeru.

3. Podľa *presnosti dodržania jednotlivých rozmerov*, keď sa povrchy stanovia dovolenými odchýlkami rozmerov, ktoré nesmie súčiastka na zabezpečenie správnej funkcie prekročiť. Na dodržanie malého rozsahu kolísania dovolených rozmerov, čiže úzkych tolerancií, treba zvoliť často kvalitnejší spôsob opracovania ako pri bežnej výrobe súčiastok. Určitá presnosť dodržania rozmeru bude vyžadovať vhodný stupeň hladkosti (drsnosť nesmie presahovať tolerančné pole rozmeru), ale naopak, hladkosť nie je ešte viazaná presnosťou rozmerov.

4. Podľa *drsnosti povrchu*, keď záleží na druhu a vzhľade stôp po výrobnom nástroji, sa posudzuje stupeň dosiahnutia dokonalej a ideálne hladkej plochy. Drsnosť opracovávaného povrchu závisí najmä od použitého nástroja, od príslušnej rýchlosti a posuvu, pri brúsených súčiastkach aj od drsnosti brúsiacich kotúčov, ale niekedy aj od ďalších a špecifických požiadaviek. Kvalita povrchu ovplyvňuje najmä veľkosť súčiniteľa klzného trenia a rýchlosť opotrebovania, ale aj medzi únavy materiálu, výrobné náklady, účinnosť, spoľahlivosť prevádzky a celkovú trvanlivosť výrobku.

Pod pojem drsnosť treba však zahrňať nielen mikrogeometrický tvar a veľkosť nerovností, ale, aj fyzikálno-chemický stav ako dôsledok uskutočnených úprav povrchu. Drsnosť sa posudzuje podľa vzhľadu, tvaru, druhu a hĺbky rýh po nástroji, forme a pod., ktoré sa pri vyhotovení povrchu vytvorili. Treba však pripomenúť, že

rovnaný stupeň drsnosti možno dosiahnuť rôznym spôsobom opracovania a rôznym nástrojom, ako aj to, že hladkosť povrchu sa nemusí viazať na presnosť rozmerov a geometrický tvar a vzájomnú polohu príslušných povrchov.

Podľa ČSN 01 4450 (ST SEV 1156-78) drsnosť obrobeného povrchu sa definuje ako časť geometrických odchýlok (nerovností) povrchu s relatívne malou vzdialenosťou susedných nerovností. Rozsah vylúčenia častí geometrických odchýlok s veľkou vzdialenosťou (vlnitosť, odchýlka tvaru) sa stanoví základnou dĺžkou alebo medzným rozstupom.

Skutočný povrch je povrch ohraničujúci súčiastku a oddeľujúci ju od okolitého prostredia (obr. 7.9a). *Menovitý povrch* je ideálny povrch, ktorého menovitý tvar určuje výkres alebo iná technická dokumentácia. *Základný povrch* je povrch, od ktorého sa vyhodnocujú veličiny drsnosti povrchu. Má tvar menovitého povrchu a jeho poloha zodpovedá všeobecnému smeru skutočného povrchu v priestore (matematicky možno túto polohu určiť metódou najmenších štvorcov).

Profil povrchu je priesečnica povrchu s rovinou. *Skutočný profil* je profil skutočného povrchu (obr. 7.9a). *Menovitý profil* je profil menovitého povrchu. *Pozdĺžny profil* je profil, ktorý vznikne rezom povrchu rovinou položenou v smere nerovností (obr. 7.9b). Môže sa získať len pri povrchoch, ktoré majú prevládajúci smer nerovností. *Priečny profil* je profil, ktorý vznikne rezom povrchu kolmou rovinou k smeru nerovností povrchu (obr. 7.9c).

Kolmý rez je rez kolmý k základnému povrchu. Na jeho stanovenie sa v praxi používa namiesto základného povrchu obalová plocha. *Šikmý rez* je rez sklonený k základnému povrchu. Na jeho stanovenie sa namiesto základného povrchu používa aj obalová plocha.

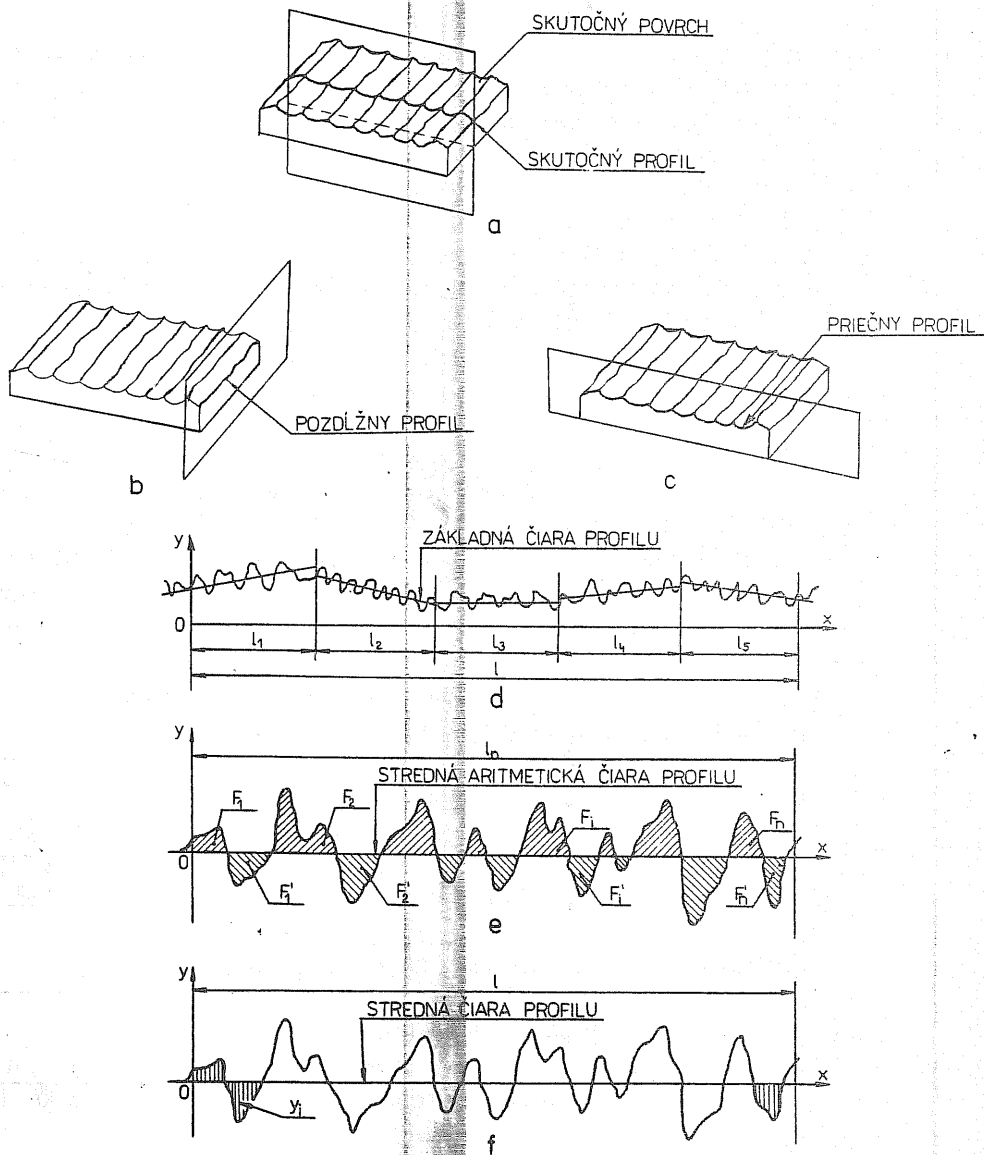
Základná čiara je čiara, ku ktorej sa stanovia a vyhodnotia veličiny drsnosti povrchu. *Základná dĺžka l* je dĺžka základnej čiary použitá na oddelenia nerovností charakterizujúcich drsnosť povrchu. Nerovnosti povrchu patriace k jeho drsnosti možno oddeliť nastavením medzného rozstupu na elektrických profilomeroch. *Vyhodnocovaná dĺžka l_n* je dĺžka, na ktorej sa vyhodnocuje profil. Môže obsahovať jednu alebo viac dĺžok (obr. 7.9d).

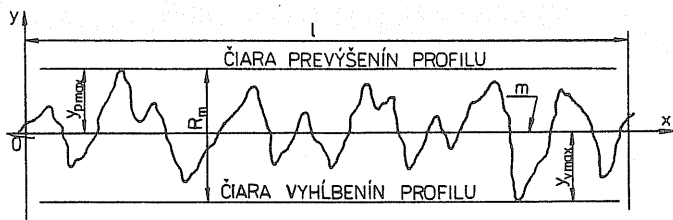
Stredná aritmetická čiara profilu je základná čiara, ktorá má tvar menovitého profilu, je ekvidištantná so smerom skutočného profilu, ktorý rozdeľuje tak, že v rozsahu základnej dĺžky l sú súčty plôch po oboch jej stranách rovnaké (obr. 7.9e). *Stredná čiara profilu m* je základná čiara, ktorá má tvar menovitého profilu a rozdeľuje skutočný profil tak, že v rozsahu základnej dĺžky je súčet štvorcov

odchýlok profilu y od tejto čiary najmenší: $\int_0^l y^2 dx = \min$. Pritom odchýlka profilu

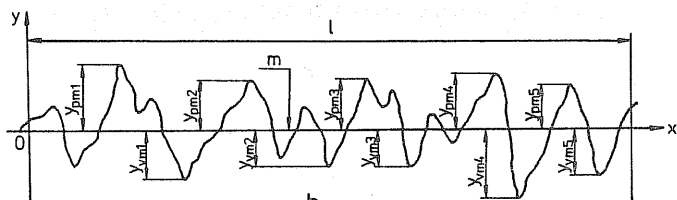
základný je vzdialenosť medzi bodom skutočného profilu a základnou čiarou (obr. 7.9f). *Sústava strednej čiary profilu* je výpočtový systém používaný pri vyhodnocovaní veličín profilu, pri ktorom sa prijala za základnú čiaru stredná čiara profilu.

Pri vyhodnocovaní drsnosti povrchu sú dôležité jeho výškové charakteristiky. Výška prevýšenia (výstupku) profilu y_p je vzdialenosť od strednej čiary profilu k najvyššiemu bodu výstupku skutočného profilu. Výška maximálnej prevýšenia profilu y_{pmax} je vzdialenosť od strednej čiary profilu k najvyššiemu bodu skutočného profilu v rozsahu základnej dĺžky. Hĺbka vyhlbeniny (priehlbiny) profilu y_v je vzdialenosť od strednej čiary profilu k najnižšej vyhlbenine skutočného profilu.

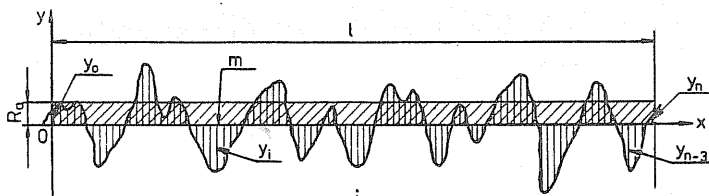




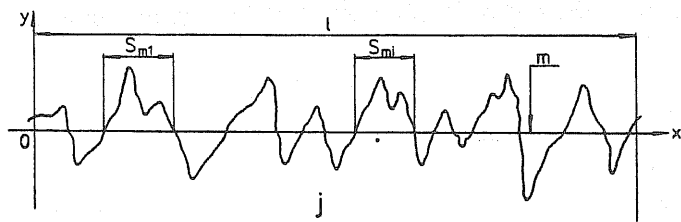
g



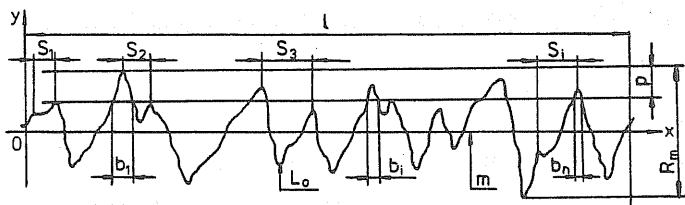
h



i



j



k

Obr. 7.9. Dôležité veličiny na vyhodnocovanie drsnosti povrchov

Hĺbka najväčšej vyhlbeniny profilu y_{vmax} je vzdialenosť od strednej čiary profilu k najnižšiemu bodu skutočného profilu v rozsahu základnej dĺžky (obr. 7.9g).

Drsnosť opracovaných povrchov môže sa vyjadriť ako nasledujúca hodnota:

1. **Maximálna výška nerovností profilu R_m** , ktorú vyjadruje vzdialenosť medzi základnou čiarou prevýšení a vyhlbenín profilu v rozsahu základnej dĺžky l (obr. 7.9g).

$$R_m = y_{pmax} + y_{vmax}$$

Čiara prevýšení (resp. vyhlbenín) profilu je ekvidistantná čiara so strednou čiarou profilu prechádzajúca najvyšším (resp. najnižším) bodom profilu v rozsahu základnej dĺžky l .

2. **Výška nerovností profilu z desiatich bodov R_z** je stredná hodnota z absolútnych hodnôt výšok päť najvyšších prevýšení profilu y_{pm} a hĺbok päť najnižších vyhlbenín profilu y_{vm} v rozsahu základnej dĺžky l (obr. 7.9h)

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pmi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vmi}|}{5}$$

3. **Stredná aritmetická odchýlka profilu R_a** je stredná aritmetická hodnota absolútnych odchýlok profilu y pri n vybraných bodoch profilu na základnej dĺžke l (obr. 7.9i)

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y(x_i)|$$

Z veľkého počtu meraní opracovaných plôch sa dosiahol korelačný vzťah $R_z = k \cdot R_a^{0,97}$ (kde $k = 3,9$ až 5 podľa spôsobu a jemnosti opracovania), resp. $R_z \approx 4 R_a$.

4. **Stredná kvadratická odchýlka profilu R_q** je stredná kvadratická hodnota odchýlok profilu y v rozsahu základnej dĺžky l

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l y^2(x) dx} \approx \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y^2(x_i)}$$

Okrem spomínaných výškových (amplitúdových) charakteristík sú na vyhodnotenie povrchu významné aj charakteristiky drsnosti v pozdĺžnom

S. Rozstup smeru profilu (frekvenčné charakteristiky) S_m , **S. Rozstup nerovností profilu S_{mi}** je úsek strednej čiary profilu ohraničujúci nerovnosť profilu. **Stredný rozstup nerovností profilu S_m** je stredná hodnota rozstupov nerovností profilu v rozsahu základnej dĺžky l (obr. 7.9j). **Rozstup miestnych prevýšení profilu S_i** je dĺžka úseku strednej čiary profilu medzi priemetom dvoch najvyšších bodov susedných miestnych výstupkov profilu. **Stredný rozstup miestnych prevýšení profilu S** je stredná

hodnota rozstupov miestnych výstupkov profilu, ktoré ležia v rozsahu základnej dĺžky l . Dĺžka rozvinutého profilu L_o je dĺžka získaná rozvinutím do priamky všetkých prevýšení a vyhlbení profilu, ktoré ležia v rozsahu základnej dĺžky l (obr. 7.9k). Relatívna dĺžka profilu l_o je pomer dĺžky rozvinutého profilu L_o k základnej dĺžke l čiže $l_o = \frac{L_o}{l}$.

Ďalšie dôležité parametre pre drsnosť povrchu sú tvarové charakteristiky profilu. Stredný kvadratický sklon profilu Δ_q je stredná kvadratická hodnota tangensov uhlov sklonu profilu v rozsahu základnej dĺžky l , určený pre tangens uhla sklonu $\frac{dy}{dx}$ v bode profilu výrazom

$$\Delta_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx} \approx \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)^2}$$

Stredný aritmetický sklon profilu Δ_a je stredná aritmetická hodnota tangensov uhla sklonu profilu v rozsahu základnej dĺžky

$$\Delta_a = \frac{1}{l} \int_0^l \left|\frac{dy}{dx}\right| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left|\frac{\Delta y}{\Delta x}\right|$$

Nosná dĺžka profilu l_p je súčet dĺžok úseku vytvorených pri určitej polohe rezu p v materiáli profilu čiarou ekvidištantnou so strednou čiarou profilu m v rozsahu základnej dĺžky l (obr. 7.9k)

$$l_p = \sum_{i=1}^n b_i$$

Položa rezu profilu p určuje vzdialenosť medzi čiarou prevýšení profilu a čiarou, ktorá pretína profil a je ekvidištantná s čiarou výstupkov profilu. Nosný podiel t_p , ako dôležitá tvarová charakteristika je pomer nosnej dĺžky profilu l_p k základnej dĺžke l

$$t_p = \frac{l_p}{l}$$

Nosný podiel treba osobitne predpísať, napr. t_{p30} , kde $p = 30 \% R_m$.

7.2.2 Posudzovanie a meranie drsnosti povrchov

Vyhotovenie určitej drsnosti povrchu ovplyvňuje nielen výrobné náklady, ale aj iné faktory, najmä súčiniteľ trenia, rýchlosť otepľovania a opotrebovania, medzi

obrobené základným mechanickým spôsobom: brúsením (s drsnosťou R_a 0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2), sústružením (s drsnosťou R_a 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5), frézovaním (s drsnosťou ako pri sústružení) a hobľovaním (s drsnosťou R_a 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25).

Porovnávacie metódy sú subjektívne a dosť nepresné, a to najmä pri hodnotení veľmi drsných a veľmi jemných povrchov. Platí to aj pre zaškolených pracovníkov, a preto pri požiadavke vyššej presnosti hodnotenia sa používajú objektívne profilomery. Meranie je pri nich nákladné, vyžaduje kvalifikovanú obsluhu a osobitné laboratórne priestory, čiže sa uplatňuje pri náročnej výrobe a prísnej kontrole drsnosti opracovávaných povrchov.

7.2.3 Označovanie drsnosti na výkresoch

V súlade s ČSN 01 4451 (ST SEV 638-77) a ČSN 01 3144 (ST SEV 1632-79) môže konštrukčná kancelária predpísať drsnosť povrchu na výkresoch číselnými

Číselné hodnoty veličín drsnosti povrchu

Tabuľka 7.12

R_a (μm)						
— 0,100	100*	10,0	1,00	0,100*		
— 0,080	80	8,0	0,80*	0,080		
— 0,063	63	6,3*	0,63	0,063		
— 0,050	50*	5,0	0,50	0,050*		
400	40	4,0	0,40*	0,040		
320	32	3,2*	0,32	0,032		
250	25*	2,5	0,25	0,025*		
200	20	2,0	0,20*	0,020		
160	16	1,6*	0,16	0,016		
125	12,5*	1,25	0,125	0,012*		
— 0,010	—	—	—	0,010		
— 0,008	—	—	—	0,008		
R_z a R_m (μm)						
— 0,100	1000	100*	10,0	1,0	0,100*	
— 0,080	800	80	8,0	0,80*	0,080	
— 0,063	630	63	6,3*	0,63	0,063	
— 0,050	500	50*	5,0	0,50	0,050*	
— 0,040	400*	40	4,0	0,40*	0,040	
— 0,032	320	32	3,2*	0,32	0,032	
— 0,025	250	25*	2,5	0,25	0,025*	
— 0,020	200*	20	2,0	0,20*	—	
1600	160	16	1,6*	0,16	—	
1250	125	12,5*	1,25	0,125	—	

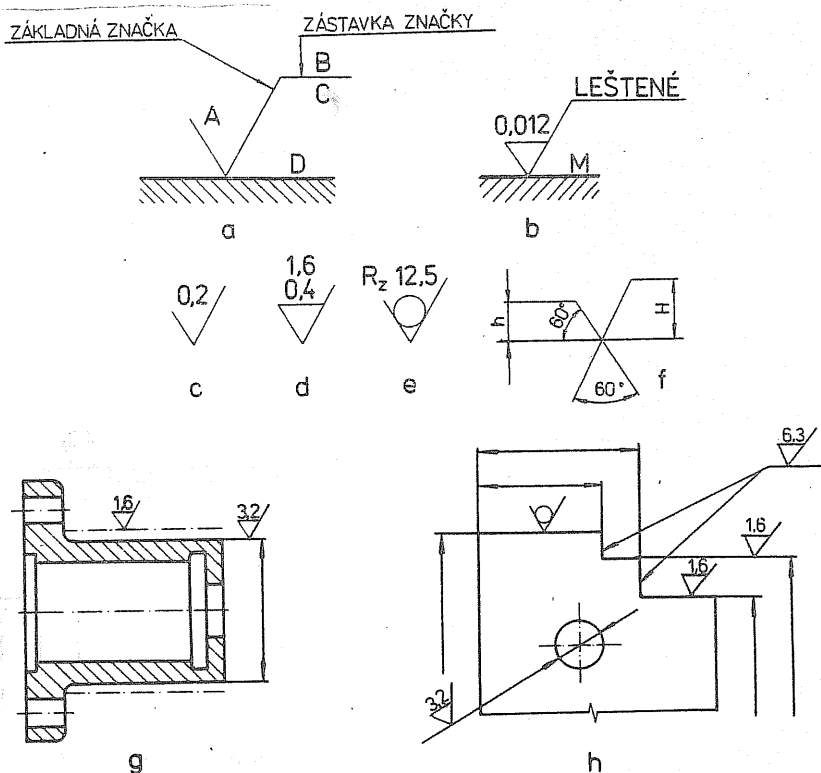
* Hodnoty označené hviezdíčkou sú prednostné

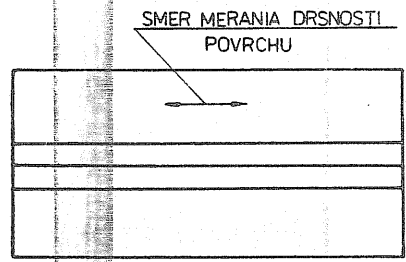
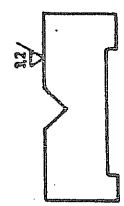
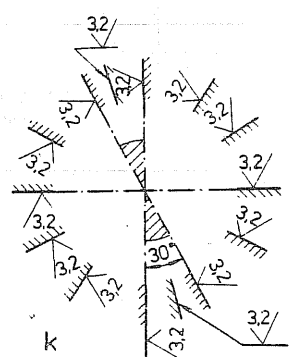
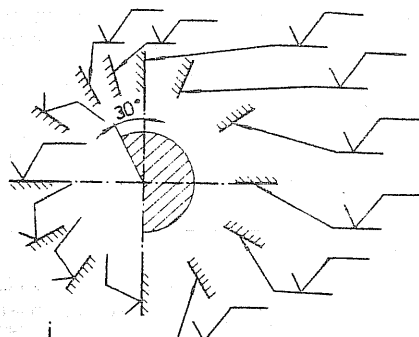
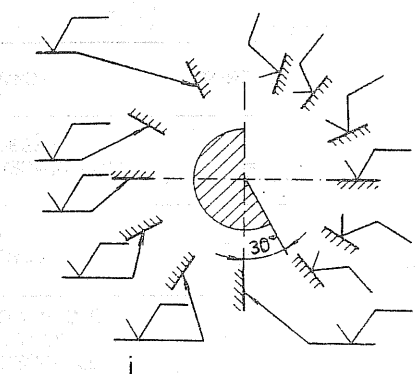
hodnotami pre strednú aritmetickú odchýlku profilu R_a , resp. pre výšku nerovností profilu z desiatich bodov R_z alebo pre najväčšiu výšku nerovností profilu R_m v mikrometroch, pričom sa však rozmerová jednotka neuvádza. Číselné hodnoty spomínaných veličín, z ktorých sa prednostne používa R_a , sú v tab. 7.12.




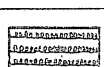

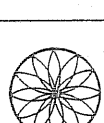
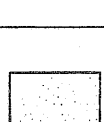
Označenie drsnosti povrchu musí sa urobiť pre všetky plochy výrobku, okrem plôch, kde predpis nie je potrebný. Na obr. 7.11a je základná značka drsnosti a zástavka značky, pričom veľkými písmenami označené miesta vyjadrujú: *A* — značku a číselnú hodnotu drsnosti podľa ČSN 01 4451 (R_m , R_z , R_a v μm ; S_m , S v mm; t_p v percentách bez označenia %), *B* — spôsob konečného spracovania alebo aj iné dopĺňajúce údaje (napr. LEŠTENÝ, ZAŠKRABANÝ, ZAROVNANÝ), *C* — základnú dĺžku na charakterizovanie drsnosti podľa ČSN 01 4451 (v milimetroch), *D* — značku smeru nerovnosti podľa ČSN 01 3144. Zástavka značky sa nekreslí, keď predpis drsnosti povrchu nevyžaduje údaje *B* alebo aj *C*. Spôsob konečného spracovania v mieste *B* sa uvádza len tam, kde ho treba predpísať na dosiahnutie požadovaných vlastností povrchu (obr. 7.11b).

Na označenie drsnosti povrchu sa používajú tieto značky:

a) Značka ∇ podľa obr. 7.11c vtedy, keď požadované vlastnosti nezávisia od spôsobu konečného spracovania.





ZNAČKA	SMER NEROVNOSTI	OZNAČENIE
=	 ROVNOBEŽNÝ S OBRYSOVOU ČIAROU	$\sqrt{\text{=}}$
⊥	 KOLMÝ K OBRYSOVEJ ČIARE	$\sqrt{\perp}$
X	 SKRÍŽENÝ V DVOCH SMEROCH ŠIKMO K OBRYSOVEJ ČIARE	$\sqrt{\times}$
M	 LUBOVOLNÝ VO VIACERÝCH SMEROCH (NEPRAVIDELNÝ)	\sqrt{M}
C	 PŘIBLIŽNE KRHOVÝ KU STREDU POVRCHU	\sqrt{C}
R	 PŘIBLIŽNE CYKLOIDÁLNY (RADIÁLNY) KU STREDU POVRCHU	\sqrt{R}
P	 BODOVÝ (NAPR. PO ELEKTROISKROVOM OBRÁBANÍ)	\sqrt{P}

Obr. 7.11. Zásady pri predpisovaní značiek drsnosti povrchu

(b) Značka $\sqrt{\quad}$ podľa obr. 7.11d vtedy, keď povrchy majú prídavok materiálu a požadované vlastnosti sa dosiahnu iba obrábaním (s odoberaním materiálu).

(c) Značka ∇ podľa obr. 7.11e vtedy, keď požadované vlastnosti sa dosiahnu len pri konečnom spracovaní bez odoberania materiálu (neopracovaný povrch). (Konečným spracovaním sa vždy rozumie posledný úkon, ktorého výsledkom je požadovaný stav povrchu.) Táto značka, ale bez uvedenia charakteristiky drsnosti povrchu a číselnej hodnoty, sa používa aj na výkrese predmetu vyrábaného z materiálu určeného prierezu a rozmeru — z polovýrobku, predpísaného v nadstavbe k popisovému poľu výkresu alebo v kusovníku, ktorého povrch materiálu sa nebude ďalej spracovávať.

Značka označenia drsnosti povrchu sa kreslí tenkou plnou čiarou alebo plnou čiarou rovnakej hrúbky ako kóty. Výška h sa rovná približne výške kót obrazu, výška H sa rovná približne (1,4 až 3) h , pričom uhol základnej značky a jej polohy oproti povrchu je 60° (obr. 7.11f).

Číselná hodnota drsnosti povrchu je najväčšia dovolená hodnota, ktorá sa píše za príslušnou značkou, napr. $R_z 6,3$; $R_m 12,5$; $S_m 0,32$. Iba pri R_a sa píše číselná hodnota bez tejto značky, pretože označovanie podľa R_a sa používa prednostne. Ak sa má predpísať drsnosť povrchu najväčšou hodnotou, uvádza sa táto hodnota

bez medzných odchýlok, napr. $^{3,2}\sqrt{\quad}$; $^{R_z 25}\sqrt{\quad}$; $^{S_m 0,8}\sqrt{\quad}$. Pri predpise drsnosti povrchu rozsahom číselných hodnôt sa píše dole menšia a hore väčšia medzná hodnota,

napr. $^{1,60}_{0,32}\sqrt{\quad}$; $^{R_z 0,40}_{0,16}\sqrt{\quad}$. V závažných a technicky zdôvodnených prípadoch sa môže predpísať drsnosť povrchu pred a po vyžadovanej povrchovej úprave, napríklad po pokovovaní. Kým značka drsnosti pred úpravou sa zapíše k povrchu, značka drsnosti po úprave sa zaznačí na bodkočiarkovanú čiaru (obr. 7.11g).

Základná značka pri predpisovaní drsnosti sa umiestňuje na obrysú čiaru, na pomocnú kótovaciu čiaru (čo najbližšie ku kótovacej čiare) alebo na zástavku odkazovej čiary (obr. 7.11h). Len pri nedostatku miesta sa môže uviesť aj na kótovaciu čiaru alebo na jej predĺženú časť. Pomocnú kótovaciu čiaru možno pre nakreslenie značky aj prerušiť. Označenie drsnosti povrchu nesmie pretínať nijaká čiara. Na neviditeľnú hranu (čiarkovanú čiaru) sa môže značka drsnosti umiestniť len vtedy, keď je kótovaná. Značky drsnosti so zástavkou sa orientujú vzhľadom na dolný okraj výkresu podľa obr. 7.11i, j. Podobne sa orientujú aj základné značky (bez zástavky) podľa obr. 7.11k. Keď ide o umiestnenie značky drsnosti povrchu v šrafovej oblasti obrazov podľa obr. 7.11i, j, k potom sa umiestni značka vždy na zástavku odkazovej čiary.

Pri predpísaní drsnosti R_a , R_z a R_m sa neuvádza základná dĺžka, ak zodpovedá charakteristiky CSN 01.4451 pre zvolenú hodnotu uvažovanej charakteristiky. Keď to treba, uvádza sa značka smeru nerovnosti povrchu podľa obr. 7.11l. Táto má veľkosť ako výška kót obrazu, teda ako výška h v obr. 7.11f. Značka sa kreslí tenkou plnou

7.4 TOLERANCIE TVARU A POLOHY

7.4.1 Základné pojmy, definície a spôsob predpisovania tolerancií

Niektoré konštrukčné nepresnosti a nedostatky, znehodnocujúce príslušné výrobky, vznikajú nielen pre nedôsledné vyhotovenie jednotlivých predpísaných rozmerov a drsnosti povrchu, ale aj pre nedodržanie požadovaného geometrického tvaru plôch, resp. ich vzájomnej polohy. Ich príčinou sú predovšetkým výrobné stroje, chvenie nástroja, obrobku alebo celého zariadenia, ale aj nepresné uchytenie, resp. vnútorné napätie použitého materiálu.

ČSN 01 4401 (ST SEV 301-76) stanovuje najdôležitejšie názvy, pojmy a definície tolerancií tvaru a polohy, ktoré treba používať nielen v strojárstve pre montážne jednotky strojov a prístrojov, ale aj v iných priemyselných odvetviach.

Skutočná plocha výrobku je plocha, ktorá ho ohraničuje a oddeľuje od okolitého prostredia. Menovitá plocha je ideálna plocha, ktorej menovitý tvar je určený výkresom alebo iným spôsobom.

Profil je priesečnica plochy s rovinou alebo so zadanou plochou. (Ak nie je inak predpísané, býva pretínajúca rovina kolmá na plochu.) Skutočný profil je profil skutočnej plochy. Menovitý profil je profil menovitej plochy.

Skutočná os je geometrické miesto stredov v prierezoch rotačnej plochy, kolmých na os obalovej plochy. Za stred prierezu sa berie stred obalovej kružnice.

Prvok je všeobecný názov, ktorým možno za určitých podmienok rozumieť plochu (časť plochy alebo rovinu súmernosti viac plôch), čiaru (profil plochy, priesečnicu dvoch plôch, os plochy alebo prierezu), resp. bod (priesečník čiar, stred kružnice alebo gule).

Vzťažný úsek je časť plochy alebo čiary, na ktorý sa vzťahuje tolerancia alebo odchýlka tvaru, resp. polohy prvku. Pritom platí:

a) Vzťažný úsek musí sa predpísať rozmermi, ktoré určujú jeho plošný rozsah, dĺžku alebo uhol výseče, resp. aj polohu úseku na prvku.

b) Pre krivkové plochy alebo profily môže sa vzťažný úsek zadávať rozmermi priemetu plochy, resp. profilu.

c) Ak nie je predpísaná poloha vzťažného úseku, môže úsek mať ľubovoľnú polohu v rozsahu celého prvku. (Pri nepredpísanom vzťažnom úseku platí tolerancia alebo odchýlka tvaru, resp. polohy na celú plochu alebo dĺžku.)

Obalová plocha je plocha, ktorá má tvar menovitej plochy, dotýka sa skutočnej plochy a leží z vonkajšej strany súčiastky tak, aby odchýlka najvzdialenejšieho bodu skutočnej plochy v rozsahu vzťažného úseku mala najmenšiu hodnotu. *Obalový valec* je valec s najmenším priemerom, opísaný okolo skutočnej vonkajšej plochy, resp. s najväčším priemerom, vpísaný do skutočnej vnútornej plochy. *Obalový profil* je profil, ktorý má tvar menovitého profilu a leží z vonkajšej strany súčiastky tak, aby odchýlka najvzdialenejšieho bodu skutočného profilu v rozsahu vzťažného úseku mala najmenšiu hodnotu. *Obalová priamka* (resp.

rovinu) je priamka (rovina), ktorá sa dotýka skutočného profilu (skutočnej plochy) a leží z vonkajšej strany súčiastky tak, aby odchýlka najvzdialenejšieho bodu skutočného profilu (plochy) v rozsahu vzťažného úseku mala najmenšiu hodnotu (obr. 7.15a). *Obalová kružnica* je kružnica s najmenším priemerom, opísaná okolo skutočného profilu vonkajšej rotačnej plochy, resp. s najväčším priemerom, vpísaná do skutočného profilu vnútornej rotačnej plochy (obr. 7.15b).

V definíciách a vyobrazeniach sa používajú tieto označenia:

Δ je odchýlka tvaru, odchýlka polohy alebo súhrnná odchýlka tvaru a polohy,

T — tolerancia tvaru, tolerancia polohy alebo súhrnná tolerancia tvaru a polohy,

L — dĺžka vzťažného úseku (vzťažná dĺžka).

Odchýlka tvaru sa kvantitatívne vyhodnocuje ako najväčšia vzdialenosť skutočnej plochy (skutočného profilu) od obalovej plochy (obalového profilu) v smere normály k obalovej ploche (obalovému profilu). Vyhodnocovať sa môže vzhľadom na stredný prvok (profil). Platí:

a) Stredný prvok — plocha (profil) má tvar menovitej plochy (menovitého profilu) a leží proti skutočnej ploche tak, aby stredná kvadratická odchýlka bodov skutočnej plochy od strednej plochy (stredného profilu) mala v rozsahu vzťažného úseku najmenšiu hodnotu.

b) Pri vyhodnocovaní od stredného prvku sa odchýlka tvaru rovná súčtu absolútnych hodnôt najväčších odchýlok bodov skutočnej plochy (skutočného profilu) na obidve strany od stredného prvku (obr. 7.15c).

Drsnosť povrchu sa do odchýlky tvaru nezahŕňa (iba v odôvodnených prípadoch sa uvažuje aj s drsnosťou). Vlnitosť sa zahŕňa do odchýlky tvaru (len v odôvodnených prípadoch sa uvažuje odchýlka tvaru bez ohľadu na vlnitosť).

Tolerancia tvaru je najväčšia dovolená hodnota odchýlky tvaru. *Tolerančné pole tvaru* je oblasť v priestore alebo v rovine, v ktorej musia ležať všetky body skutočného posudzovaného prvku v rozsahu vzťažného úseku. *Šírka* alebo *priemer* tolerančného poľa sa určuje hodnotou tolerancie, jeho poloha proti skutočnej ploche sa určuje obalovým prvkom. Tolerančné pole môže byť:

a) Oblasť v priestore ohraničená dvoma plochami, ekvidištantnými k menovitej ploche a vzdialenými od seba v smere ich normály o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii tvaru plochy.

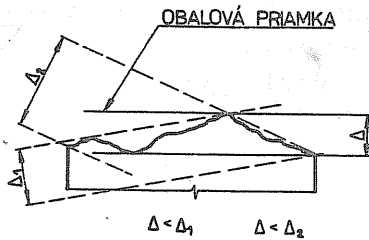
b) Oblasť v priestore ohraničená valcom, ktorého priemer sa rovná tolerancii tvaru osi (čiary) v priestore.

c) Oblasť v priestore ohraničená pravouhlým rovnobežnostenom, ktorého prierez má strany rovnajúce sa toleranciam tvaru osi (čiary) v dvoch navzájom kolmých smeroch.

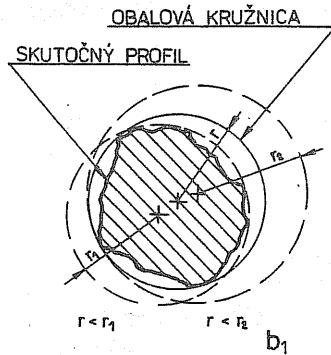
d) Oblasť v rovine daného smeru, ohraničená dvoma čiarami, ekvidištantnými k menovitému profilu a vzdialenými od seba v smere ich normály o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii tvaru profilu.

Základňa je prvok súčasti (aj súbor prvkov plniacich rovnakú funkciu), ktorý určuje jednu z rovín alebo os sústavy súradníc, ku ktorej sa predpisuje tolerancia polohy, resp. sa určuje odchýlka polohy posudzovaného prvku. Základňou môže byť napr. základná rovina, základná os, resp. základná rovina súmernosti. Sústavu základní tvorí súhrn dvoch alebo troch základní, vytvárajúcich sústavu súradníc, ku ktorým sa predpisuje tolerancia polohy, resp. sa určuje odchýlka polohy posudzovaného prvku.

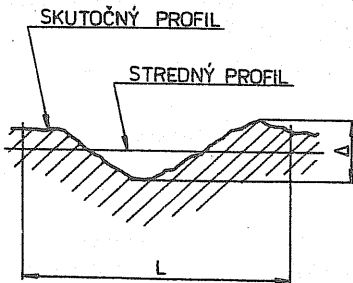
Pretože teleso v priestore má šesť stupňov voľnosti pohybu, môže sa posúvať v smere osi x , y , z , ale aj otáčať okolo týchto osí. Šesť stupňov voľnosti možno zrušiť šiestimi podperami, teda šiestimi vonkajšími reakciami. Ak je teleso viazané na plochu — základňu alebo výkyvný prút, odoberie sa mu jeden stupeň voľnosti pohybu (pri nulovej dĺžke prúta vzniká posuvný kĺb). Ak je teleso viazané na dve plochy alebo dva prúty, odoberú sa mu dva stupne voľnosti (pri nulovej dĺžke prúta vzniká rotačný kĺb). Ak je teleso viazané na tri plochy alebo tri prúty, ktoré neležia v jednej rovine, odoberú sa mu tri stupne voľnosti (pri nulových dĺžkach prútov vzniknú tri posuvné kĺby). Pri prútoch, ktoré sa pretínajú v jednom bode, vznikne priestorový kĺb — guľový čap. Ak sa teleso viaže na štyri plochy alebo štyri prúty,



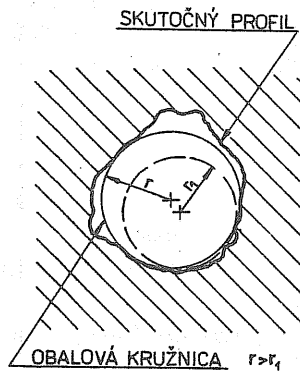
a



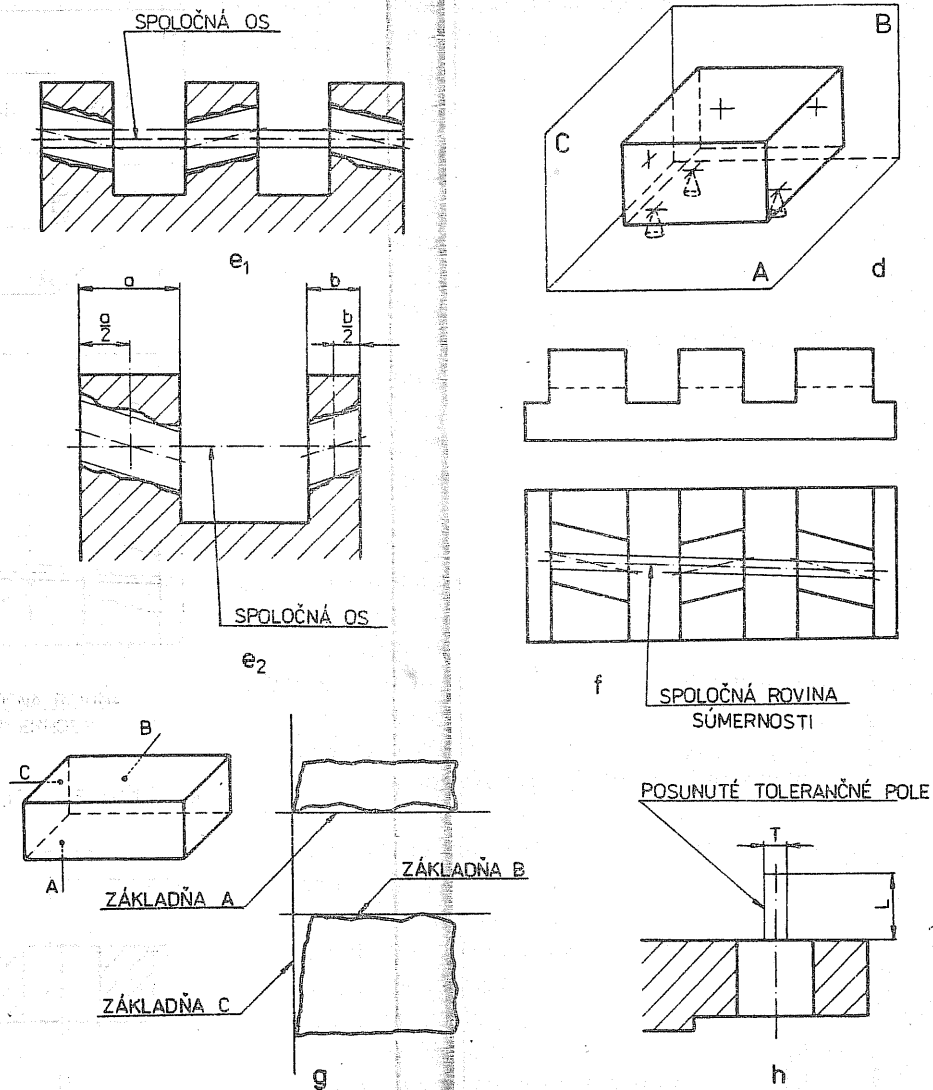
b₁



c



b₂



Obr. 7.15. Najdôležitejšie pojmy tolerancie tvaru a polohy

a — obelová priamka, b_1, b_2 — obelová kružnica, c — skutočný a stredný profil odchýlky tvaru, d — sústava základní, e_1, e_2 — spoločná os, f — spoločná rovina súmernosti, g — sústava základní pre odchýlku polohy, h — posunuté tolerančné pole polohy

z ktorých tri neležia v rovine, odoberú sa mu štyri stupne voľnosti. Takéto obmedzenie pohybu možno dosiahnuť aj vhodnými kombináciami predchádzajúcich väzieb. Podobné zásady platia aj pre väzbu odoberajúcu päť a šesť stupňov voľnosti. Šesť stupňov voľnosti pohybu možno však odobrať aj jedinou väzbou, a to votknutím telesa.

Pre sústavu základní platí:

a) Základne sa rozlišujú podľa poradia, v akom ubúda nimi odnímaný počet stupňov voľnosti. Napr. na obr. 7.15d základňa A odoberá súčiastke tri, základňa B dve a základňa C jeden stupeň voľnosti.

b) Ak sa nezadali základne alebo sa zadala sústava základní, ktorá odoberá súčiastke menej ako šesť stupňov voľnosti, potom sa poloha sústavy súradníc, v ktorej sa predpisuje tolerancia polohy posudzovaného prvku vzhľadom k iným prvkom súčiastky, obmedzuje v zostávajúcich stupňoch voľnosti len podmienkou dodržania zadanej tolerancie polohy a pri meraní polohy sa obmedzuje podmienkou dosiahnutia najmenej hodnoty odchýlky.

Spoločná os je priamka, ku ktorej má najväčšia odchýlka osí niekoľko posudzovaných rotačných plôch v rozsahu dĺžok týchto plôch najmenšiu hodnotu. Pre dve rotačné plochy je spoločnou osou priamka, pretínajúca osi posudzovaných plôch v ich stredných prierezoch (obr. 7.15e).

Spoločná rovina súmernosti je rovina, ku ktorej má najväčšia odchýlka rovín súmernosti niekoľko posudzovaných prvkov v rozsahu dĺžok týchto prvkov najmenšiu hodnotu (obr. 7.15f).

Menovitá poloha je poloha posudzovaného prvku (plochy alebo profilu) určená menovitými dĺžkovými a uhlovými rozmermi medzi ním a základňami, resp. medzi posudzovanými prvkami (keď sa nezadali základne). Skutočná poloha je poloha posudzovaného prvku (plochy alebo profilu), určená skutočnými dĺžkovými a uhlovými rozmermi medzi ním a základňami alebo medzi posudzovanými prvkami (keď sa nezadali základne).

Odchýlka polohy je odchýlka skutočnej polohy posudzovaného prvku od jeho menovitej polohy. Pri jej vyhodnocovaní sa vylučujú odchýlky tvaru posudzovaných a základných prvkov. Pritom sa skutočné plochy (profily) nahrádzajú obalovými plochami. Pri zadaní sústavy základní, musí obalový prvok tej základne, ktorá odoberá výrobku najväčší počet stupňov voľnosti, zodpovedať predchádzajúcim definíciám týchto prvkov. Pre ostatné základne sústavy musí obalový prvok spĺňať doplňujúcu požiadavku, teda mať menovitú polohu vzhľadom na obalové prvky základní, ktoré odoberajú výrobku väčší počet stupňov voľnosti (obr. 7.15g).

Tolerancia polohy je medza, ohraničujúca dovolenú hodnotu odchýlky polohy. Tolerančné pole polohy je oblasť v priestore alebo v danej rovine, v ktorej musí ležať obalový prvok alebo os, stred, rovina súmernosti v rozsahu vzťažného úseku. Šírka alebo priemer tolerančného poľa sa určuje hodnotou tolerancie; jeho poloha vzhľadom na základne sa určuje menovitou polohou posudzovaného prvku. Tolerančné pole môže byť oblasť, ktorú v priestore ohraničujú dve rovnobežné roviny, valec, pravouhlý rovnobežnosten alebo dve rovnobežné priamky vo vzdialenosti rovnajúcej sa toleranciam polohy prvku a zvierajúce menovitý uhol so základnými prvkami a (alebo) ležiace v menovitej vzdialenosti od základných prvkov napr. obr. 7.24e, 7.30d. Posunuté tolerančné pole polohy je tolerančné pole alebo

jeho časť, vymedzujúca odchýlku polohy posudzovaného prvku za dĺžkovým ohraničením tohto prvku (vzťažný úsek L vystupuje za hranice dĺžky prvku) (obr. 7.15h, 7.20b, tu musí napr. os otvoru ležať vo vystupujúcej dĺžke 60 mm vnútri valcového tolerančného poľa, ktorého priemer je $T = 0,2$ mm).

Závislá tolerancia polohy alebo tvaru je premenlivá tolerancia polohy alebo tvaru, ktorej najmenšia hodnota sa predpisuje na výkresoch alebo v technických požiadavkách, a ktorú možno prekročiť o hodnotu zodpovedajúcu odchýlke skutočného rozmeru obalového posudzovaného a (resp.) základného prvku danej súčiastky od danej strany (od horného medzného rozmeru hriadeľa alebo dolného medzného rozmeru diery). Závislá tolerancia môže sa predpisovať pri všetkých druhoch tolerancií polohy, najčastejšie pri tolerovaní polohy otvorov, napr. pre spojovacie skrutky, kolíky a pod. Pre výrobu výhodné prekročenie predpísanej geometrickej tolerancie nesmie však ohroziť požadovanú funkciu súčiastok. (Preto nemožno predpisovať závislé tolerancie napr. pri menovitej polohe dier pre uloženie spoluzaberajúcich ozubených kolies, pre čapy kĺbových mechanizmov a pod.)

Nezávislá tolerancia polohy alebo tvaru je tolerancia, ktorej číselná hodnota je stála pre všetky súčiastky, vyrábané podľa daného výkresu a nezávisí od skutočného rozmeru posudzovaného alebo základného prvku. Jednotlivé tolerancie sú navzájom nezávislé, pokiaľ nie je vzťah medzi určitými toleranciami na výkrese osobitne predpísaný alebo označený. Rôzne druhy odchýlok sa pri kontrole posudzujú a vyhodnocujú samostatne, nezávisle na sebe. Nezávislá tolerancia má pre všetky súčiastky, vyrábané podľa daného výkresu, stálu predpísanú hodnotu, ale závislá tolerancia je premenlivá pre jednotlivé súčiastky podľa toho, aké sú skutočné rozmery prvku, ku ktorému je závislosť predpísaná.

Nepredpísané tolerancie tvaru a polohy sa v nevyhnutných prípadoch uvádzajú zápisom v technických požiadavkách na výkrese, napr. **NEPREDPÍSANÉ TOLERANCIE TVARU A POLOHY PODĽA ČSN 01 4406**. Ak majú byť tolerancie polohy závislé, musí sa to uviesť zápisom, napr. **NEPREDPÍSANÉ TOLERANCIE TVARU A POLOHY PODĽA ČSN 01 4406, TOLERANCIE POLOHY ZÁVISLÉ**.

Súhrnná odchýlka tvaru a polohy je odchýlka, ktorou sa spoločne prejavuje odchýlka tvaru a odchýlka polohy posudzovanej plochy alebo posudzovaného profilu proti zadaným základniam.

Súhrnná tolerancia tvaru a polohy je medza ohraničená dovolenou hodnotou súhrnnej odchýlky tvaru a polohy. *Súhrnné tolerančné pole tvaru a polohy* je oblasť v priestore alebo v danej rovine, v ktorej musia ležať všetky body skutočnej plochy (skutočného profilu) v rozsahu vzťažného úseku.

Pravidlá na predpisovanie tolerancií tvaru a polohy geometrických prvkov na výkresoch stanovuje ČSN 01 3137 (ST SEV 368-76). Tolerancie tvaru a polohy sa uvádzajú predpísanými označeniami vtedy, keď je to potrebné z funkčných

a technologických dôvodov. Druh tolerancie tvaru a polohy sa označí značkou — grafickým symbolom podľa tab. 7.15. Prípadný druh neuvažovanej tolerancie tvaru a polohy sa predpíše slovne v technických požiadavkách. Text obsahuje:

- a) pomenovanie tolerancie,
- b) predpis plochy alebo iného prvku, na ktorý sa vzťahuje tolerancia (používa sa písomné označenie plochy alebo jej pomenovanie),
- c) číselnú hodnotu tolerancie v milimetroch,
- d) pri toleranciách polohy a súhrnných toleranciách tvaru a polohy sa ešte uvádzajú základne, ku ktorým sa predpisuje tolerancia, resp. sa uvedie podmienka závislých tolerancií polohy alebo tvaru.

Tabuľka 7.15

Označovanie druhu tolerancie tvaru a polohy

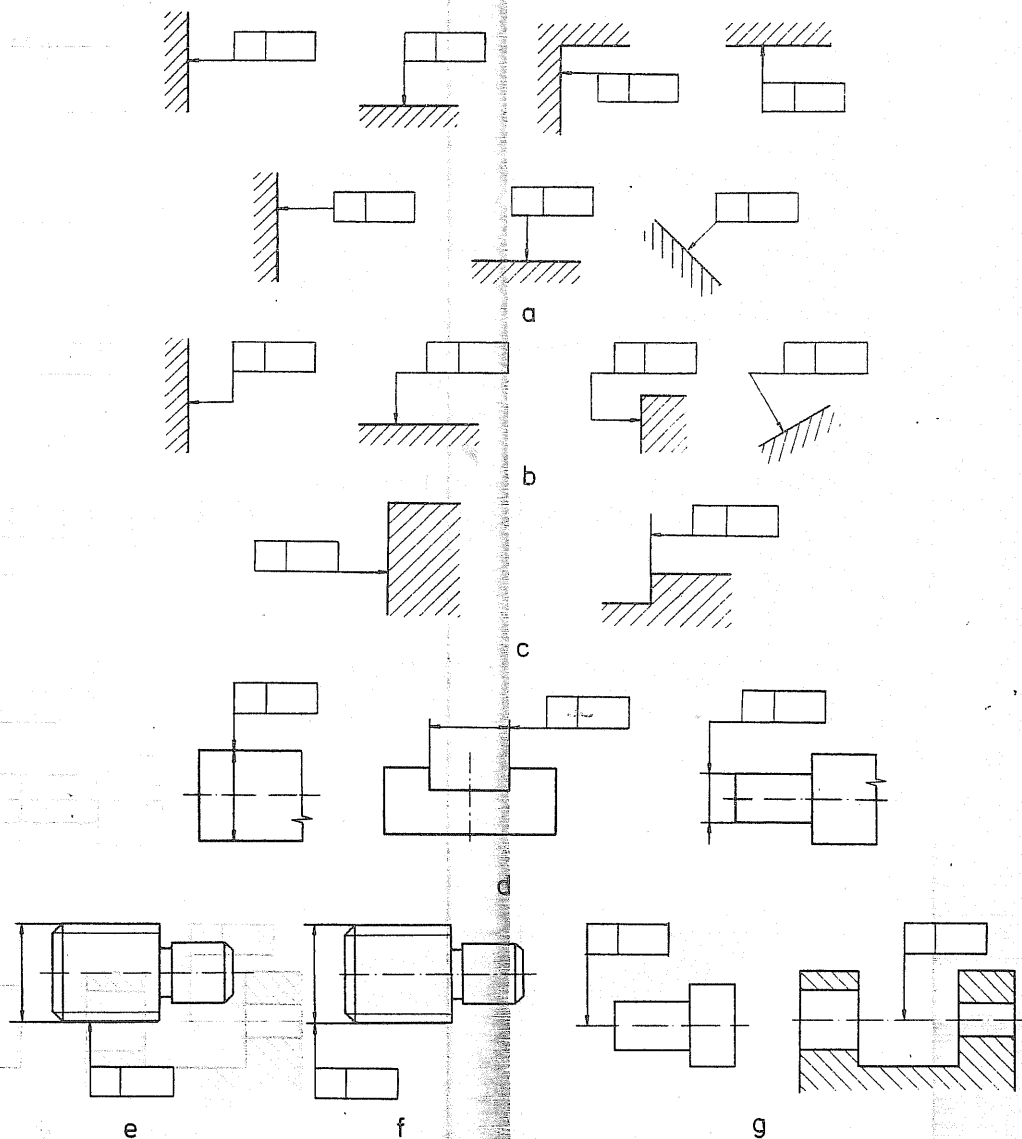
Skupina tolerancie	Druh tolerancie	Značka
Tolerancia tvaru	Tolerancia priamosti	
	Tolerancia rovinnosti	
	Tolerancia kruhovitosti	
	Tolerancia valcovitosti	
	Tolerancia profilu pozdĺžneho rezu	
Tolerancia polohy	Tolerancia rovnobežnosti	
	Tolerancia kolmosti	
	Tolerancia sklonu	
	Tolerancia súosovosti	
	Tolerancia súmernosti	
	Tolerancia menovitej polohy prvku	
	Tolerancia rôznobežnosti osí	
Súhrnné tolerancie tvaru a polohy	Tolerancia obvodového hádzania	
	Tolerancia čelného hádzania	
	Tolerancia hádzania v danom smere	
	Tolerancia úplného obvodového hádzania	
Tolerancia úplného čelného hádzania		
	Tolerancia tvaru daného profilu	
	Tolerancia tvaru danej plochy	

Značka a číselná hodnota tolerancie, resp. označenie základne, sa zapisuje do tolerančného rámčeka, ktorý sa rozdeľuje na dve alebo tri polia, pričom zľava v prvom poli je značka tolerancie, v druhom číselná hodnota tolerancie v milimetroch a v treťom poli podľa potreby ešte označenie základne.

Tolerančný rámček sa kreslí plnými tenkými čiarami alebo čiarami tej istej

hrúbky, akou sa píše číslice. Jeho rozmery musia dovoľovať zreteľné vpísanie čísla. Všetkých údajov vzhľadom na požiadavky reprografie. Výška použitých číslic a písmen sa rovná veľkosti kót. Tolerančný rámček sa kreslí prednostne vo vodorovnej polohe a len v nevyhnutnom prípade zvisle tak, aby sa údaje čítali z pravej strany výkresu. Nesmie sa však pretínať nijakými čiarami.

Okraj tolerančného rámčeka sa spája čiarou zakončenou šípkou s obrysovou



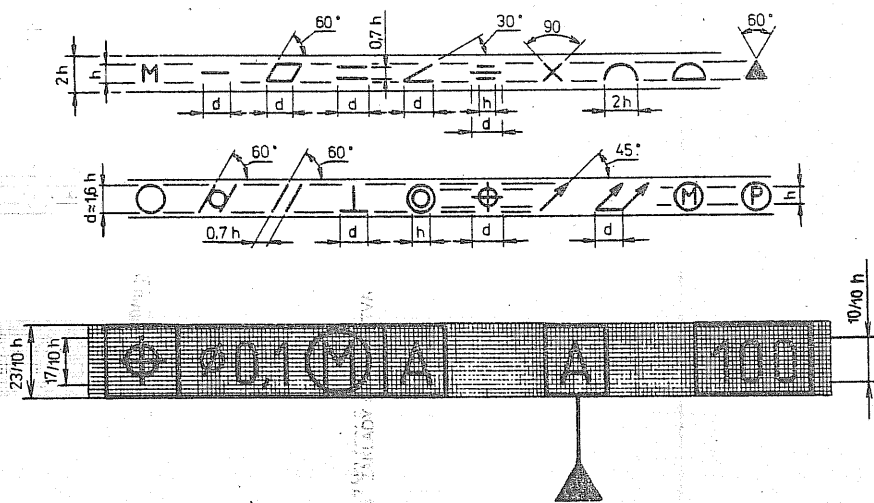
Obr. 7.16. Umiestňovanie tolerančného rámčeka k obrysovej alebo pomocnej vynášacej čiare

čiarou alebo čiarou predlžujúcou obrys tolerovaného prvku. Spojovacia čiara môže byť priama (obr. 7.16a) alebo lomená (obr. 7.16b), ale koniec čiary zakončený šípkou musí smerovať k obrysovej (pomocnej vynášacej) čiare tolerovaného prvku v smere merania odchýlky. Na zľahčenie kreslenia výkresu môže však spojovacia čiara začínať od druhej (zadnej) strany tolerančného rámečka alebo končiť na pomocnej čiare, vedenej v predĺžení obrysovej čiary prvku, aj zo strany materiálu súčiastky (obr. 7.16c).

Keď sa vzťahuje tolerancia na plochu alebo na jej profil (čiaru) a nie na os prvku, musí sa šípka umiestniť v dostatočnej vzdialenosti od konca kótovacej čiary (kótovacej šípky). Ak sa vzťahuje tolerancia na os alebo na rovinu súmernosti určitého prvku, musí sa koniec spojovacej čiary viesť v predĺžení kótovacej čiary príslušného rozmeru (napr. priemeru alebo šípky). Pri nedostatku miesta v obraze, možno prilahlú šípku kótovacej čiary nahradiť šípkou spojovacej čiary (obr. 7.16d). Keď je rozmer prvku už určený na iných kótovacích čiarach, nezapisuje sa kóta na kótovacej čiare, ktorou sa označuje tolerancia tvaru alebo poloha (osi, roviny súmernosti) daného prvku. Kótovaciu čiaru bez zapísanej kóty treba považovať za časť tohto značenia.

Ak sa vzťahuje tolerancia na boky závitovej plochy, pripája sa tolerančný rámeček podľa obr. 7.16e. Keď sa vzťahuje tolerancia na os závitú, pripája sa rámeček podľa obr. 7.16f. Ak sa tolerancia vzťahuje na spoločnú os alebo spoločnú rovinu súmernosti, pričom z výkresu vyplýva, pre ktoré prvky je daná os (rovinu súmernosti) spoločná, vedie sa spojovacia čiara k spoločnej osi (obr. 7.16g).

Odporúčané grafické vyhotovenie značiek a tolerančného rámečka na predpisovanie tolerancií tvaru a polohy, vo vzťahu k veľkosti písma h kót a s pomocou plošnej siete písma je na obr. 7.17.



Obr. 7.17. Tvary značiek na predpisovanie tolerancií tvaru a polohy

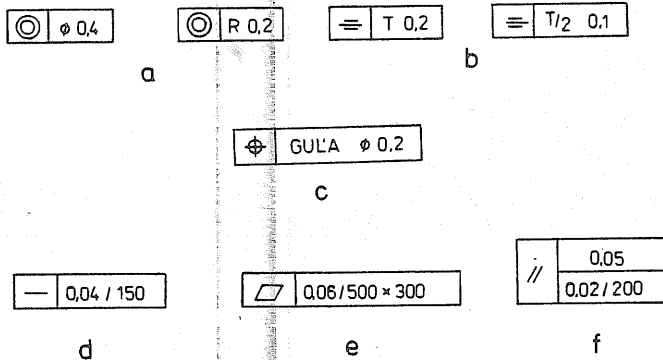
Pri vyplňovaní polí tolerančného rámečka sa pred číselnú hodnotu zapíše:

a) značka ϕ (R), ak sa predpisuje kruhové alebo valcové tolerančné pole priemerom (polomerom, obr. 7.18a).

b) značka T (T/2), ak sa predpisuje tolerančné pole súmernosti, rôznobežnosti osí a menovitej polohy prvku, ohraňované dvoma rovnobežnými priamkami alebo rovinami v priemerovom (polomerovom) vyjadrení (obr. 7.18b);

c) slovo GULA, ak je tolerančné pole guľové (obr. 7.18c).

Keď nie je predpísaný vzťažný úsek, platí číselná hodnota tolerancie pre celú plochu alebo dĺžku prvku. Tolerancia vzťahovaná na určitú obmedzenú dĺžku, ktorá môže ležať na ľubovoľnom mieste tolerovaného prvku, vyžaduje zapísanie vzťažného úseku v milimetroch za hodnotu tolerancie, od ktorej sa oddelí šikmou čiarkou (znakom lomeno, obr. 7.18d). Takto predpísaná tolerancia, vzťahovaná na rovinu znamená, že uvedený vzťažný úsek platí pre ľubovoľnú polohu a ľubovoľný smer v rovine. Ak má byť tolerancia platná pre určitú obmedzenú časť, ktorá môže ležať na ploche v ľubovoľnom mieste, uvedú sa za šikmou čiarou rozmery vzťažného úseku v milimetroch (obr. 7.18e). Ak treba predpísať toleranciu na celý prvok a súčasne aj na určitý úsek, predpíše sa druhá tolerancia pod prvú v spoločnom tolerančnom rámečku (obr. 7.18f).



Obr. 7.18. Vyplňovanie polí tolerančného rámečka

Závislé tolerancie polohy alebo tvaru sa označujú značkou M , ktorá sa píše:

a) za číselnú hodnotu tolerancie, keď sa závislá tolerancia viaže na skutočné rozmery tolerovaného prvku (obr. 7.19a);

b) za písmeno označenia základne (obr. 7.19b) alebo bez označenia základne v treťom poli tolerančného rámečka (obr. 7.19d), keď sa závislá tolerancia viaže na skutočné rozmery základného prvku;

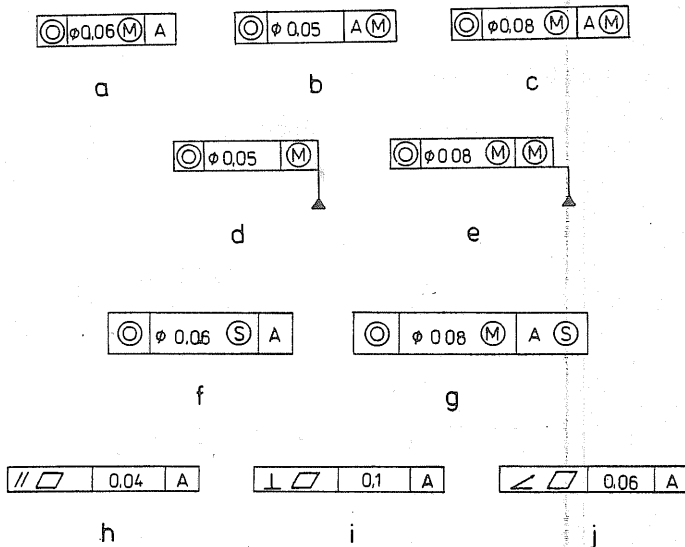
c) za číselnú hodnotu tolerancie a za písmeno označenia základne (obr. 7.19c) alebo bez označenia základne (obr. 7.19e), keď sa závislá tolerancia viaže na skutočné rozmery tolerovaného a základného prvku.

Keď nie je tolerancia polohy alebo tvaru predpísaná ako závislá, považuje sa za nezávislú, ktorá sa podľa skôr vydananej dokumentácie môže označiť značkou (S):

a) Ak závislé tolerancie polohy tvoria na výkrese väčšinu, pričom nezávislé tolerancie majú okrem značky v rámečku (obr. 7.19f) ešte zápis v technických požiadavkách, napr. **VŠETKY TOLERANCIE SÚSOVOSTI SÚ ZÁVISLÉ OKREM TOLERANCIÍ OZNAČENÝCH ZNAČKOU (S)**.

b) Ak sa číselná hodnota závislej tolerancie polohy viaže iba na rozmery tolerovaného prvku, pričom značka bude za písmenom označujúcim základňu (obr. 7.19g).

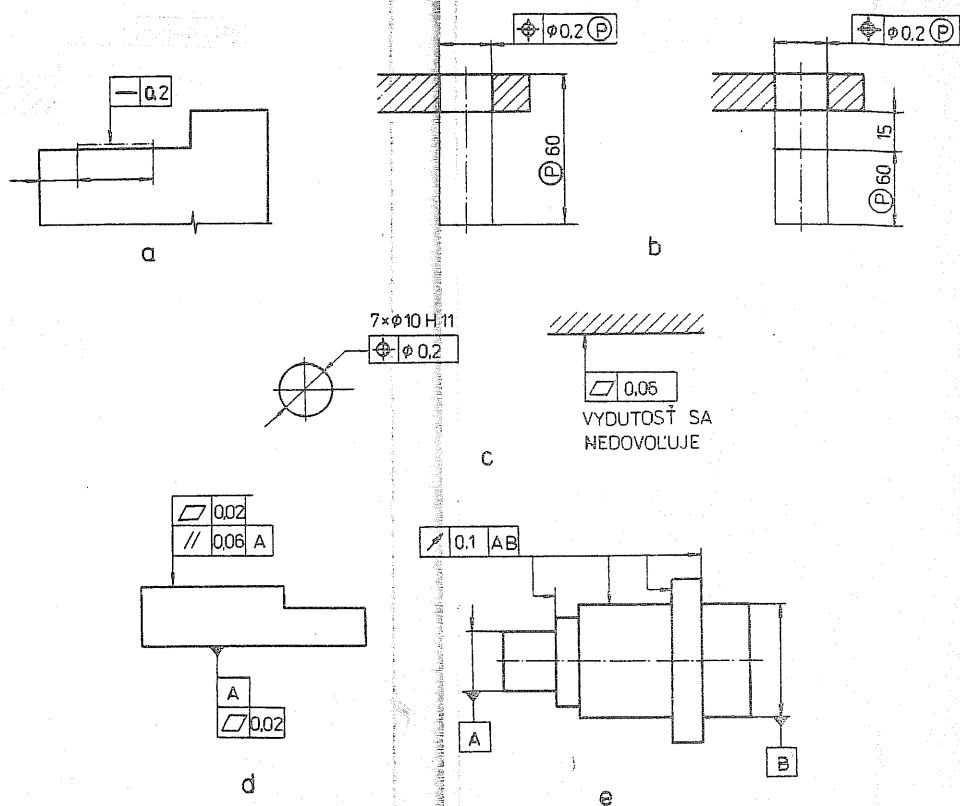
Súhrnné tolerancie tvaru a polohy, pre ktoré nie sú stanovené osobitné grafické značky, sa označujú kombinovanými značkami a zapisujú v prvom poli rámečka tak, že sa za značku tolerancie polohy uvedie značka tolerancie tvaru. Príklad označenia súhrnnej tolerancie rovnobežnosti a rovinnosti je na obr. 7.19h, kolmosti a rovinnosti na obr. 7.19i, sklonu a rovinnosti na obr. 7.19j.



Obr. 7.19. Označovanie závislej, nezávislej a súhrnnej tolerancie tvaru a polohy

Tolerancia, platná pre vzťažný úsek ležiaci v určitom mieste prvku, má vzťažný úsek vyznačený bodkočiarkovanou čiarou a vymedzený kótami podľa obr. 7.20a.

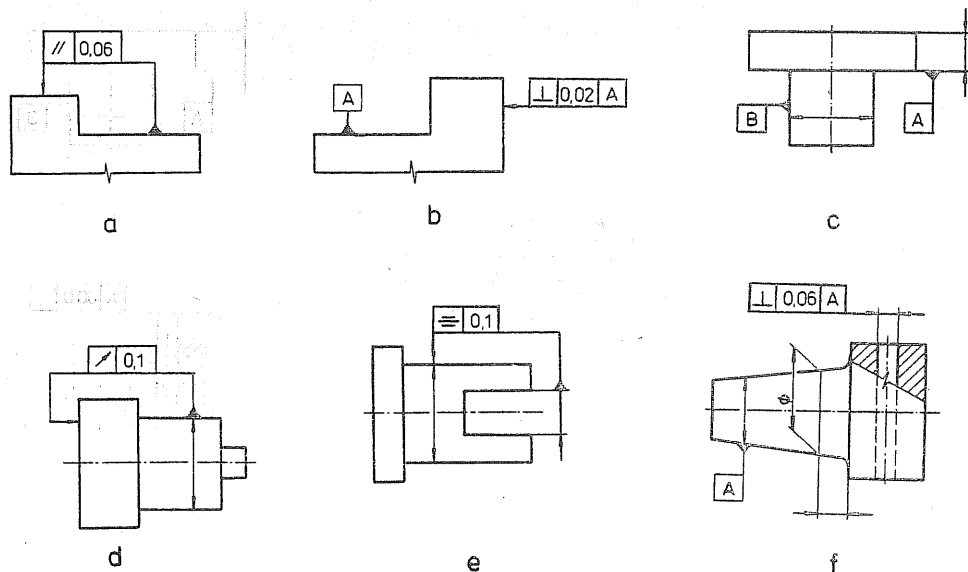
Požiadavka posunutého tolerančného poľa polohy sa vyjadří značkou (P) za číselnou hodnotou tolerancie. Obrys posunutej časti tolerovaného prvku sa ohraničí plnou tenkou čiarou a dĺžka a poloha posunutého tolerančného poľa sa okótuje podľa obr. 7.20b. Nadpisy, ktoré dopĺňajú vyznačené údaje, sa píše nad alebo pod rámeček (obr. 7.20c).



Obr. 7.20. Ďalšie presnújúce možnosti predpisovania tolerancií tvaru a polohy na výkresoch

Požiadavka predpisania dvoch rôznych druhov tolerancií pre jeden prvok sa môže vyznačiť spojením rámečkov podľa hornej časti obr. 7.20d. Ak treba pre určitú plochu predpísať toleranciu tvaru alebo polohy a zároveň ju označiť písmenom, použitým pri predpise inej tolerancie, môžu sa rámečky s oboma označeniami umiestniť pod sebou na jednej spojovacej čiare podľa dolnej časti obr. 7.20d. Opakujúce sa rovnaké alebo rôzne druhy tolerancií, označené rovnakou značkou, ktoré majú rovnakú číselnú hodnotu, a vzťahujú sa k tým istým základniám, predpisujú sa len raz v rámečku, od ktorého sa vedie jedna spojovacia čiara rozvetvujúca sa ku všetkým tolerovaným prvkom (obr. 7.20e).

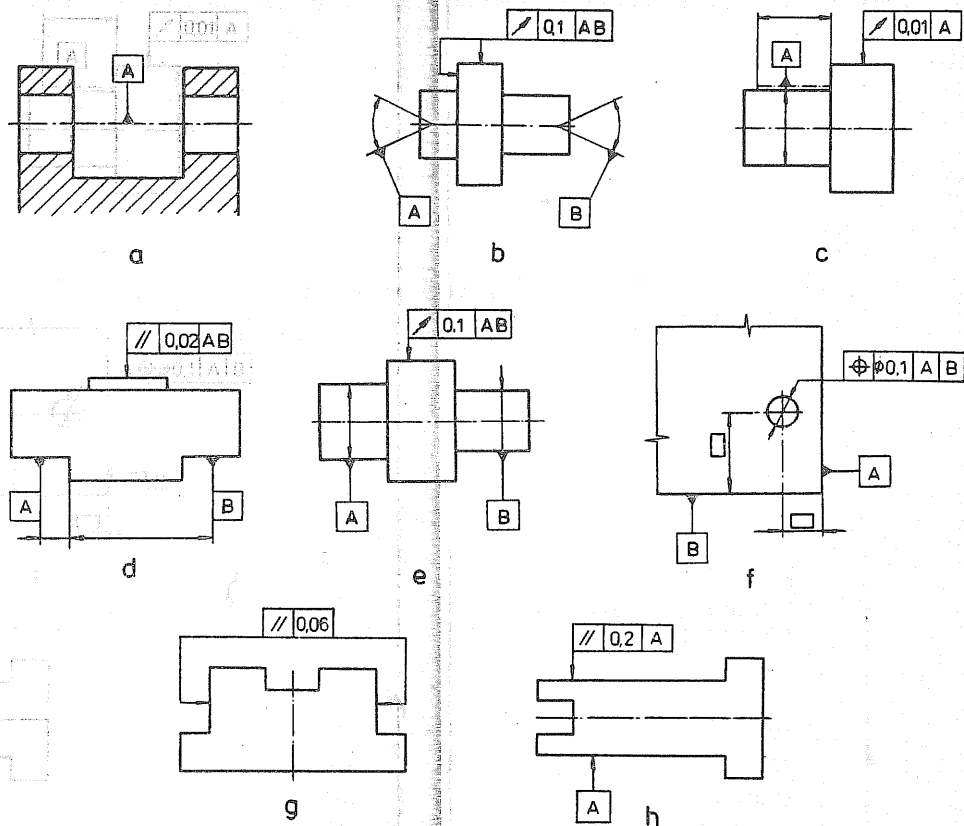
Základne sa označujú plným trojuholníčkom, ktorý sa spojí spojovacou čiarou s tolerančným rámečkom (obr. 7.21a). Trojuholníček je rovnostranný a má výšku približne rovnajúcu sa veľkosti kót. Ak sa nedá trojuholníček jednoducho spojiť s rámečkom, označí sa základňa písmenom veľkej abecedy v osobitnom rámečku a toto písmeno sa vpiše do tretieho poľa rámečka (obr. 7.21b). Základňa trojuhol-



Obr. 7.21. Príklady možného označovania základní

nička leží na obrysovej čiare prvku alebo na pomocnej čiare vedenej v predĺžení obrysovej čiary prvku, ktorý tvorí základňu. Ak je základňou plocha alebo priamka (čiara) tejto plochy a nie os prvku, musí sa trojuholníček umiestniť v dostatočnej vzdialenosti od konca kótovacej čiary (šípky, obr. 7.21c). Keď je základňou os alebo rovina súmernosti, musí sa trojuholníček umiestniť na konci kótovacej čiary príslušného rozmeru (priemeru, šípky) prvku (obr. 7.21d). Pritom trojuholníček môže nahradiť prilahlú kótovaciu šípku (obr. 7.21e). Rozmer prvku už raz určený na iných kótovacích čiarach daného prvku, resp. rozmer nepodliehajúci kontrole, sa už neudáva. Kótovaciu čiaru bez pripísanej kóty treba považovať za časť označenia základne (obr. 7.21f).

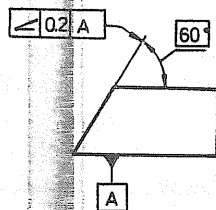
Keď je základňou spoločná os alebo spoločná rovina súmernosti, a keď z výkresu vyplýva, pre ktoré prvky je daná os (rovina súmernosti) spoločná, umiestni sa trojuholníček na spoločnú os (obr. 7.22a). Ak je základňou len časť prvku alebo určité miesto prvku, vymedzí sa táto poloha kótami (obr. 7.22b, c, d). Ak tvoria dva alebo niekoľko prvkov spoločne základňu a ich poradie nemá význam (napr. prvky majú spoločnú os alebo rovinu súmernosti), označuje sa každý prvok samostatne a obidve (všetky) písmená sa vpišu za sebou do tretieho poľa rámčeka polohy (obr. 7.22b, d, e). Pri požiadavke predpísania tolerancie polohy vzhľadom na sústavu základní, vpisujú sa písmená označujúce základne do samostatných polí (tretieho a ďalších) rámčeka. Pritom sa základne zapisujú v poradí ubúdania stupňov voľnosti (obr. 7.22f). Keď sa predpisuje tolerancia polohy pre dva rovnaké prvky



Obr. 7.22. Iné možnosti označovania základní

a keď nie je potrebné alebo možné (pri súmerných súčiastkach) rozlíšiť prvky a zvoliť jeden z nich za základňu, kreslí sa namiesto trojuholníčka šípka (obr. 7.22g, h).

Pri predpisovaní tolerancie menovitej polohy prvkov, tolerancie sklonu a tolerancie tvaru danej plochy alebo daného profilu, sa dĺžkové a uhlové rozmery, ktoré určujú menovitú polohu alebo menovitý tvar, udávajú na výkresoch bez medzných odchýlok a vpisujú do pravouhlého rámečka podľa obr. 7.23.



Obr. 7.23. Predpisovanie tolerancie menovitej polohy

Číselné hodnoty tolerancií tvaru a polohy častí strojov a prístrojov stanoví ČSN 01 4405 (ST SEV 636-77), a to pre rozsahy menovitých rozmerov do 2500 mm a pre niektoré prípady až do 10 000 mm. Základom číselných hodnôt je rad vyvolených čísel R10 so zaokrúhlením niektorých hodnôt na čísla vhodné na odčítanie zo stupnic meracích prístrojov (napr. 3,2 sa zaokrúhlilo na 3, resp. 6,3 na 6). Konkrétne hodnoty tolerancií tvaru, tolerancií polohy a súhrnných tolerancií tvaru a polohy sú v tab. 7.16.

Tabuľka 7.16

Základný rad tolerancií tvaru a polohy

Hodnoty tolerancií (μm)									
0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000
10 000	12 000	16 000							

V citovanej norme sa uvádza tabuľka pre tolerancie rovinnosti a priamosti do rozmerov 10 000 mm, pre tolerancie valcovitosti, kruhovitosti a profilu pozdĺžneho rezu do rozmerov 2500 mm, tabuľka pre tolerancie rovnobežnosti, kolmosti, sklonu, čelného hádzania a úplného hádzania do 10 000 mm, tabuľka pre tolerancie obvodového hádzania a úplného obvodového hádzania, ale aj pre tolerancie súosovosti, súmernosti, rôznobežnosti osí v priemerovom a v polomerovom vyjadrení do rozmerov 2500 mm. V tab. 7.17 sa nachádzajú tolerancie rovinnosti a priamosti pre rozsahy menovitých rozmerov do 10 000 mm a pre 16 stupňov presnosti.

7.4.2 Odchýlky a tolerancie tvaru

Odchýlka a tolerancia priamosti

Odchýlka priamosti v rovine je najväčšia vzdialenosť Δ bodov skutočného profilu od obalovej priamky v rozsahu vzťažného úseku L . Tolerancia priamosti je najväčšia dovolená hodnota odchýlky priamosti. Tolerančné pole priamosti v rovine je oblasť ohraničená dvoma rovnobežnými priamkami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii priamosti T (obr. 7.24a). Osobitným druhom odchýlky priamosti je: *vypuklosť*, pri ktorej sa vzdialenosť bodov skutočného

100	150	200	250	300	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6300	8000	10000
0,05	0,07	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	15,0	20,0	30,0
0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0	15,0	20,0	30,0	40,0	60,0
0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,2	1,6	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	20,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0
0,3	0,4	0,6	0,8	1,2	1,6	2,5	3,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0
0,4	0,6	0,8	1,2	1,6	2,5	3,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0	250,0
0,5	0,8	1,2	1,6	2,5	3,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0	250,0	400,0
0,6	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0	250,0	400,0	600,0
0,8	1,2	1,6	2,5	3,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0	250,0	400,0	600,0
1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0	250,0	400,0	600,0	1000,0
1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0	250,0	400,0	600,0	1000,0	1500,0
2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0	250,0	400,0	600,0	1000,0	1500,0	2000,0
3,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0	250,0	400,0	600,0	1000,0	1500,0	2000,0	3000,0
4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0	250,0	400,0	600,0	1000,0	1500,0	2000,0	3000,0	4000,0
6,0	8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0	250,0	400,0	600,0	1000,0	1500,0	2000,0	3000,0	4000,0	6000,0
8,0	12,0	16,0	25,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	160,0	250,0	400,0	600,0	1000,0	1500,0	2000,0	3000,0	4000,0	6000,0	10000,0

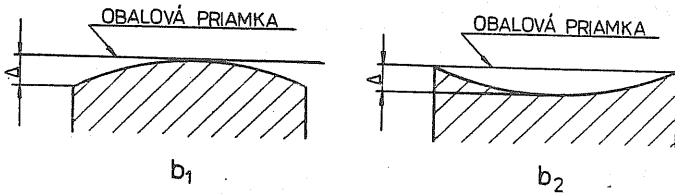
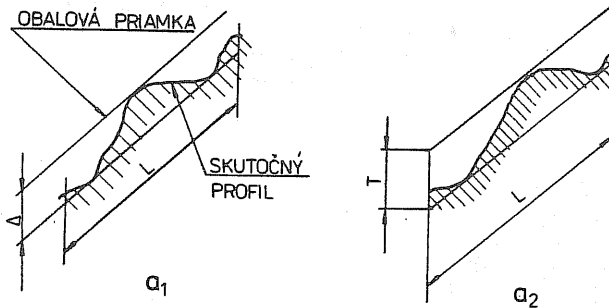
Tabuľka 7.17

Tolerancia rovinnosti a priamosti pre 16 stupňov presnosti

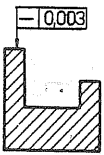
Menovitý rozmer (mm)		Stupeň presnosti															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
nad	do	Hodnoty tolerancii (µm)															
10	0,25	0,4	0,6	0,8	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
16	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
40	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
63	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
100	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1500
250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1500	2500
630	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
1000	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1500	2500	4000
1600	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000
2500	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1500	2500	4000	6000
4000	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000	8000
6300	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1500	2500	4000	6000	10000
10000	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000	8000	15000

profilu od obalovej priamky znižuje od okraja do stredu; vydutosť, pri ktorej sa vzdialenosť bodov skutočného profilu od obalovej priamky zväčšuje od okraja do stredu (obr. 7.24b). Príklady označenia sú na obr. 7.24c, ale aj v ČSN 01 3137, kde sú príklady pre ďalšie druhy tolerancií tvaru a polohy.

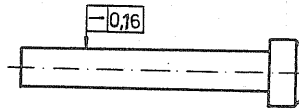
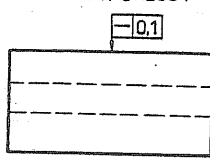
Odchýlka priamosti osi (alebo čiary) v priestore je najmenšia hodnota priemeru Δ valca, v ktorom leží skutočná os rotačnej plochy (čiara) v rozsahu



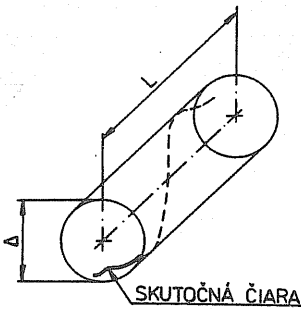
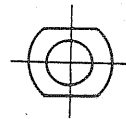
LEN VYPUKLOSŤ



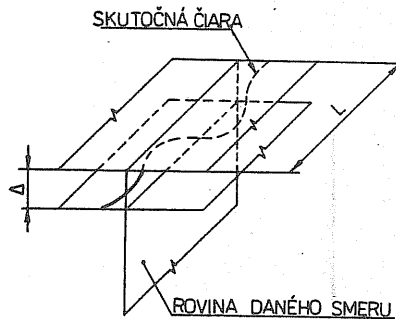
c1



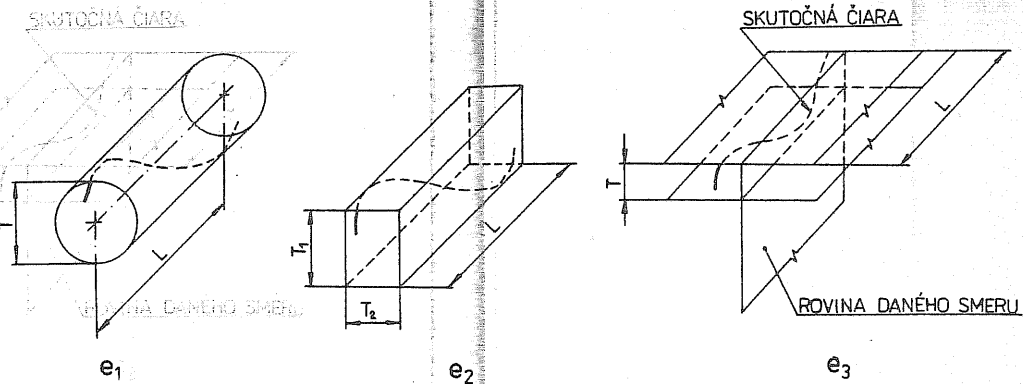
c2



d1



d2



Obr. 7.24. Odchýlka a tolerancia priamosti

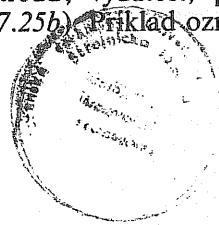
a_1, a_2 — určenie odchýlky a tolerancie, b_1, b_2 — vypuklosť a vydutosť, c_1, c_2 — príklady označenia, d_1, d_2 — odchýlka priamosti osi v priestore a v danom smere, e_1, e_2, e_3 — tolerančné pole priamosti osi

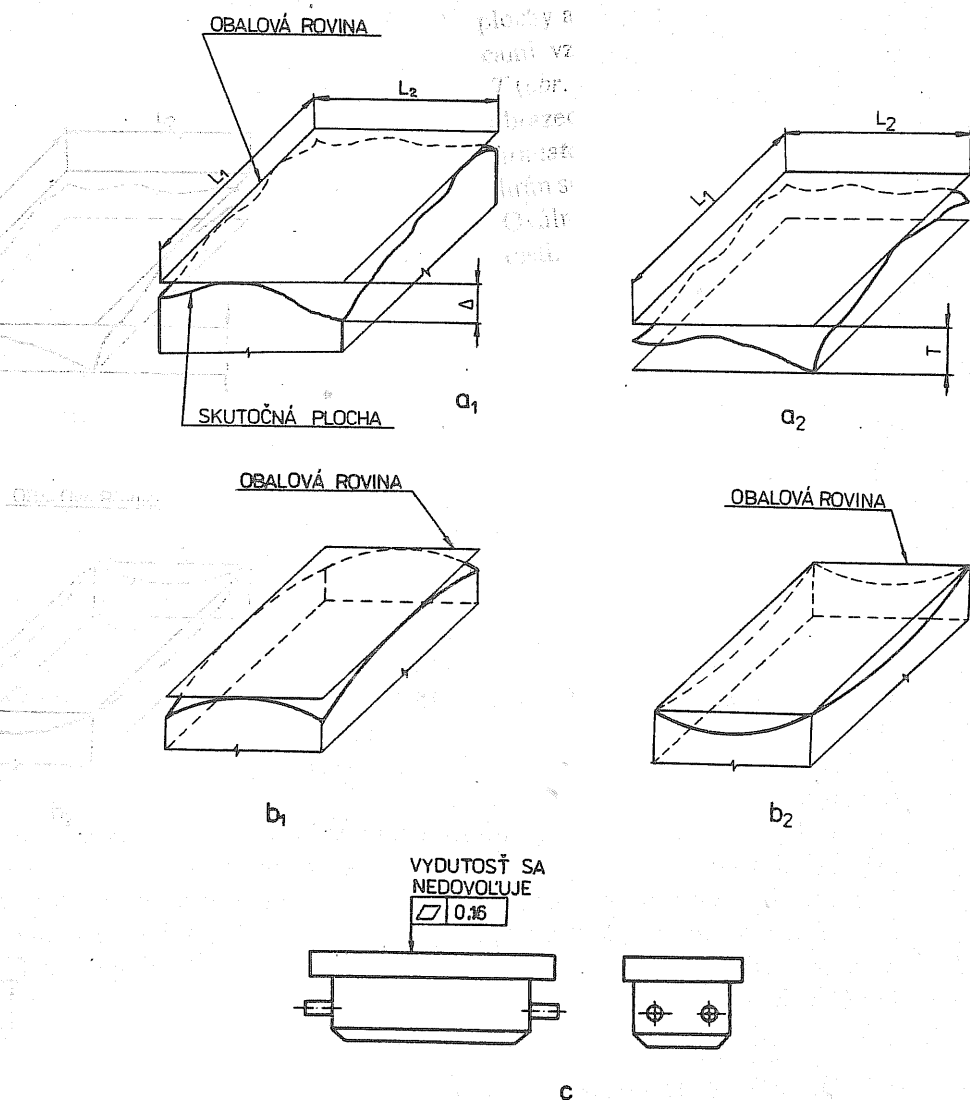
vzťažného úseku L . Odchýlka priamosti osi (alebo čiary) v danom smere je najmenšia vzdialenosť Δ medzi dvoma rovnobežnými rovinami, kolnými na rovinu daného smeru, v priestore medzi ktorými leží skutočná os rotačnej plochy (čiara) v rozsahu vzťažného úseku L (obr. 7.24d). Tolerančné pole priamosti osi (alebo čiary) je:

- a) Oblasť v priestore ohraničená valcom, ktorého priemer sa rovná tolerancii priamosti T .
- b) Oblasť v priestore ohraničená pravouhlým rovnobežnostenom, ktorého prierez má strany rovnajúce sa toleranciam osi (čiary) T_1 a T_2 v dvoch na seba kolných smeroch a bočné steny sú kolmé k príslušnej rovine daného smeru.
- c) Oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii priamosti osi (čiary) T a kolnými na rovinu daného smeru (obr. 7.24e).

Odchýlka a tolerancia rovinnosti

Odchýlka rovinnosti je najväčšia vzdialenosť Δ bodov skutočnej plochy od obalovej roviny v rozsahu vzťažného úseku. Tolerancia rovinnosti je najväčšia dovolená hodnota odchýlky rovinnosti. Tolerančné pole rovinnosti je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii rovinnosti T (obr. 7.25a). Osobitným druhom odchýlky rovinnosti je: *vypuklosť*, pri ktorej sa vzdialenosť bodov skutočnej plochy od obalovej roviny znižuje od okraja do stredu; *vydutosť*, pri ktorej sa vzdialenosť zväčšuje od okraja do stredu (obr. 7.25b). Príklad označenia je na obr. 7.25c.



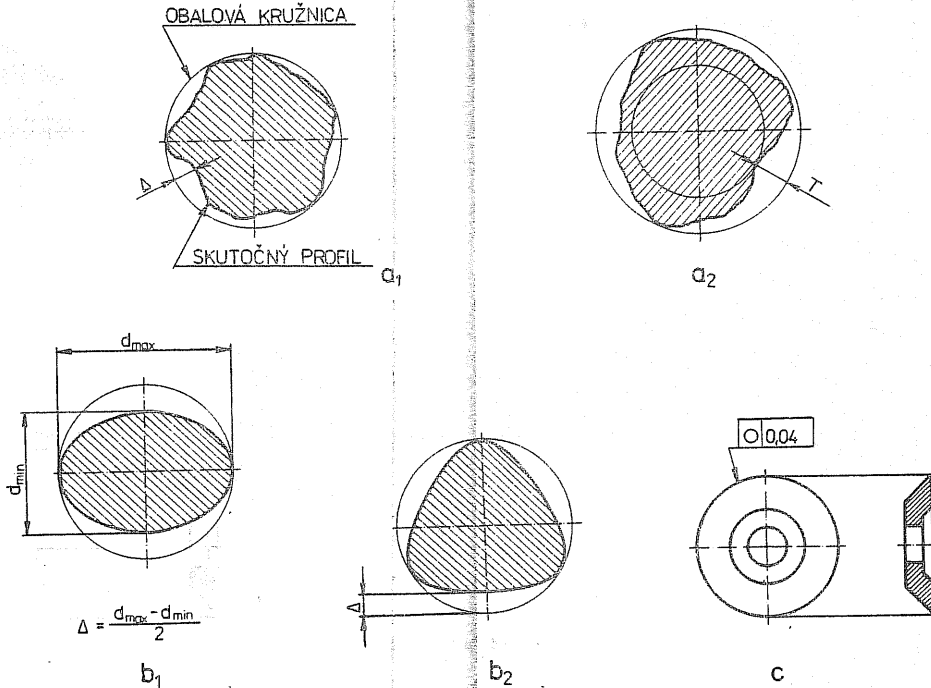


Obr. 7.25. Odchýlka a tolerancia rovinnosti
 a_1, a_2 — určenie odchýlky a tolerancie, b_1, b_2 — vypuklosť a vydutosť, c — príklad označenia

Odchýlka a tolerancia kruhovitosti

Odchýlka kruhovitosti je najväčšia vzdialenosť Δ bodov skutočného profilu od obalovej kružnice. Tolerancia kruhovitosti je najväčšia dovolená hodnota odchýlky kruhovitosti. Tolerančné pole kruhovitosti je oblasť v rovine kolmej na os rotačnej

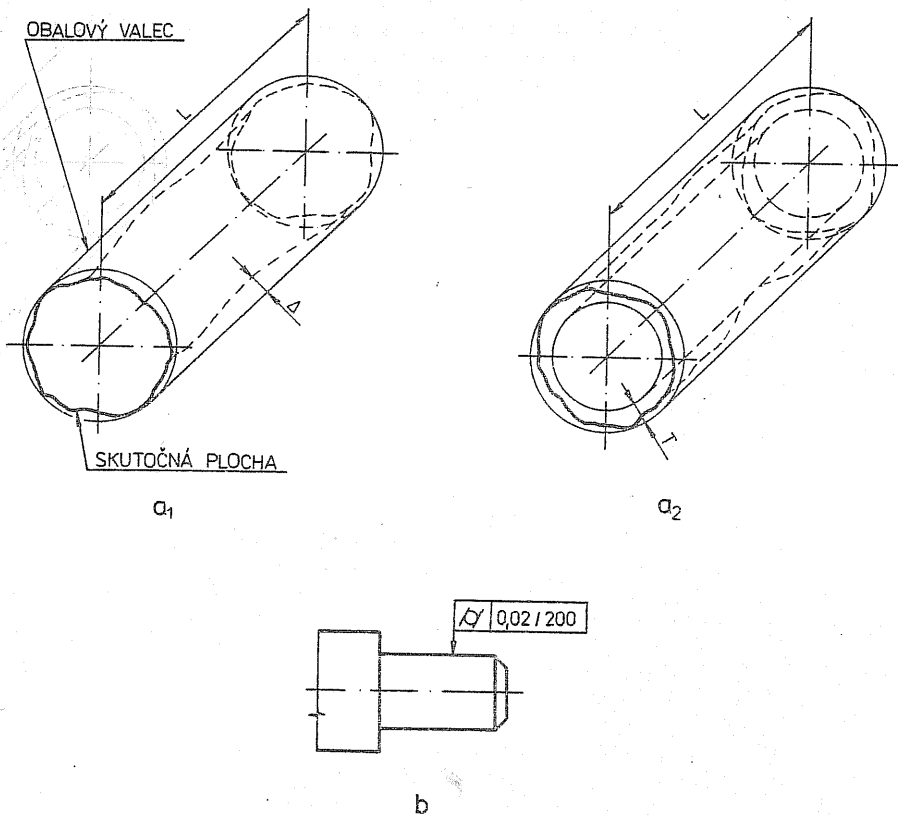
plochy alebo prechádzajúca stredom gule, ohraničená dvoma sústrednými kružnicami, vzdialenými od seba o šírku medzikružia rovnajúcu sa tolerancii kruhovitosti T (obr. 7.26a). Osobitným druhom je *oválnosť*, pri ktorej je skutočný profil oválny obrazec, ktorého najväčší a najmenší priemer leží v navzájom kolmých smeroch; *hranatosť*, pri ktorej je skutočný profil obraz s viacerými hranami (pri malom počte hrán sú priemery profilu v pričnom reze rovnaké vo všetkých smeroch, obr. 7.26b). Oválnosť a hranatosť sa kvantitatívne vyhodnocuje ako odchýlka kruhovitosti. Príklad označenia je na obr. 7.26c.



Obr. 7.26. Odchýlka a tolerancia kruhovitosti
 a_1, a_2 — určenie odchýlky a tolerancie, b_1, b_2 — oválnosť a hranatosť, c — príklad na označenie

Odchýlka a tolerancia valcovitosti

Odchýlka valcovitosti je najväčšia vzdialenosť Δ bodov skutočnej plochy od obalového valca v rozsahu vzťažného úseku L . Tolerancia valcovitosti je najväčšia dovolená hodnota odchýlky valcovitosti. Tolerančné pole valcovitosti je oblasť v priestore ohraničená dvoma súosovými valcami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii valcovitosti T (obr. 7.27a). Príklad označenia je na obr. 7.27b.

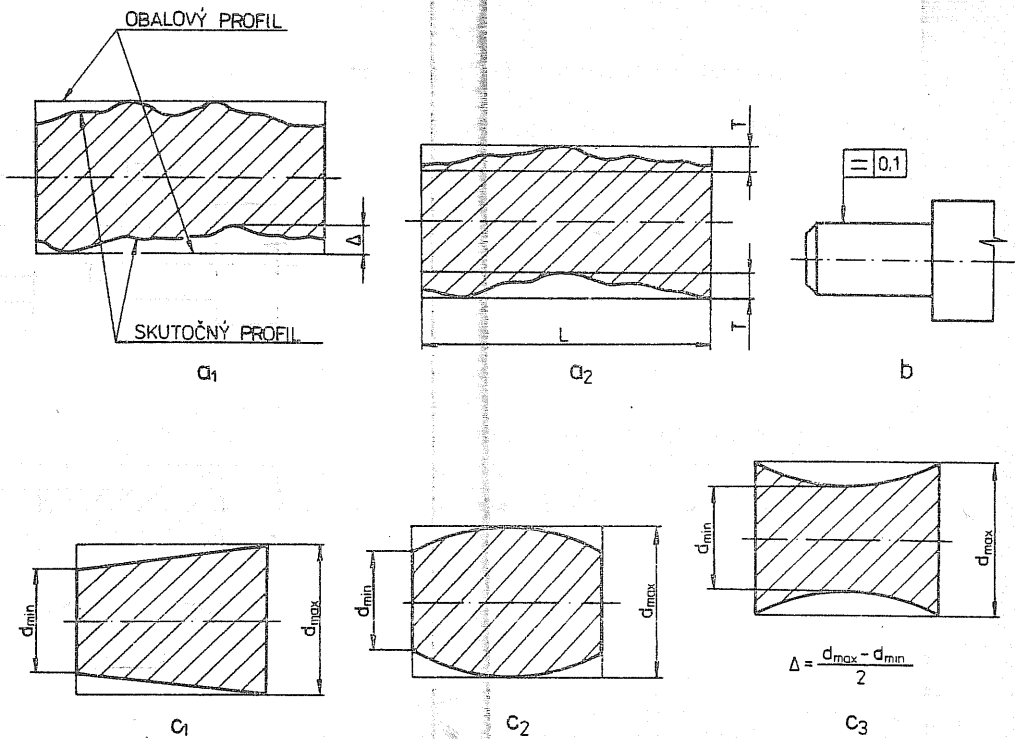


Obr. 7.27. Odchýlka a tolerancia valcovitosti
 a_1, a_2 — určenie odchýlky a tolerancie, b — príklad na označenie

Odchýlka a tolerancia profilu pozdĺžneho rezu valcovej plochy

Odchýlka profilu pozdĺžneho rezu je najväčšia vzdialenosť Δ bodov tvoriacich čiar skutočnej plochy, ležiacich v rovine prechádzajúcej jej osou, od príslušnej strany obalového profilu v rozsahu vzťažného úseku L . Tolerancia profilu pozdĺžneho rezu je najväčšia dovolená hodnota odchýlky profilu pozdĺžneho rezu. Tolerančné pole profilu pozdĺžneho rezu je oblasť v rovine prechádzajúcej osou valcovej plochy, ohraničená dvoma párami rovnobežných priamok, ktoré majú spoločnú os súmernosti a sú od seba vzdialené o dĺžky rovnajúce sa tolerancii profilu T (obr. 7.28a). Príklad označenia je na obr. 7.28b.

Obalový profil pozdĺžneho rezu valcovou plochou tvoria dve rovnobežné



Obr. 7.28. Odchýlka a tolerancia profilu pozdĺžneho rezu valcovej plochy

a_1, a_2 — určenie odchýlky a tolerancie, b — príklad na označenie, c_1, c_2, c_3 — kužeľovitost', súdkovitost' a sedlovitost'

priamky, dotýkajúce sa skutočného profilu a ležiace z vonkajšej strany telesa tak, aby najväčšia odchýlka bodov tvoriacej čiary skutočného profilu od príslušnej strany obalového profilu mala najmenšiu hodnotu. Odchýlka profilu pozdĺžneho rezu charakterizuje odchýlku priamosti a rovnobežnosti tvoriacich čiar. V odôvodnených prípadoch sa môžu používať na tolerovanie odchýlky tvaru valcovej plochy v osovom smere tolerancie priamosti tvoriacej priamky a tolerancie priamosti osi.

Osobitným druhom odchýlky profilu pozdĺžneho rezu je: *kužeľovitost'*, pri ktorej sú tvoriace čiary priame, ale nie sú rovnobežné; *súdkovitost'*, pri ktorej sú tvoriace čiary nepriame a priemery sa zväčšujú od okraja do stredu pozdĺžneho rezu; *sedlovitost'*, pri ktorej sú tvoriace čiary nepriame a priemery sa znižujú od okraja do stredu pozdĺžneho rezu (obr. 7.28c). Vo všetkých troch prípadoch odchýlku profilu pozdĺžneho rezu určuje vzťah $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$. Kužeľovitost', súdkovitost' a sedlovitost' sa kvantitatívne vyhodnocuje aj ako odchýlka profilu pozdĺžneho rezu.

7.4.3 Odchýlky a tolerancie polohy

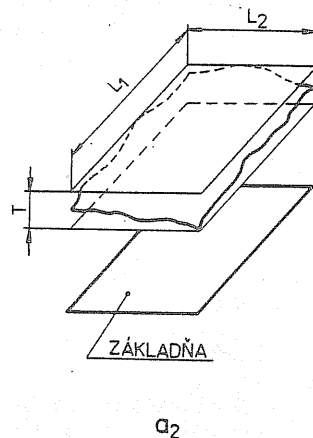
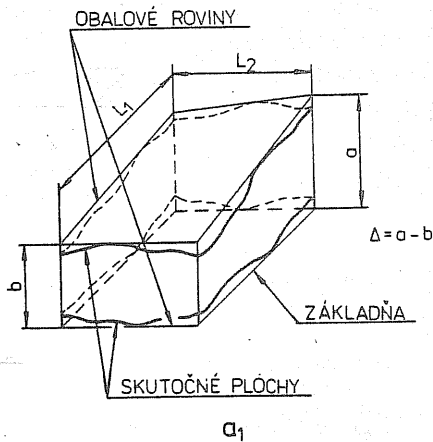
Odchýlka a tolerancia rovnobežnosti

Odchýlka rovnobežnosti rovín je rozdiel Δ najväčšej a najmenej vzdialenosti medzi rovinami v rozsahu vzťažného úseku. Tolerancia rovnobežnosti je najväčšia dovolená hodnota odchýlky rovnobežnosti. Tolerančné pole rovnobežnosti rovín je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii rovnobežnosti T a rovnobežnými so základnou rovinou (obr. 7.29a). Príklady označenia sú na obr. 7.29b.

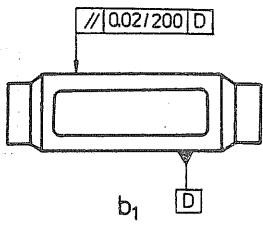
Odchýlka rovnobežnosti osi (alebo priamky) s rovinou je rozdiel Δ najväčšej a najmenej vzdialenosti medzi osou (priamkou) a rovinou na dĺžke vzťažného úseku L . Tolerančné pole rovnobežnosti osi (priamky) s rovinou je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii rovnobežnosti T a rovnobežnými so základnou rovinou alebo so základnou osou (priamkou, obr. 7.29c). Príklady označenia sú na obr. 7.29d.

Odchýlka rovnobežnosti priamok v rovine je rozdiel Δ najväčšej a najmenej vzdialenosti medzi priamkami na dĺžke vzťažného úseku L . Tolerančné pole rovnobežnosti priamok v rovine je oblasť v rovine ohraničená dvoma rovnobežnými priamkami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii T a rovnobežnými so základnou priamkou (obr. 7.29e).

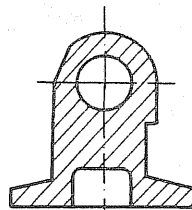
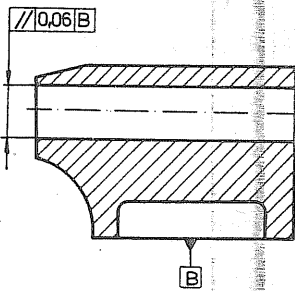
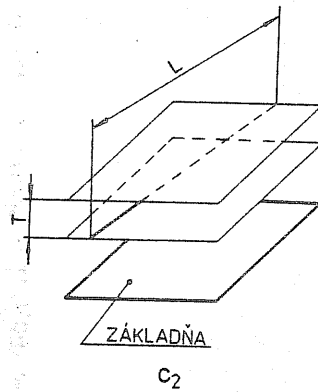
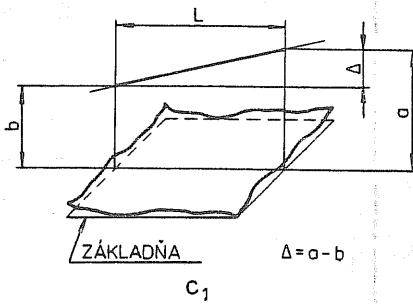
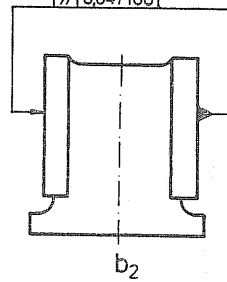
Odchýlka rovnobežnosti osí (priamok) v priestore je geometrický súčet Δ odchýlok rovnobežnosti priemetu osí (priamok) na dve navzájom kolmé roviny $\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}$; jedna z týchto rovín je spoločnou rovinou osí. Spoločná rovina osí (priamok) v priestore je rovina prechádzajúca jednou (základnou) osou a bodom druhej osi (obr. 7.29f). Príklad označenia je na obr. 7.29g.



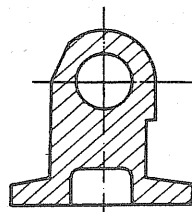
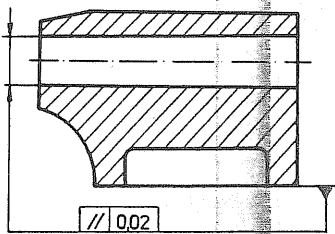
//0.04/100



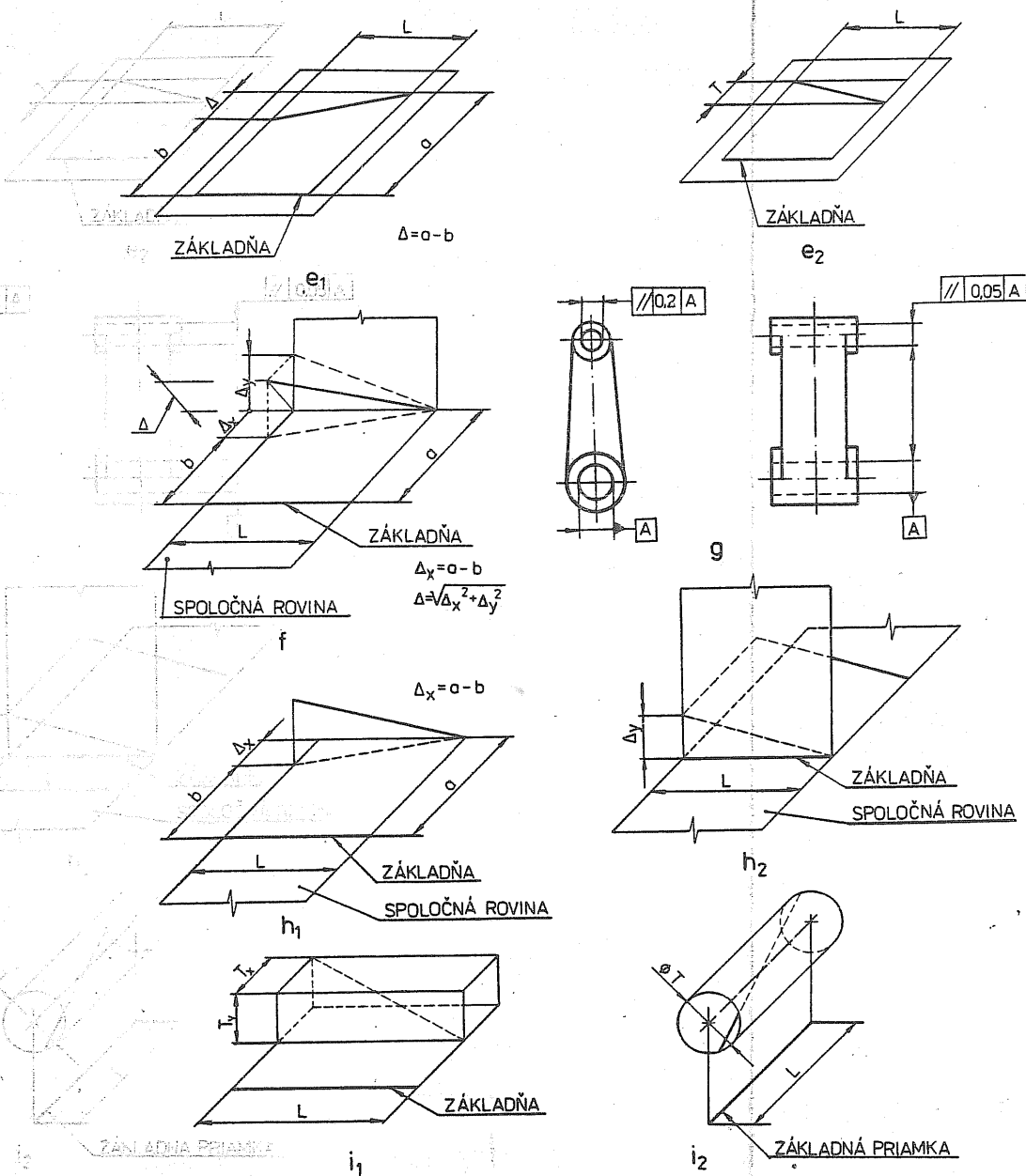
//0.04/100



d_1



d_2



Obr. 7.29. Odchýlka a tolerancia rovnobežnosti

a_1, a_2 — určenie odchýlky a tolerancie. b_1, b_2 — príklady označenia rovnobežnosti rovín. c_1, c_2 — určenie odchýlky a tolerancného poľa rovnobežnosti osí s rovinou. d_1, d_2 — príklady označenia rovnobežnosti osí v priestore. e_1, e_2 — určenie odchýlky a tolerancného poľa rovnobežnosti priamok v rovine. f — určenie odchýlky rovnobežnosti osí v priestore. g — príklad označenia rovnobežnosti osí v priestore kolmej na spoločnú rovinu. h_1, h_2 — určenie odchýlky rovnobežnosti osí v spoločnej rovine a rovine kolmej na spoločnú rovinu. i_1, i_2 — tolerancné pole rovnobežnosti osí v priestore

Odchýlka rovnobežnosti osí (priamok) v spoločnej rovine je odchýlka rovnobežnosti priemetov osí (priamok) na ich spoločnú rovinu.

Odchýlka rovnobežnosti osí (priamok) v rovine kolmej na spoločnú rovinu je odchýlka rovnobežnosti priemetov osí (priamok) na rovinu kolmú k spoločnej rovine osí a prechádzajúcu jednou osou (základňou, *obr. 7.29h*).

Tolerančné pole rovnobežnosti osí (priamok) v priestore je:

a) Oblasť v priestore ohraničená pravouhlým rovnobežnostenom, ktorého prierez má strany rovnajúce sa príslušnej tolerancii rovnobežnosti osí (priamok) v spoločnej rovine T_x a tolerancii rovnobežnosti osí (priamok) v rovine kolmej na spoločnú rovinu T_y , a ktorého bočné steny sú rovnobežné so základnou osou a podľa postavenia buď rovnobežné so spoločnou rovinou, buď na ňu kolmé.

b) Oblasť v priestore ohraničená valcom, ktorého priemer sa rovná tolerancii rovnobežnosti T a os je rovnobežná so základnou osou (*obr. 7.29i*).

Odchýlka a tolerancia kolmostí

Odchýlka kolmosti rovín je odchýlka uhla medzi rovinami od uhla 90° , vyjadrená v dĺžkových jednotkách Δ na dĺžke vzťažného úseku L . Tolerancia kolmosti je najväčšia dovolená hodnota odchýlky kolmosti. (Pri tolerovaní kolmosti môžu sa aj predpisovať medzné odchýlky od uhla 90° v uhlových jednotkách.) Tolerančné pole kolmosti rovín je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii kolmosti T a kolmými k základnej rovine (*obr. 7.30a*). Príklad označenia je na *obr. 7.30b*.

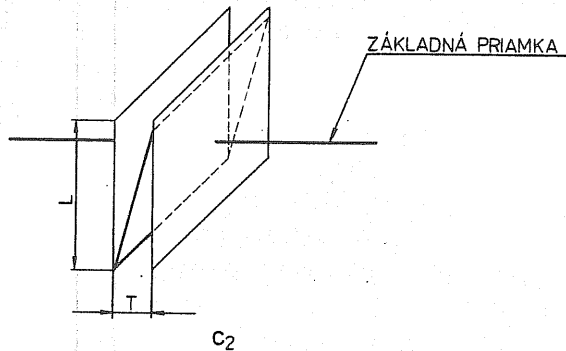
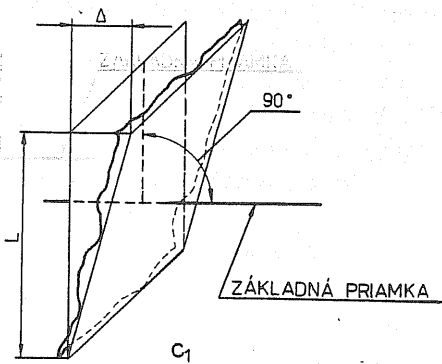
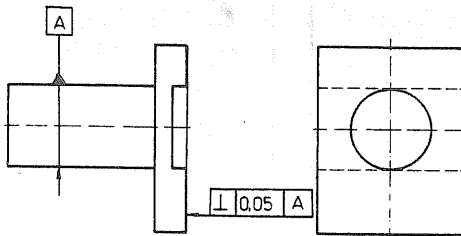
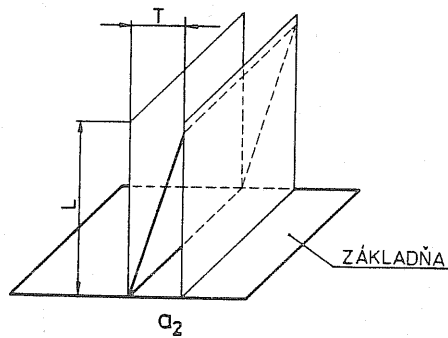
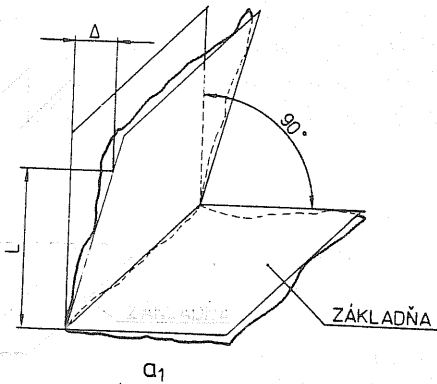
Odchýlka kolmosti roviny alebo osi (priamky) k osi (priamke) je odchýlka uhla medzi rovinou alebo osou (priamkou) a základnou osou od uhla 90° , vyjadrená v dĺžkových jednotkách Δ na dĺžke vzťažného úseku L . Tolerančné pole kolmosti roviny alebo osi (priamky) k osi (priamke) je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii kolmosti T a kolmými k základnej osi (priamke, *obr. 7.30c*).

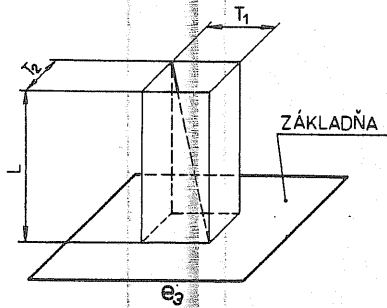
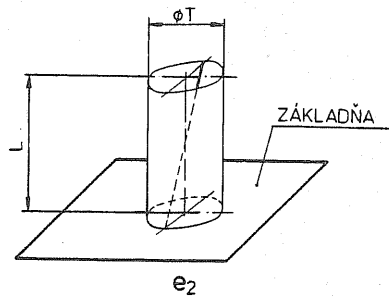
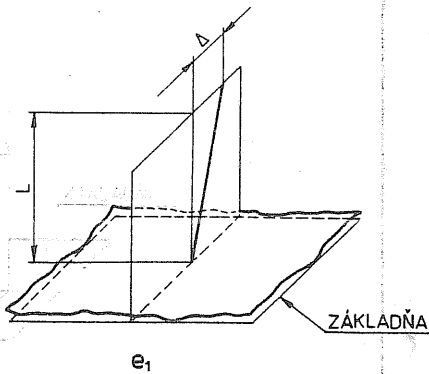
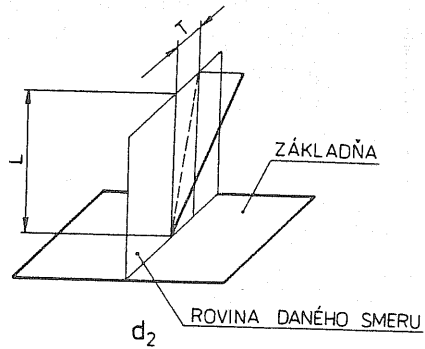
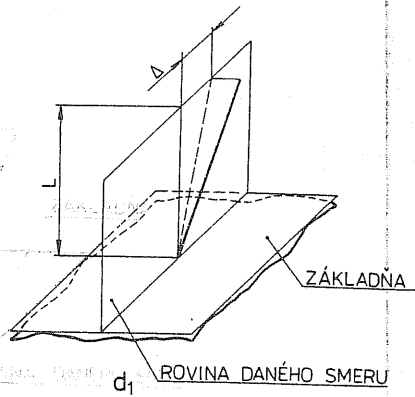
Odchýlka kolmosti osi (priamky) k rovine v danom smere je odchýlka uhla medzi priemetom osi rotačnej plochy (priamky) na rovinu daného smeru (kolmú k základnej rovine) a základnou rovinou od uhla 90° , vyjadrená v dĺžkových jednotkách Δ na dĺžke vzťažného úseku L . Tolerančné pole kolmosti osi (priamky) k rovine v danom smere je oblasť v rovine daného smeru, ohraničená dvoma rovnobežnými priamkami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii kolmosti T a kolmými k základnej rovine (*obr. 7.30d*).

Odchýlka kolmosti osi (priamky) k rovine je odchýlka uhla medzi osou rotačnej plochy (priamkou) a základnou rovinou od uhla 90° , vyjadrená v dĺžkových jednotkách Δ na dĺžke vzťažného úseku L . Určuje sa v rovine kolmej na základnú rovinu a prechádzajúcej posudzovanou osou (priamkou). Tolerančné pole kolmosti osi (priamky) k rovine je:

a) Oblasť v priestore ohraničená valcom, ktorého priemer sa rovná tolerancii kolmosti T a os je kolmá na základnú rovinu.

b) Oblasť v priestore ohraničená pravouhlým rovnobežnostenom, ktorého prierez má strany rovnajúce sa toleranciam kolmosti osi (priamky) v dvoch daných navzájom kolmých smeroch T_1 a T_2 a bočné steny sú kolmé na základnú rovinu a na roviny daných smerov (obr. 7.30e).





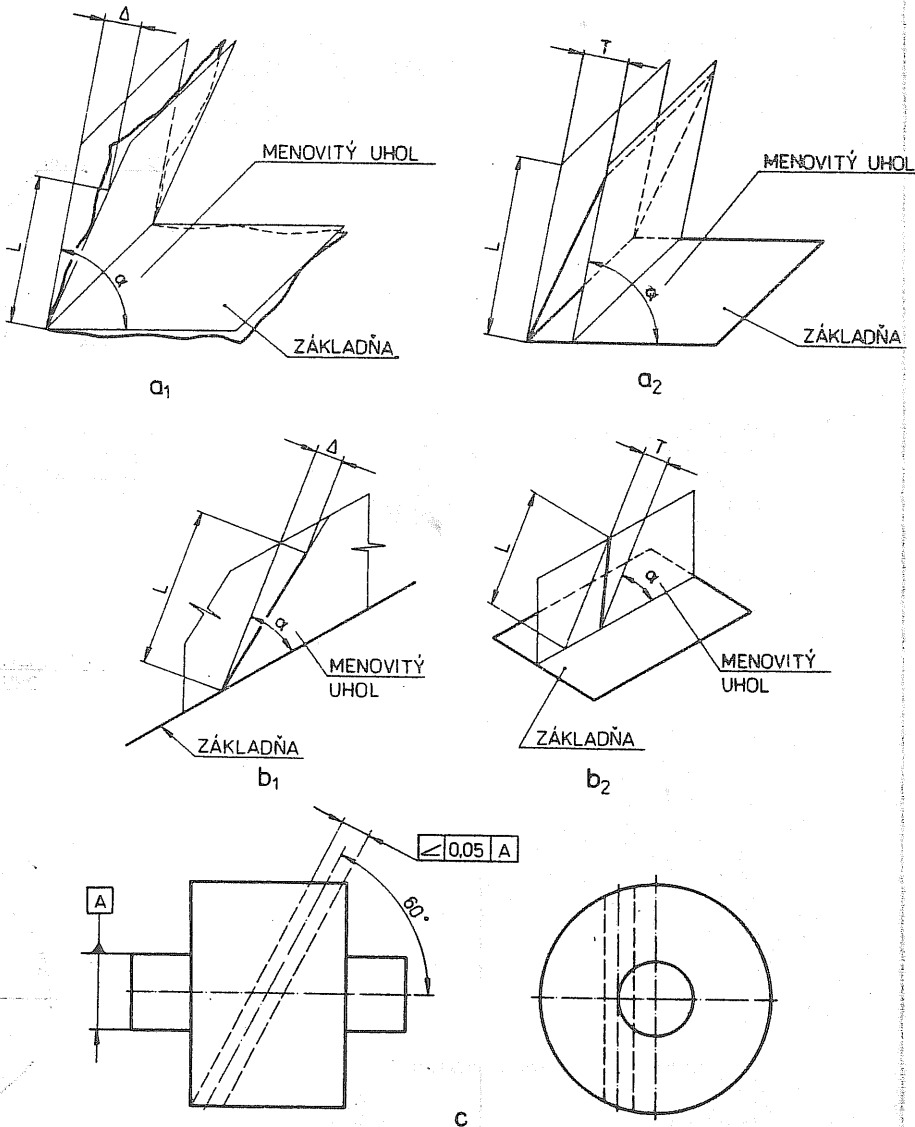
Obr. 7.30. Odchýlka a tolerancia kolmosti

a_1, a_2 — určenie odchýlky a tolerancie kolmosti rovin, b — príklad označenia, c_1, c_2 — určenie odchýlky a tolerancného poľa roviny alebo osi k osi, d_1, d_2 — určenie odchýlky a tolerancného poľa kolmosti na rovinu v danom smere, e_1, e_2, e_3 — určenie odchýlky a tolerancného poľa kolmosti osi na rovinu

Odchýlka a tolerancia sklonu

Odchýlka sklonu roviny k rovine alebo k osi (priamke) je odchýlka uhla medzi rovinou a základnou rovinou alebo základnou osou (priamkou) od menovitého

menovitý uhla, vyjadrená v dĺžkových jednotkách Δ na dĺžke vzťažného úseku L . Tolerancia sklonu je najväčšia dovolená odchýlka sklonu. (Pri tolerovaní sklonu môžu sa aj v predpisovať medzné odchýlky od menovitého uhla aj v uhlových jednotkách.)
 Odchýlky a tolerance sklonu sa používajú pri ťubovoľných menovitých hodnotách



Obr. 7.31. Odchýlka a tolerancia sklonu

a_1, a_2 — určenie odchýlky a tolerančného poľa sklonu roviny k rovine alebo osi (priamke), b_1, b_2 — určenie odchýlky a tolerančného poľa sklonu osi (priamky) k osi (priamke) alebo rovine, c — príklad označenia

uhla sklonu, okrem 0° , 90° a 180° . Tolerančné pole sklonu roviny k rovine alebo osi (priamke) je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii sklonu T a zvierajúcimi so základnou rovinou alebo základnou osou (priamkou) menovitý uhol (obr. 7.31a).

Odchýlka sklonu osi (priamky) k osi (priamke) alebo rovine je odchýlka uhla medzi osou rotačnej plochy (priamkou) a základnou osou alebo základnou rovinou od menovitého uhla, vyjadrená v dĺžkových jednotkách Δ na dĺžke vzťažného úseku. Určuje sa v rovine prechádzajúcej:

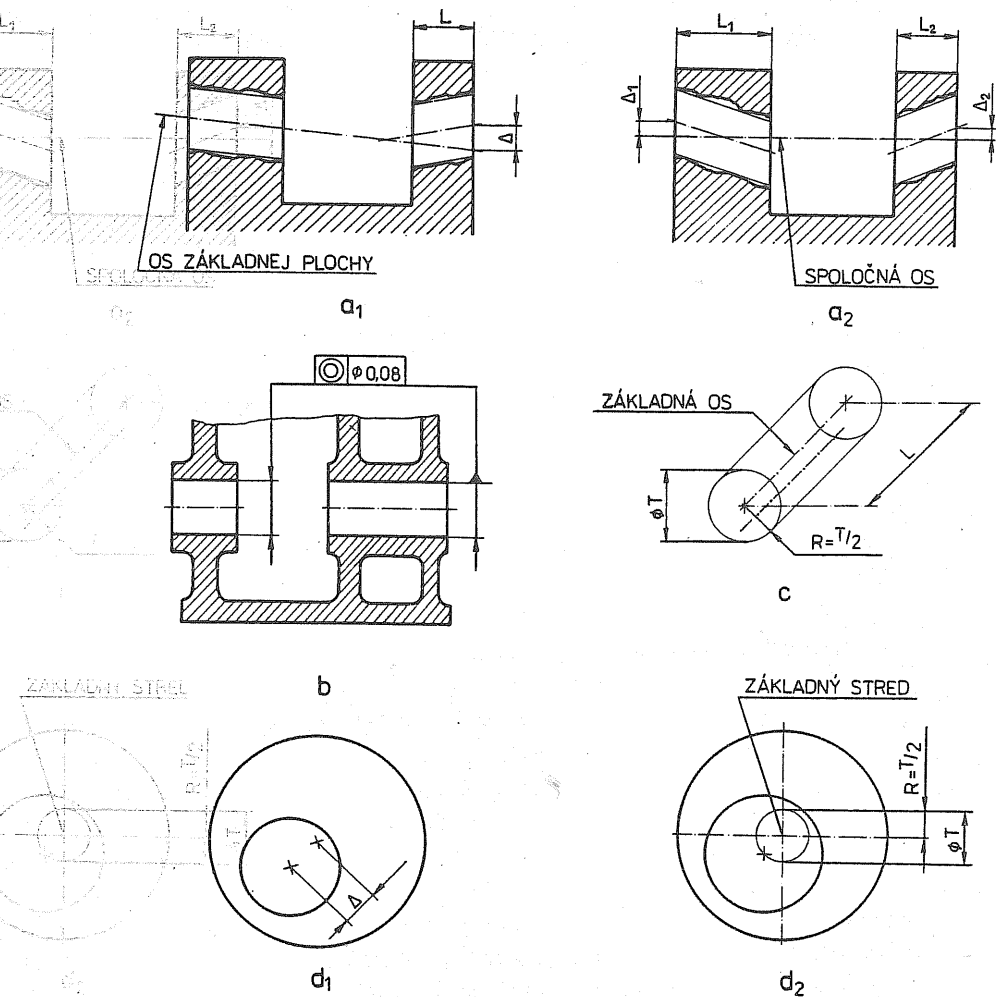
- a) základňou a posudzovanou osou;
- b) základnou osou rovnobežne s posudzovanou osou (ak osi neležia v jednej rovine);
- c) posudzovanou osou kolmo na základnú rovinu.

Tolerančné pole sklonu osi (priamky) k osi (priamke) alebo rovine je oblasť v rovine ohraničená dvoma rovnobežnými priamkami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii sklonu T a zvierajúcimi so základnou osou (priamkou) alebo základnou rovinou menovitý uhol (obr. 7.31b). Príklad označenia je na obr. 7.31c.

Odchýlka a tolerancia súosovosti

Odchýlka súosovosti od osi základnej plochy je najväčšia vzdialenosť Δ medzi osou posudzovanej rotačnej plochy a osou základnej plochy na dĺžke vzťažného úseku L . Odchýlka súosovosti od spoločnej osi je najväčšia vzdialenosť $\Delta_1, \Delta_2 \dots$ medzi osou posudzovanej rotačnej plochy a spoločnou osou dvoch alebo niekoľkých rotačných plôch na dĺžke vzťažného úseku L (obr. 7.32a). Príklad označenia je na obr. 7.32b. Tolerancia súosovosti v priemerovom vyjadrení je dvojnásobná najväčšia dovolená hodnota odchýlky súosovosti; v polomerovom vyjadrení je najväčšia dovolená hodnota odchýlky súosovosti. (Odporúča sa predpisovať v priemerovom vyjadrení.) Tolerančné pole súosovosti je oblasť v priestore ohraničená valcom, ktorého priemer sa rovná tolerancii súosovosti v priemerovom vyjadrení T alebo dvojnásobnej tolerancii súosovosti v polomerovom vyjadrení R a os sa zhoduje so základnou osou (obr. 7.32c).

Okrem týchto pojmov môžu sa používať aj názvy: Odchýlka sústrednosti, určená vzdialenosťou v danej rovine medzi stredmi profilu (čiar), ktoré majú menovitý tvar kružnice. Tolerancia sústrednosti, ktorú určuje v priemerovom vyjadrení dvojnásobná najväčšia dovolená hodnota odchýlky sústrednosti; v polomerovom vyjadrení najväčšia dovolená hodnota odchýlky sústrednosti. Tolerančné pole sústrednosti je určené oblasťou v danej rovine ohraničenou kružnicou, ktorej priemer sa rovná tolerancii sústrednosti v priemerovom vyjadrení T alebo dvojnásobnej tolerancii sústrednosti v polomerovom vyjadrení R a stred sa zhoduje so základným stredom (leží na základnej osi, obr. 7.32d).



Obr. 7.32. Odchýlka a tolerancia súosovosti

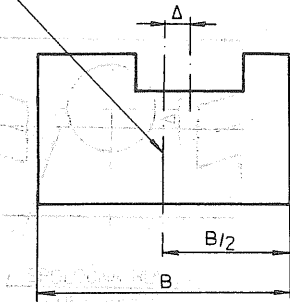
a_1, a_2 — určenie odchýlky súosovosti od osi základnej plochy a od spoločnej osi, b — príklad označenia, c — tolerancné pole súosovosti, d_1, d_2 — odchýlka a tolerancia sústrednosti

Odchýlka a tolerancia súmernosti

Odchýlka súmernosti od roviny súmernosti základného prvku je najväčšia vzdialenosť Δ medzi rovinou súmernosti (osou) posudzovaného prvku (alebo prvkov) a rovinou súmernosti základného prvku v rozsahu vzťažného úseku. Odchýlka súmernosti od základnej osi sa určuje v rovine prechádzajúcej základnou osou kolmo na rovinu súmernosti. Odchýlka súmernosti od spoločnej roviny

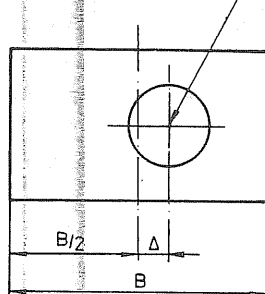
súmernosti je najväčšia vzdialenosť Δ medzi rovinou súmernosti (osou) posudzovaného prvku (prvkov) a spoločnou rovinou súmernosti dvoch alebo niekoľkých prvkov v rozsahu vzťažného úseku, obr. 7.33a. Príklad označenia je na obr. 7.33b.

ZÁKLADNÁ ROVINA SÚMERNOSTI

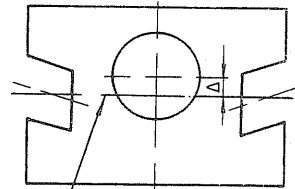


a_1

ZÁKLADNÁ OS

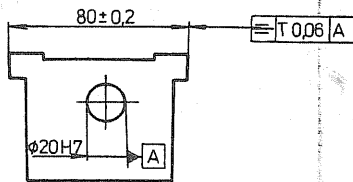


a_2



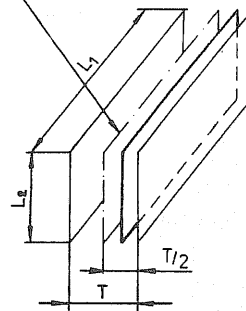
SPOLOČNÁ ROVINA SÚMERNOSTI

a_3



b

ZÁKLADNÁ ROVINA SÚMERNOSTI



c

Obr. 7.33. Odchýlka a tolerancia súmernosti

a_1, a_2, a_3 — určenie odchýlky od základnej osi, od roviny súmernosti základného prvku a od spoločnej roviny súmernosti. b — príklad označenia, c — tolerančné pole súmernosti

Tolerancia súmernosti v priemerovom vyjadrení je dvojnásobná najväčšia dovolená hodnota odchýlky súmernosti; v polomerovom vyjadrení je najväčšia dovolená hodnota odchýlky súmernosti. (Odporúča sa predpisovať v priemerovom vyjadrení.) Tolerančné pole súmernosti je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii súmernosti v priemerovom vyjadrení T alebo dvojnásobnej tolerancii súmernosti v polomerovom vyjadrení $T/2$ a je súmerná vzhľadom na základnú rovinu súmernosti alebo základnú os (obr. 7.33c).

Odchýlka polohy prvku od menovitej polohy a tolerancia menovitej polohy prvku

Odchýlka polohy prvku od menovitej polohy je najväčšia vzdialenosť Δ medzi skutočnou polohou prvku (jeho stred, osi alebo roviny súmernosti) a jeho menovitou polohou v rozsahu vzťažného úseku. Tolerancia menovitej polohy prvku v priemerovom vyjadrení je dvojnásobná najväčšia dovolená hodnota odchýlky polohy prvku od menovitej polohy; v polomerovom vyjadrení je najväčšia dovolená hodnota odchýlky polohy prvku od menovitej polohy. (Odporúča sa predpisovať v priemerovom vyjadrení.) Určenie odchýlky polohy je na obr. 7.34a, príklad označenia na obr. 7.34b. Pri tolerovaní polohy prvkov, ich osí a rovín súmernosti sa môže predpisovať aj pomocou medzných odchýlok rozmerov určujúcich polohu prvkov.

Tolerančné pole menovitej polohy osi (alebo priamky) v rovine je oblasť v rovine ohraničená dvoma rovnobežnými priamkami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii menovitej polohy osi v priemerovom vyjadrení T alebo dvojnásobnej tolerancii menovitej polohy osi v polomerovom vyjadrení $T/2$ a je súmerná oproti menovitej polohe posudzovanej osi (priamky). Tolerančné pole menovitej polohy osi (alebo priamky) v priestore je:

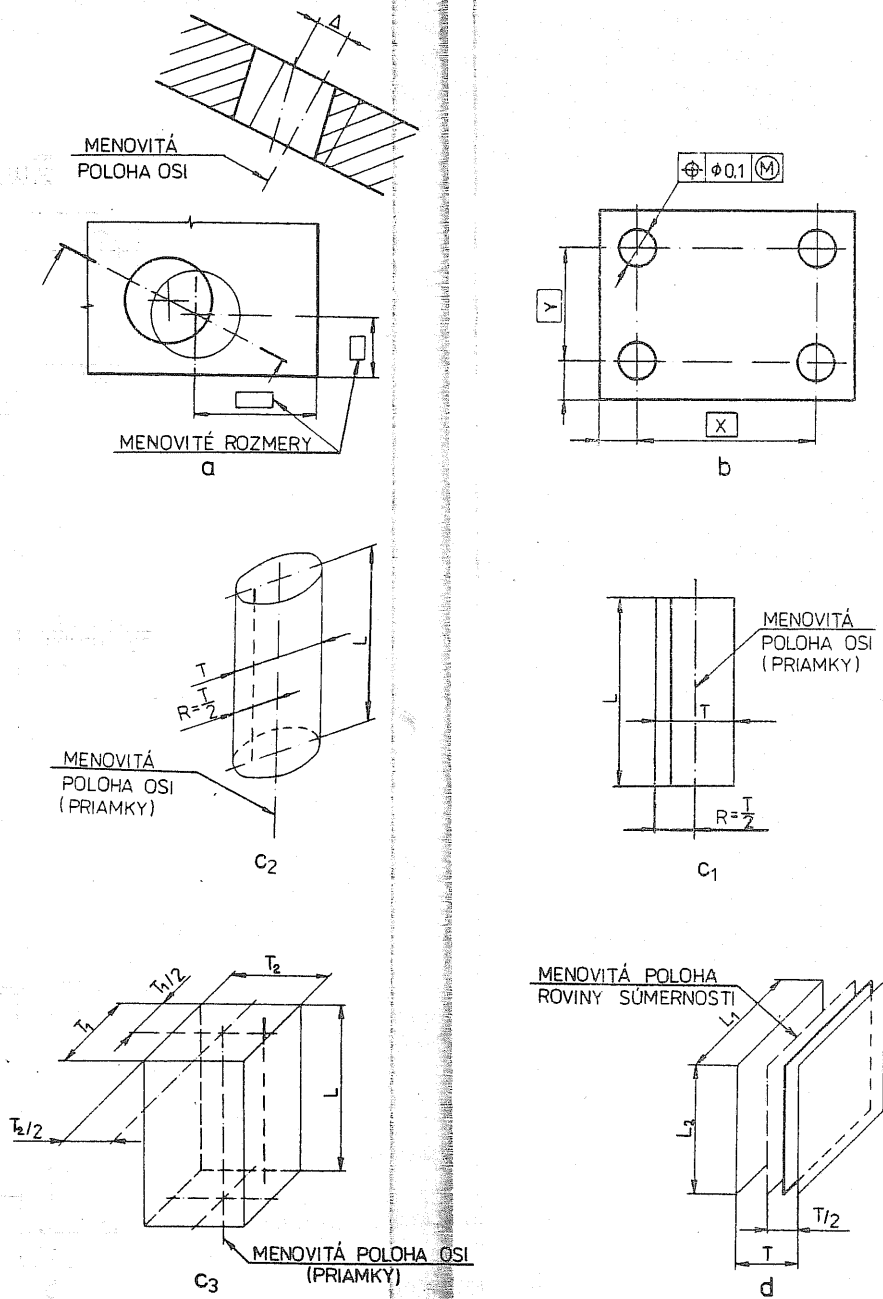
a) Oblasť v priestore ohraničená valcom, ktorého priemer sa rovná tolerancii menovitej polohy osi v priemerovom vyjadrení T alebo dvojnásobnej tolerancii menovitej polohy osi v polomerovom vyjadrení R a os sa zhoduje s menovitou polohou posudzovanej osi (priamky).

b) Oblasť v priestore ohraničená pravouhlým rovnobežnostenom, ktorého prierez má strany rovnajúce sa toleranciam menovitej polohy osi T_1 a T_2 v priemerovom vyjadrení alebo dvojnásobným toleranciam menovitej polohy osi $T_1/2$ a $T_2/2$ v polomerovom vyjadrení v dvoch navzájom kolmých smeroch a bočné steny sú kolmé na príslušné roviny daných smerov (obr. 7.34c).

Tolerančné pole menovitej polohy roviny súmernosti alebo osi v danom smere je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii menovitej polohy prvku v priemerovom vyjadrení T alebo dvojnásobnej tolerancii menovitej polohy prvku v polomerovom vyjadrení $T/2$ a súmernými proti menovitej polohe posudzovanej roviny súmernosti alebo osi (obr. 7.34d). Pri tolerancii menovitej polohy osi v danom smere sú roviny ohraničujúce tolerančné pole kolmé na daný smer.

Odchýlka a tolerancia rôznobežnosti osí

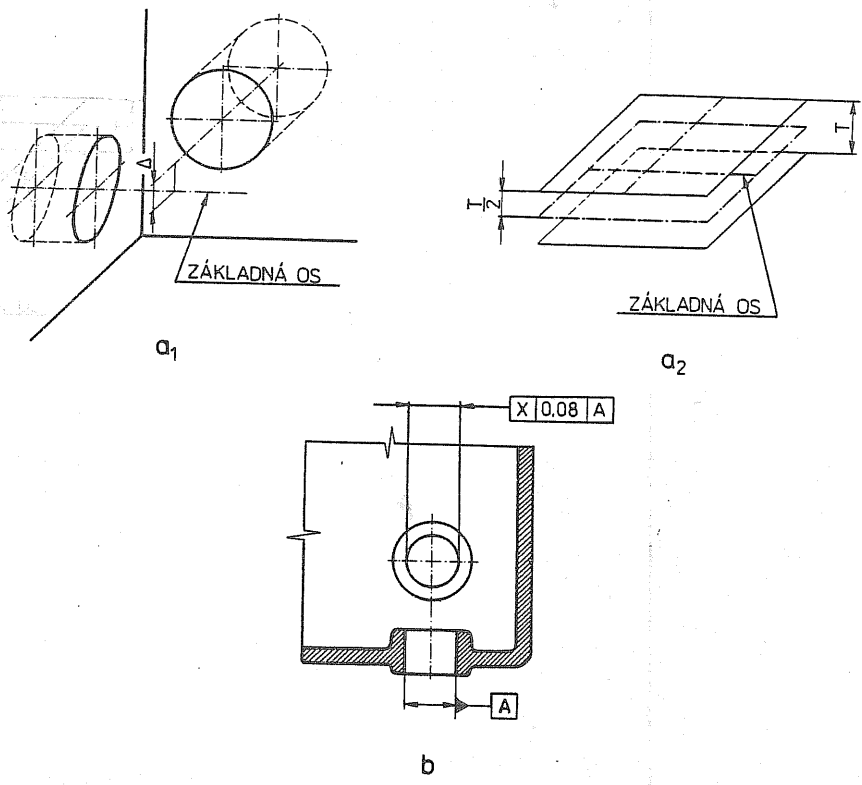
Odchýlka rôznobežnosti osí je najmenšia vzdialenosť Δ medzi osami, ktoré sa majú v menovitej polohe pretínať. Tolerancia rôznobežnosti osí v priemerovom vyjadrení je dvojnásobná najväčšia dovolená hodnota odchýlky rôznobežnosti osí;



Obr. 7.34. Odchýlka polohy prvku od menovitej polohy a tolerancia menovitej polohy prvku

a — určenie odchýlky polohy prvku, b — príklad označenia, c_1, c_2, c_3 — tolerančné pole menovitej polohy osi v rovine a v priestore, d — tolerančné pole menovitej polohy roviny súmernosti alebo osi v danom smere

v polomerovom vyjadrení je najväčšia dovolená hodnota odchýlky rôznobežnosti osí. (Odporúča sa predpisovať v priemerovom vyjadrení.) Tolerančné pole rôznobežnosti osí je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii rôznobežnosti osí v priemerovom vyjadrení T alebo dvojnásobnej tolerancii rôznobežnosti osí v polomerovom vyjadrení $T/2$ a ležiacimi súmerne proti základnej osi (obr. 7.35a). Príklad označenia je na obr. 7.35b.



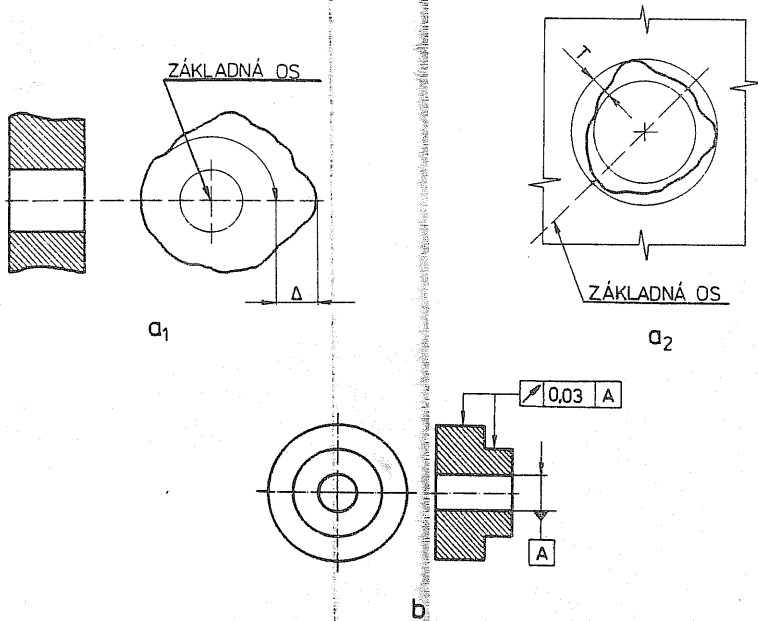
Obr. 7.35. Odchýlka a tolerancia rôznobežnosti osí
 a_1, a_2 — určenie odchýlky a tolerančného poľa, b — príklad označenia

7.4.4 Súhrnné odchýlky a tolerancie tvaru a polohy

Obvodové hádzanie a tolerancia obvodového hádzania

Obvodové hádzanie je rozdiel Δ najväčšej a najmenej vzdialenosti bodov skutočného profilu rotačnej plochy od základnej osi v priereze rovinou kolmou na

základnú os. Obvodovým hádzaním sa prejavuje odchýlka kruhovitosti profilu posudzovaného prierezu spoločne s odchýlkou jeho stredu od základnej osi. Nezahŕňa však odchýlky tvaru a polohy tvoriacich čiar rotačnej plochy. Tolerancia obvodového hádzania je najväčšia dovolená hodnota obvodového hádzania. Tolerančné pole obvodového hádzania je oblasť v rovine kolmej na základnú os, ohraničená dvoma sústrednými kružnicami so stredom ležiacim na základnej osi a vzdialenými od seba o šírku medzikružia rovnajúcu sa tolerancii obvodového hádzania T (obr. 7.36a). Príklad označenia je na obr. 7.36b.

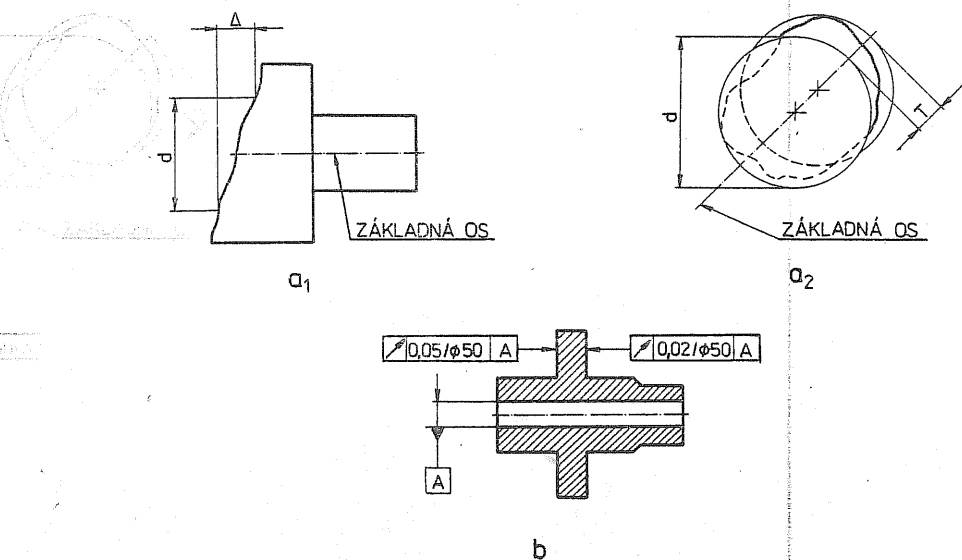


Obr. 7.36. Obvodové hádzanie a tolerancia obvodového hádzania
 a_1, a_2 — určenie obvodového hádzania a jeho tolerančného poľa, b — príklad označenia

Čelné hádzanie a tolerancia čelného hádzania

Čelné hádzanie je rozdiel Δ najväčšej a najmenej vzdialenosti bodov skutočného profilu čelnej plochy od roviny kolmej na základnú os. Určuje sa v reze čelnej plochy valcom daného priemeru d , súosovým so základnou osou; pri nezadanom priemere určuje sa v reze ktoréhokolvek priemeru čelnej plochy (vrátane najväčšieho). Pri menovitom rovinnom tvare čela sa čelným hádzaním prejavuje odchýlka bodov, ležiacich na priesečnici čelnej plochy s rezným valcom, od všeobecnej roviny spoločne s odchýlkou kolmosti čela na os základnej plochy na dĺžke rovnajúcej sa priemeru posudzovaného rezu. Čelné hádzanie nezahŕňa celú

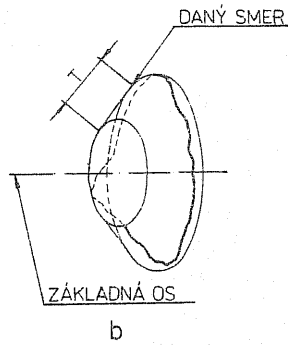
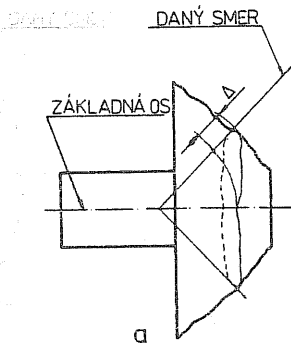
odchýlku rovinnosti posudzovanej plochy. Tolerancia čelného hádzania je najväčšia dovolená hodnota čelného hádzania. Tolerančné pole čelného hádzania je oblasť na bočnej ploche valca, ktorého priemer sa rovná zadanému alebo ľubovoľnému priemeru čelnej plochy (vrátane najväčšieho) a os sa zhoduje so základnou osou, ohraničujú ju dve rovnobežné roviny, vzdialené od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii čelného hádzania T a kolmými na základnú os (obr. 7.37a). Príklad označenia čelného hádzania je na obr. 7.37b.



Obr. 7.37. Čelné hádzanie a tolerancia čelného hádzania
 a_1, a_2 — určenie čelného hádzania a jeho tolerančného poľa, b — príklad označenia

Hádzanie a tolerancia hádzania v danom smere

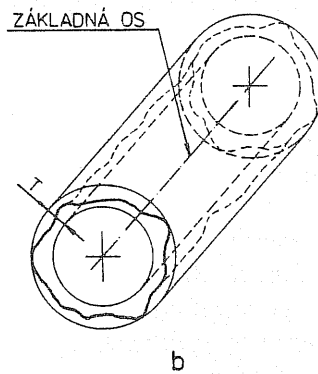
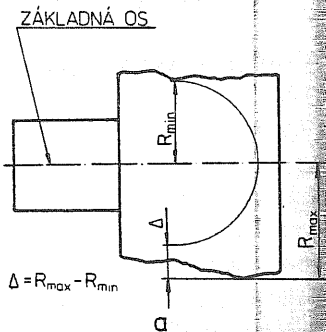
Hádzanie v danom smere je rozdiel Δ najväčšej a najmenej vzdialenosti bodov skutočného profilu rotačnej kužeľovej plochy v ľubovoľnom reze doplnkovým kužeľom, ktorého os sa zhoduje so základnou osou a tvoriaca priamka má daný smer. Smer hádzania sa odporúča zadávať v smere normály k posudzovanej ploche. Hádzaním sa prejavujú odchýlky tvaru profilu posudzovaného rezu v danom smere spoločne s odchýlkami polohy osi posudzovanej plochy od základnej osi. Tolerancia hádzania v danom smere je najväčšia dovolená hodnota hádzania v danom smere. Tolerančné pole hádzania je oblasť na bočnej ploche kužeľa, ktorého os sa zhoduje so základnou osou a tvoriaca priamka má daný smer, ohraničujú ju dve rovnobežné roviny, vzdialené od seba pozdĺž tvoriacej priamky kužeľa o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii hádzania v danom smere T a kolmými k základnej osi (obr. 7.38).



Obr. 7.38. Hádzanie a tolerancia hádzania v danom smere

Úplné obvodové hádzanie a tolerancia úplného obvodového hádzania

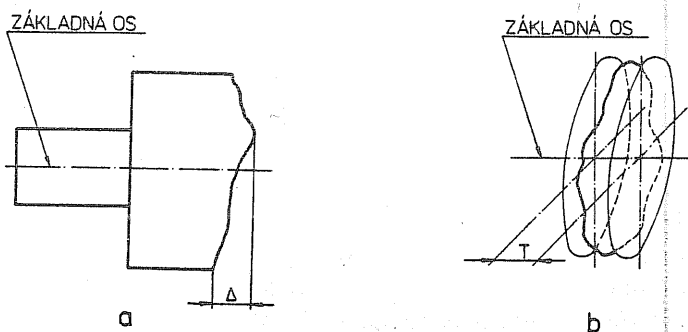
Úplné obvodové hádzanie je rozdiel Δ najväčšej a najmenej vzdialenosti všetkých bodov skutočnej plochy v rozsahu vzťažného úseku od základnej osi. Ním sa prejavuje odchýlka valcovitosti posudzovanej plochy spoločne s odchýlkou jej súosovosti so základnou osou. Tolerancia úplného obvodového hádzania je najväčšia dovolená hodnota úplného obvodového hádzania. Tolerančné pole úplného obvodového hádzania je oblasť v priestore ohraničená dvoma valcami, ktorých os sa zhoduje so základnou osou a bočné plochy sú od seba vzdialené o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii úplného obvodového hádzania T (obr. 7.39). Uvádzané pojmy sa používajú len pri plochách menovitého valcového tvaru.



Obr. 7.39. Úplné obvodové hádzanie a jeho tolerancia

Úplné čelné hádzanie a tolerancia úplného čelného hádzania

Úplné čelné hádzanie je rozdiel Δ najväčšej a najmenej vzdialenosti bodov čelnej plochy od roviny kolmej na základnú os. Ním sa prejavuje odchýlka rovinnosti posudzovanej plochy spoločne s odchýlkou jej kolmosti na základnú os. Tolerancia úplného čelného hádzania je najväčšia dovolená hodnota úplného čelného hádzania. Tolerančné pole úplného čelného hádzania je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii úplného čelného hádzania T a kolmými na základnú os (obr. 7.40). Uvádzané pojmy sa používajú iba pri čelných plochách menovitého rovinného tvaru.



Obr. 7.40. Úplné čelné hádzanie a jeho tolerancia

Odchýlka a tolerancia tvaru daného profilu

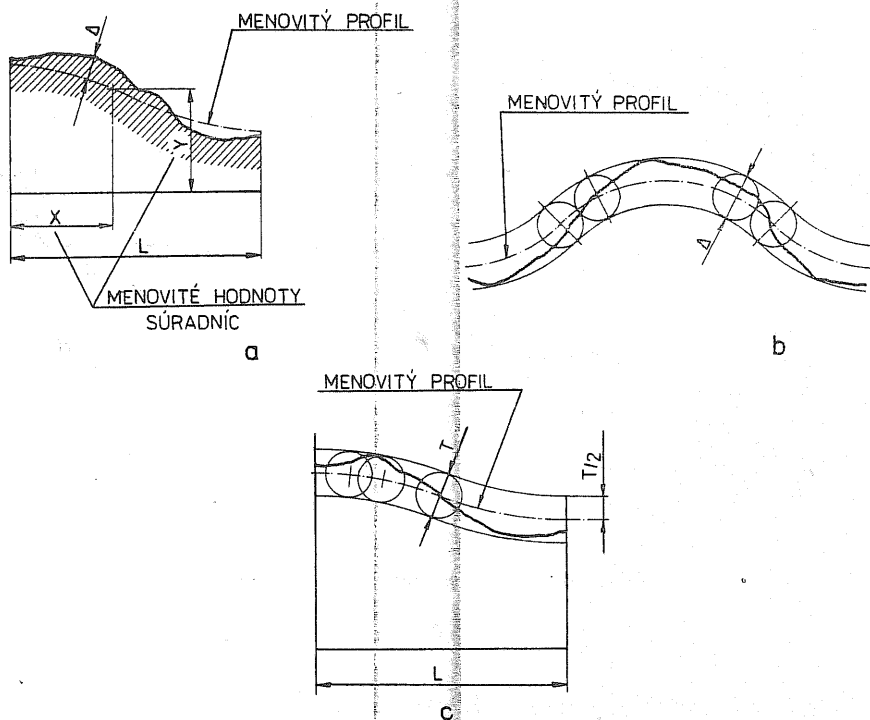
Odchýlka tvaru daného profilu je najväčšia odchýlka Δ bodov skutočného profilu od menovitého profilu, určená v smere normály k menovitému profilu v rozsahu vzťažného úseku L . Pre daný profil, ale aj pre danú plochu (uvádzanú v ďalšom texte) platí:

a) Ak nie sú zadané základne, určuje sa poloha menovitého profilu (menovitej plochy) proti skutočnému profilu (skutočnej ploche) podmienkou obdržania najmenej odchýlky tvaru profilu (plochy).

b) Odchýlkou tvaru daného profilu (danej plochy) sa prejavujú odchýlky rozmerov a tvaru profilu (plochy) spoločne s odchýlkami jeho polohy proti zadaným základniam. Tolerancia tvaru daného profilu je v priemerovom vyjadrení dvojnásobná najväčšia dovolená hodnota odchýlky tvaru daného profilu; v polomerovom vyjadrení najväčšia dovolená hodnota odchýlky tvaru daného profilu. Pre daný profil, ale aj pre danú plochu, platí:

a) Toleranciu tvaru daného profilu (danej plochy) sa odporúča predpisovať v priemerovom vyjadrení.

(plochy) sa (b) Okrem tolerancie tvaru daného profilu (danej plochy) sa môže tolerovanie
 tých bodov urobiť pomocou medzných odchýlok súradníc jednotlivých bodov profilu (plochy)
 a jednotlivých alebo medzných odchýlok rozmerov a tolerancií tvaru jednotlivých prvkov profilu
 (plochy). Tolerančné pole tvaru daného profilu je oblasť v danej rovine rezu,
 ktorá je ohraničená dvoma čiarami ekvidišťantnými k menovitému profilu, vzdialenými od
 profilu v praseba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii tvaru daného profilu v priemerovom vyjadrení
 T alebo rovnajúcu sa dvojnásobnej tolerancii v polomerovom vyjadrení $T/2$. Čiary
 ohraničujúce tolerančné pole obaľujú množinu kružníc, ktorých priemer sa rovná
 tolerancii tvaru daného profilu v priemerovom vyjadrení T a stredy ležia na
 menovitom profile (obr. 7.41). Pojmy, týkajúce sa odchýlky a tolerancie tvaru
 daného profilu, ale aj danej plochy, sa používajú v tých prípadoch, keď je profil
 (plocha) daný menovitými rozmermi, a to súradnicami jednotlivých bodov profilu
 (plochy) alebo rozmermi jeho prvkov bez medzných odchýlok (kótami v rámečku).



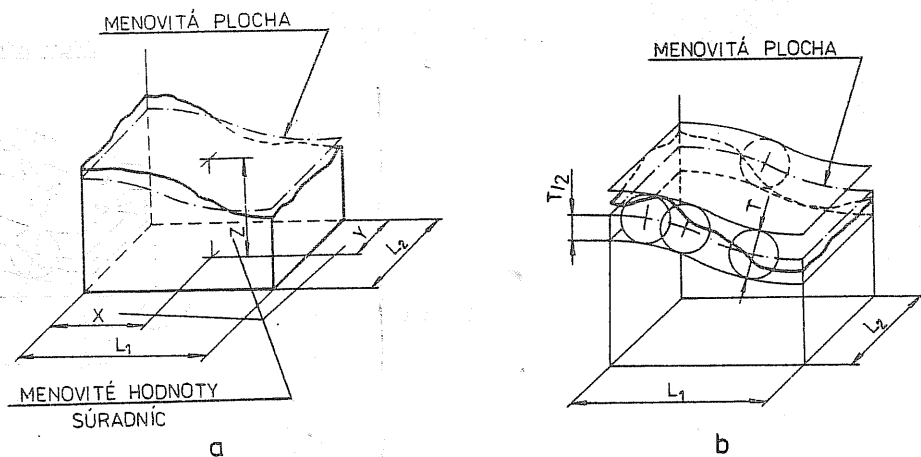
Obr. 7.41. Odchýlka a tolerancia tvaru daného profilu

Odchýlka a tolerancia tvaru danej plochy

Odchýlka tvaru danej plochy je najväčšia odchýlka Δ bodov skutočnej plochy od menovitej plochy, určená v smere normály k menovitej ploche v rozsahu

vzťažného úseku L . Tolerancia tvaru danej plochy je v priemerovom vyjadrení dvojnásobná najväčšia dovolená hodnota odchýlky tvaru danej plochy; v polomerovom vyjadrení najväčšia dovolená hodnota odchýlky tvaru danej plochy. Tolerančné pole tvaru danej plochy je oblasť v priestore ohraničená dvoma plochami, ekvidišťantnými k menovitej ploche a vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii tvaru danej plochy v priemerovom vyjadrení T alebo dvojnásobnej tolerancii tvaru v polomerovom vyjadrení $T/2$. Plochy ohraničujúce tolerančné pole obaľujú množinu gúľ, ktorých priemer sa rovná tolerancii tvaru danej plochy v priemerovom vyjadrení T a stredy ležia na menovitej ploche (obr. 7.42).

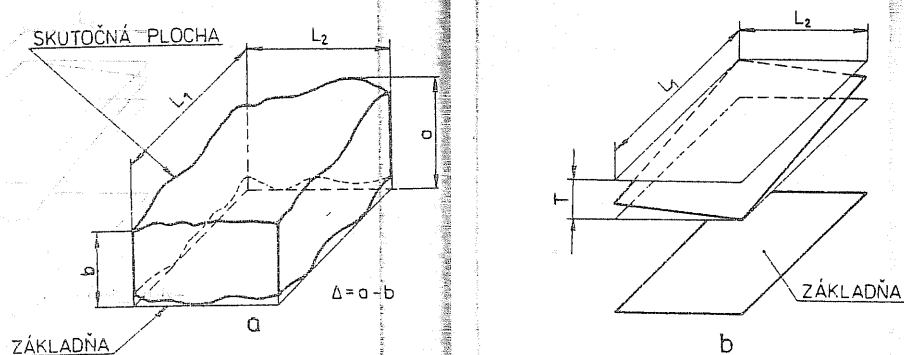
Okrem spomínaných druhov súhrnných odchýlok a tolerancií sa môžu v odôvodnených prípadoch tolerovať aj ďalšie súhrnné odchýlky tvaru a polohy plôch alebo profilov.



Obr. 7.42. Odchýlka a tolerancia tvaru danej plochy

Súhrnná odchýlka a tolerancia rovnobežnosti a rovinnosti

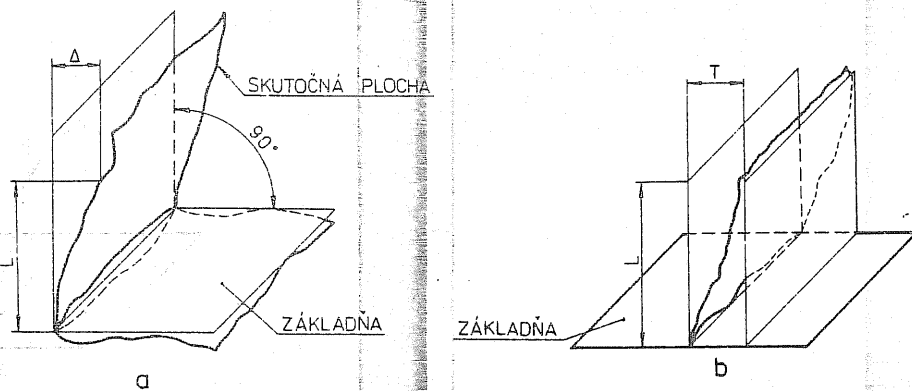
Súhrnná odchýlka rovnobežnosti a rovinnosti je rozdiel - najväčšej a najmenej vzdialenosti bodov skutočnej plochy od základnej roviny v rozsahu vzťažného úseku L . Súhrnná tolerancia rovnobežnosti a rovinnosti je najväčšia dovolená hodnota tejto súhrnnej odchýlky. Pole súhrnnej tolerancie rovnobežnosti a rovinnosti je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa súhrnnej tolerancii rovnobežnosti a rovinnosti T a rovnobežnými so základnou rovinou (obr. 7.43).



Obr. 7.43. Súhrnná odchýlka a tolerancia rovnobežnosti a rovinnosti

Súhrnná odchýlka a tolerancia kolmosti a rovinnosti

Súhrnná odchýlka kolmosti a rovinnosti je rozdiel Δ najväčšej a najmenej vzdialenosti bodov skutočnej plochy od roviny, kolmej na základnú rovinu alebo základnú os v rozsahu vzárodného úseku L . Súhrnná tolerancia kolmosti a rovinnosti je najväčšia dovolená hodnota tejto odchýlky. Pole súhrnnej tolerancie kolmosti a rovinnosti je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa súhrnnej tolerancii kolmosti a rovinnosti T a kolmými na základnú rovinu alebo základnú os (obr. 7.44).

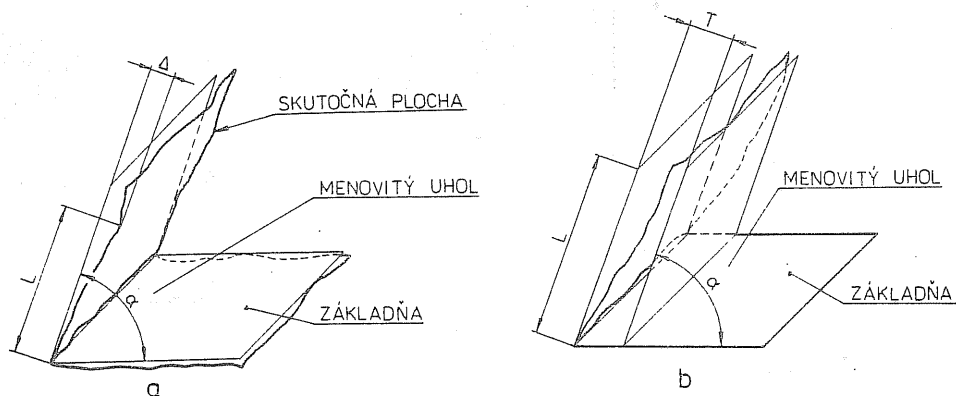


Obr. 7.44. Súhrnná odchýlka a tolerancia kolmosti a rovinnosti

Súhrnná odchýlka a tolerancia sklonu a rovinnosti

Súhrnná odchýlka sklonu a rovinnosti je rozdiel Δ najväčšej a najmenej vzdialenosti bodov skutočnej plochy od roviny, zvierajúcej so základnou rovinou

alebo základnou osou daný menovitý uhol, v rozsahu vzťažného úseku L . Súhrnná tolerancia sklonu a rovinnosti je najväčšia dovolená hodnota tejto odchýlky. Pole súhrnnej tolerancie sklonu a rovinnosti je oblasť v priestore ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami, vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa súhrnnej tolerancii sklonu a rovinnosti T a zvierajúcimi so základnou rovinou alebo základnou osou zadaný menovitý uhol (obr. 7.45).



Obr. 7.45. Súhrnná odchýlka a tolerancia sklonu a rovinnosti

7.4.5 Nepredpísané tolerancie tvaru a polohy

Tieto hodnoty stanovuje ČSN 01 4406 (ST SEV 1911—79), ktorá platí pre obrobené kovové súčiastky strojov a prístrojov, ak tolerancie tvaru a polohy plôch nie sú uvedené na výkrese číselnými hodnotami. Tolerancie sa podľa tejto normy musia dodržať, ak je na ne odvolanie sa na výkrese.

Nepredpísané tolerancie polohy a hádzania sa stanovujú v závislosti od stupňa presnosti podľa ČSN 01 4201 (ST SEV 145-75) a ČSN 01 4203 (ST SEV 177-75), resp. od triedy presnosti podľa ČSN 01 4240 (ST SEV 302-76), ktorým zodpovedá tolerancia rozmeru uvažovaného prvku alebo rozmeru medzi prvkami. Tolerancia rozmeru, podľa ktorého stupňa alebo triedy presnosti sa stanovujú nepredpísané tolerancie polohy a hádzania, sa nazýva *určujúca tolerancia rozmeru*. Uvádza sa priamo pri rozmere alebo sa vyjadří všeobecným zápisom pre nepredpísané medzné odchýlky rozmerov.

Pre nepredpísané tolerancie tvaru sa dovoľujú ľubovoľné odchýlky tvaru v medziach tolerančného poľa rozmeru uvažovaného prvku. Len pri prvkoch s predpísanou toleranciou rovnobežnosti, kolmosti, sklonu alebo čelného hádzania sú nepredpísané tolerancie rovinnosti alebo priamosti rovné predpísanej tolerancii polohy alebo čelného hádzania.

Pre nepredpísané tolerancie polohy, a to konkrétne tolerancie rovnobežnosti, sa dovoľujú odchýlky v medziach tolerančného poľa rozmeru medzi uvažovanými plochami alebo osami.

Nepredpísané tolerancie kolmosti stanoví prvá tabuľka v ČSN 01 4406. Za základňu, ku ktorej sa táto tolerancia vzťahuje, sa berie plocha, resp. os s väčším rozmerom v uvažovaných kolmých smeroch; pri rovnakých rozmeroch sa berie plocha s menšou drsnosťou. Ak má súčiastka viac ako dva prvky, na ktoré sa vzťahujú rovnomenné nepredpísané tolerancie polohy alebo hádzania, uvažujú sa tieto tolerancie k tej istej základni. Ak má súčiastka prvky, na ktoré sa vzťahujú predpísané a nepredpísané tolerancie polohy alebo hádzania, uvažujú sa nepredpísané tolerancie k tej istej základni ako predpísané tolerancie.

Nepredpísané tolerancie súosovosti a rôznobežnosti osí sa zistia z druhej tabuľky ČSN 01 4406. Za základňu, ku ktorej sa vzťahujú tieto tolerancie, sa berie os plochy s väčšou dĺžkou; pri rovnakých dĺžkach sa berie os plochy s presnejším stupňom presnosti priemeru a pri rovnakých stupňoch presnosti sa berie os plochy s väčším priemerom. Pri nepredpísaných toleranciách súosovosti dvoch oddelených plôch sa môže brať za základňu ich spoločná os.

Nepredpísané tolerancie súmernosti sa stanovujú z tretej tabuľky ČSN 01 4406. Za základňu, ku ktorej sa vzťahuje táto tolerancia, sa berie rovina, resp. os súmernosti prvku s väčšou dĺžkou v rovine rovnobežnej s rovinou súmernosti; pri rovnakých dĺžkach sa berie rovina alebo os prvku s presnejším stupňom presnosti rozmeru kolmého na rovinu súmernosti a pri rovnakých stupňoch presnosti sa berie rovina alebo os prvku s väčším rozmerom kolmým na rovinu súmernosti.

Tolerancie polohy podľa týchto troch tabuliek sú nezávislé. V nevyhnutných prípadoch možno ich stanoviť ako závislé. Pritom sa doplní odkaz na túto normu údajom o závislosti tolerancií.

Nepredpísané súhrnné tolerancie tvaru a polohy, a to konkrétne tolerancie obvodového hádzania, sú v druhej tabuľke ČSN 01 4406. Nepredpísané tolerancie čelného hádzania sa stanovujú zo štvrtej tabuľky tejto normy. Za základňu, ku ktorej sa vzťahuje nepredpísaná tolerancia obvodového a čelného hádzania sa berie os plochy s väčšou dĺžkou; pri rovnakých dĺžkach sa berie os plochy s presnejším stupňom presnosti priemeru a pri rovnakých stupňoch presnosti sa berie os plochy s väčším priemerom.

Nepredpísané tolerancie hádzania v danom smere, úplného obvodového hádzania, úplného čelného hádzania, tvaru daného profilu a tvaru danej plochy sa nestanovia. V požadovaných prípadoch sa musia na výkrese predpísať.

Keď sú z konštrukčných alebo technologických dôvodov potrebné väčšie alebo menšie tolerancie, ako stanovuje ČSN 01 4406 alebo ak sa majú tolerancie vzťahovať k iným základniam, ako podľa tejto normy, musia sa požadované tolerancie tvaru a polohy osobitne na výkrese predpísať.

8 CHARAKTERISTIKA NAMÁHANIA STROJOVÝCH SÚČIASTOK

8.1 VONKAJŠIE ÚČINKY ZATAŽENIA

Pri určovaní tvarov, rozmerov strojov a zariadení, skladajúcich sa z rôznych strojových súčiastok, musí konštruktér okrem materiálových, technologických a výrobných možností, rešpektovať príslušné pôsobiace zataženia. Sily, ktorými pôsobia jednotlivé časti konštrukcie na uvažovanú súčiastku alebo konštrukčný prvok, sa nazývajú vonkajšími silami.

Ak účinok sily pôsobí na veľmi malú plochu v pomere k celkovému rozmerom súčiastky, hovoríme o osamelej sile a vo výpočtoch uvažujeme jej pôsobenie v bode. Ak oblasť, ktorou sa prenášajú vonkajšie sily, je dosť veľká, ide o spojité zataženie, pričom uvažujeme ich prenášanie v určitej čiare alebo ploche (podľa pomeru stykovej oblasti k celkovému rozmeru súčiastky).

Podľa dĺžky môže byť zataženie *dočasné*, ak pôsobí len určitý časový úsek (napr. pohybujúce sa vozidlo po moste) alebo *trvalé*, ak pôsobí po celý čas trvania konštrukcie (napr. vlastná tiaž karosérie a príslušenstva na vozidlo).

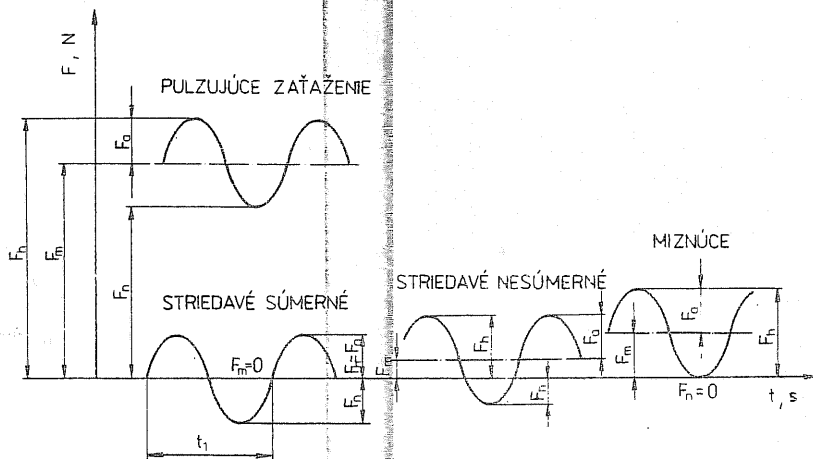
Podľa charakteru pôsobenia delí sa zataženie na *statické*, pričom vzrastá na menovitú hodnotu, a potom sa už nemení s časom a na *dynamické*, ktoré pôsobí obyčajne v krátkej časovej perióde, čiže pôsobiaca sila je premenná s časom a uvažované súčiastky sú pritom obyčajne v pohybe.

Na správne dimenzovanie konštrukcie je osobitne dôležité dynamické zataženie, ktoré môže byť náhle — nárazové, keď zatažujúca sila vzrastie v krátkom časovom intervale alebo kmitavé — cyklické, keď sa zatažujúca sila ustavične mení. Pretože veľkosť aj zmysel sily sa môže pritom meniť, existujú tri druhy cyklického zataženia (*obr. 8.1*):

a) pulzujúce, pri ktorom sa mení iba veľkosť sily medzi hornou F_h a dolnou hodnotou kmitu sily F_n , výkmit — amplitúda je F_a a stredná hodnota kmitu sily je F_m ;

b) striedavé, pri ktorom sa mení nielen veľkosť, ale aj zmysel sily (pri súmernom je $F_h = F_n = F_a$ a $F_m = 0$, pri nesúmernom má každá sila svoju osobitnú veľkosť);

c) miznúce, pri ktorom sa súčiastka raz zataží a druhý raz odľahčí, čiže

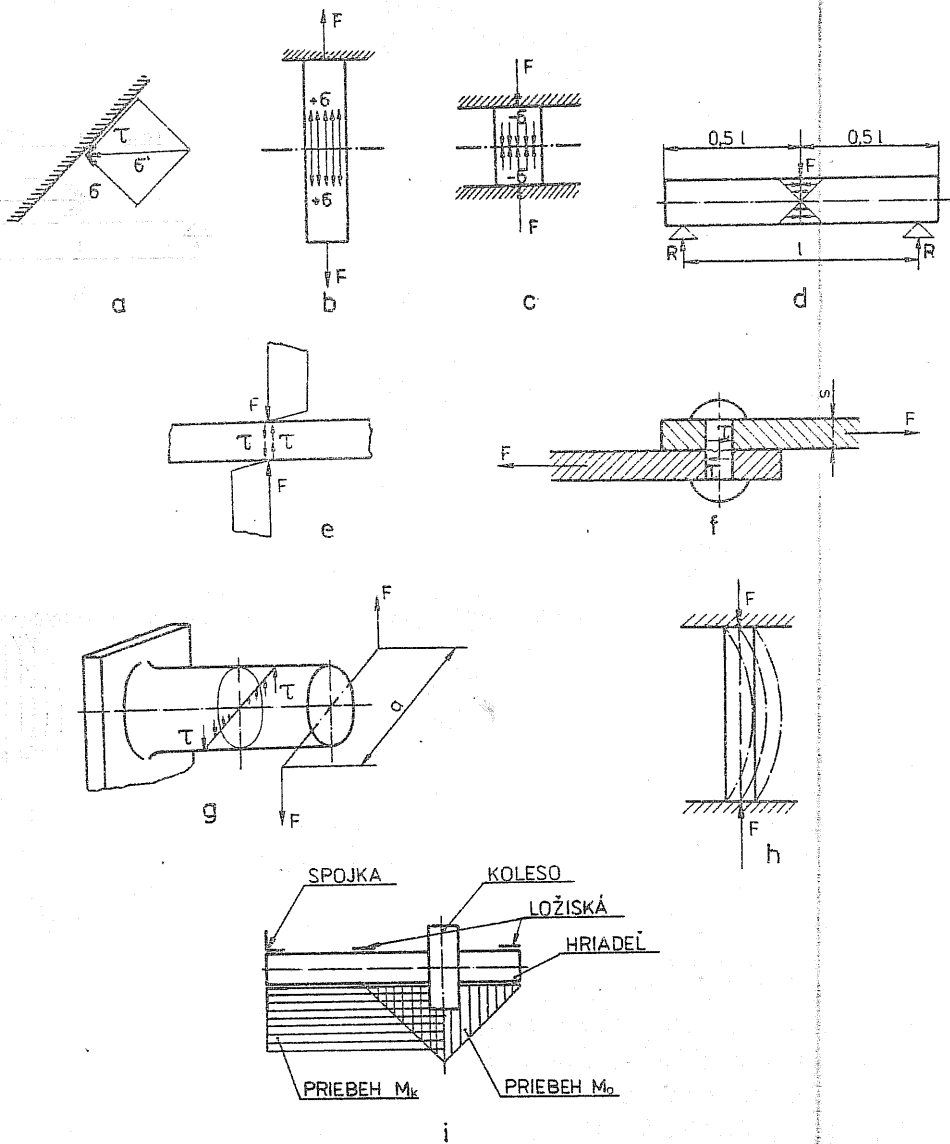


Obr. 8.1. Druhy kmitavého — cyklického zaťaženia

hodnota $F_n = 0$. V uvádzanom diagrame je na osi x záťažová perióda t_1 , čiže časový úsek, za ktorý sa opakuje ten istý priebeh striedavej sily a na osi y je hodnota pôsobiacej sily, ktorá môže byť kladná alebo aj záporná.

Účinkujúce zaťaženia, teda vonkajšie sily, spôsobujú v súčiastkach určité napätia. Je to v dôsledku vnútorných síl, ktoré bránia zmenám rozmerov a tvarov alebo aj súdržnosti príslušného telesa. Veľkosť vnútorných síl sa vyjadruje silou F (N) pôsobiacou na plochu uvažovaného povrchu alebo prierezu telesa S (m^2), a preto sa napätie udáva v Pa, resp. MPa. Napätie σ' , pôsobiace vo všeobecnej polohe k rovine prierezu, sa rozkladá na normálové napätie σ , ktoré pôsobí kolmo na prierez a na šmykové — tangenciálne napätie τ , ktoré pôsobí v rovine prierezu alebo rovnobežne s ňou (obr. 8.2a).

Účinkujúce zaťaženie mení rozmery a tvary predmetov, teda vyvoláva deformáciu, ktorej veľkosť a charakter súvisí so štruktúrou použitých materiálov. Deformácia môže byť pružná, ak teleso nadobudne po ukončení pôsobenia sily pôvodný tvar alebo plastická, ak teleso zostane aj po účinku sily zdeformované. Súčiastky sa musia navrhovať tak a z takého materiálu, aby deformácie čo najmenej vznikali, keďže poškodzujú a znehodnocujú ich správnu funkciu. Preto musia zaťaženia vyvolávať v prierezoch menšie napätia ako je dovolené napätie σ_D , čo sa vo výpočtoch zabezpečuje vhodnou voľbou súčiniteľa bezpečnosti. Dovoľené napätie, ako najväčšie prípustné napätie, vykazujúce určitú bezpečnosť proti trvalej deformácii alebo porušeniu celistvosti súčiastky, určuje sa z podielu príslušnej hodnoty mechanickej vlastnosti použitého materiálu (medze klzu σ_K , medze začiatku plastickej deformácie $\sigma_{0,2}$, medze pevnosti σ_P , medze únavy σ_c) a požadovaného súčiniteľa bezpečnosti. Čas, ktorý súčiastka vydrží bez známky únavy a poškodenia, sa nazýva životnosť. Závisí nielen od rozmerov, zaťaženia, ale



Obr. 8.2. Účinky zaťaženia

a — normálové a šmykové napätie. b — prostý ťah, c — prostý tlak, d — prostý ohyb, e — prostý šmyk, f — sťah, g — prostý krut, h — vzper, i — kombinované namáhanie ohybom a krutom

aj od spôsobu výroby, vhodnosti navrhovaného materiálu a tvaru konštrukcie a od prevádzkových podmienok. Jej veľkosť sa znižuje vplyvom pracovného prostredia, ako je napr. prach, vlhkosť, korózne výpary, voda a trvalé vysoké teploty.

8.2 ZÁKLADNÉ DRUHY MECHANICKÝCH NAMÁHANÍ

Veľkosť napätí σ a τ (obr. 8.2a), závislých od vnútorných síl, spôsobuje mechanické namáhanie, ktorých základné druhy sú: ťah, tlak, ohyb, šmyk a krut. Tieto sú rozhodujúce pre dimenzovanie a aj pre príslušnú kontrolu uvažovaných konštrukcií.

Namáhanie prostým ťahom alebo **tlakom** vyvoláva sila F kolmá na rovinu prierezu a pôsobiaca v jeho ťažisku, pričom napätie má pri ťahu kladnú $+\sigma$ a pri tlaku zápornú $-\sigma$ hodnotu (obr. 8.2b, c). Pre pôsobiacu silu F (N), prierez S (m²) a dovolené namáhanie v ťahu σ_D materiálu súčasti, bude pri rovnomernom rozložení napätia platiť výraz

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq \sigma_D \quad (\text{MPa})$$

Namáhanie prostým ohybom spôsobujú vonkajšie sily, spôsobujúce iba ohybový moment M_o v rovine prechádzajúcej osou kolmou na prierez, napr. hriadeľa, tyče alebo nosníka uloženého na podperách vo vzdialenosti l (obr. 8.2d). Reakcia R sa určí z momentovej rovnováhy $R \cdot l - 0,5 F \cdot l = 0$, teda $R = 0,5 F$. Ohybový moment v nebezpečnom priereze, teda pod silou F , bude $M_o = 0,25 R \cdot l$. Pre modul prierezu v ohybe W_o (m³) sa zistí ohybové napätie zo vzťahu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_D \quad (\text{MPa})$$

Normálové napätie sa mení podľa vzdialenosti uvažovaného vlákna od stredu nosníka: vlákna v neutrálnej osi sa nedeformujú, vlákna nad osou sú namáhané na tlak $-\sigma$, vlákna pod ňou na ťah $+\sigma$.

Namáhanie prostým šmykom zapríčiňuje posúvajúca sa sila F ležiaca v rovine uvažovaného prierezu (obr. 8.2e). Veľkosť šmykového napätia sa vypočíta z rovnice

$$\tau = \frac{F}{S} \leq \tau_D \quad (\text{MPa})$$

Pri niektorých druhoch spojov, napr. kolíkom, čapom, lícovanou skrutkou, okrem posúvajúcej sa sily pôsobí ešte prídavný moment, ide už o určité kombinované namáhanie strihom (obr. 8.2f).

Namáhanie prostým krutom vyvolávajú vonkajšie sily F pôsobiace vo vzdialenosti a , čiže na jednej strane prierezu dávajú výsledný krútiaci moment M_k (obr. 8.2g). Pre modul prierezu v krute W_k (m³) sa určí veľkosť šmykového napätia z rovnice

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_D \quad (\text{MPa})$$

novaným Mnohé súčiastky sa v prevádzke zaťažujú kombinovaným namáhaním, ktoré sa skladá z niektorých základných druhov namáhania. Už aj pri súčiastkach namáhaných tlakom, môže v kritickom priereze vzniknúť zložené namáhanie (priezež; prostým tlakom a ohybom, ak ich jeden rozmer (priezež) je značne menší ako druhý (výška). Pri takýchto štíhlych prútoch zaťažovaných tlakovou silou nastáva porušenie pri menšom napätí, ako to zodpovedá príslušnej tlakovej pevnosti použitého materiálu, a potom hovoríme o vzpere (obr. 8.2h). Typické kombinované namáhanie vzniká napr. pri hriadeľoch, ktoré bývajú súčasne namáhané ohybovým momentom M_o a krútiacim momentom M_k . Názorné zobrazenie hriadeľa namáhaného kolesom (napr. s remenicou) vyvodzujúcim ohyb a krut, pričom hriadeľ je uložený v dvoch ložiskách a spojkou pripojený k ďalšiemu zariadeniu, je na obr. 8.2i.

Aj zložené namáhanie musí mať výsledné — redukované napätie v kritickom priereze menšie ako dovolené napätie, resp. maximálna deformácia musí byť v predpísaných medziach. Kritické miesto, v ktorom je nielen maximálne napätie, ale aj najväčšia pravdepodobnosť porušenia súčiastky, sa nazýva nebezpečný prierezež.

8.3 DÔLEŽITÉ POJMY SKÚŠOK MATERIÁLOV

Stroje, zariadenia a jednotlivé konštrukčné prvky sa musia navrhovať z vhodných materiálov, ktoré budú zodpovedať predpokladaným prevádzkovým podmienkam. Preto treba poznať vlastnosti materiálov a aj ich podrobovať rôznym skúškam, ktoré sú pre funkciu a životnosť výrobku rozhodujúce.

K základným druhom patria okrem technologických skúšok (zisťujú vhodnosť materiálu pre určité technologické úkony aj zmeny svojich vlastností, napr. obrábateľnosť, zvariteľnosť a pod.), aj chemické skúšky (určujú chemické zloženie materiálu), skúšky štruktúry (prešetrujú makroštruktúru a mikroštruktúru), ale aj fyzikálne skúšky (hodnotia fyzikálne vlastnosti ako tepelnú vodivosť, tepelnú rozťažnosť atď.). Mimoriadne dôležité pre konštruktérov sú však mechanické skúšky materiálov, ako:

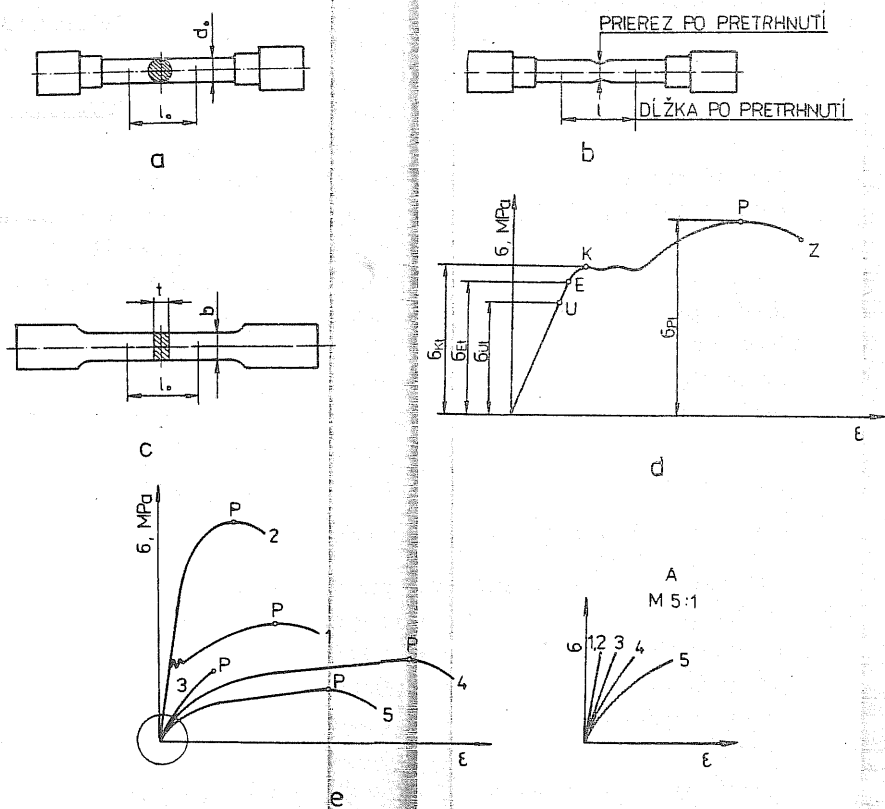
a) Statické skúšky — pôsobiaca sila je konštantná alebo pokojne vzrastajúca, čím spôsobuje postupnú deformáciu, ktorou sa obyčajne poruší skúšobné teleso. Skúšky sa môžu uskutočniť na ťah, tlak, ohyb, krut a strih. Najčastejšia z mechanických skúšok je skúška na ťah normalizovaná podľa ČSN 42 0310, ktorou sa zisťujú dôležité konštrukčné údaje zaručované v príslušných materiálových listoch. Skúšobná tyč pre trhací stroj môže mať kruhový prierezež S_o

... d_0 a so začiatčnou meranou dĺžkou l_0 (obr. 8.3a), resp. pravouhlý ...
 ... prierez S_0 s rozmermi t , b a s dĺžkou l_0 (obr. 8.3c). Plastickou deformáciou po
 ... pretrhnutí skúšobnej tyče sa zmení nielen prierez, ale aj jej dĺžka na hodnotu l
 ... (obr. 8.3b). Zatažujúca sila F vyvolá potom v priestore S_0 napätie veľkosti

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad (\text{MPa})$$

Absolútne predĺženie, o ktoré sa tyč účinkom tohto napätia zväčšila, je $\Delta l = l - l_0$, kým pomerné predĺženie je $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$. Pomerné predĺženie po pretrhnutí tyče v percentách je ťažnosť

$$\delta = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100 (\%)$$



Obr. 83. Skúšky materiálov

a, b, c — skúšobné tyče pre ťahovú skúšku d, e — pracovný diagram ťahovej skúšky pre vybrané materiály

Málo ťažný materiál má $\delta = (1 \text{ až } 5)\%$, dobre ťažný má $\delta = (15 \text{ až } 20)\%$. Po pretrhnutí vyvolá v najužšom mieste pomerné zúženie

$$\psi = \frac{S_0 - S}{S_0} \cdot 100 (\%)$$

Ak sa veľkosť pomerného predĺženia ε (alebo Δl) naniesie na os x a napätia σ (alebo F) na os y , vznikne pracovný diagram ťahovej skúšky, ktorý pre mäkkú konštrukčnú uhlíkovú oceľ má tvar podľa obr. 8.3d. Až do bodu U je deformácia ε priamo úmerná napätiu σ , kde platí Hookov zákon $\sigma = \varepsilon \cdot E$, z ktorého vyplýva, že $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$. Konštanta úmernosti je modul pružnosti v ťahu E (je to také myslené napätie, ktoré spôsobuje predĺženie skúšobnej tyče o pôvodnú dĺžku, keď $\varepsilon = 1$) a má rozmer napätia. Pre oceľ je $E = 2,1 \cdot 10^5$ MPa, pre bronz $E = 0,95 \cdot 10^5$ MPa, pre liatinu $E = 1,2 \cdot 10^5$ MPa. Táto hodnota v bode U je medza úmernosti v ťahu σ_{Ur} . V bode E je medza pružnosti v ťahu σ_{Er} , čiže napätie, pri ktorom sa materiál deformuje iba pružne. Bod K predstavuje medzu klzu v ťahu σ_{Kr} , skúšobná tyč sa predlžuje, ale napätie nevzrastá. Ak nemá skúšobný materiál výraznú medzu klzu, ako je to pri kalenej oceli alebo sivej liatine, určuje sa medza 0,2 v ťahu označovaná $\sigma_{0,2}$, čo predstavuje napätie, pri ktorom nastane trvalé pomerné predĺženie o 0,2% začiatočnej meranej dĺžky. V technickej praxi sa $\sigma_{0,2}$ berie za začiatok trvalej — plastickej deformácie. Maximálna hodnota napätia v bode P je medza pevnosti v ťahu σ_{Pr} . Na konci krivky v bode Z sa rozruší materiál, a to pri menšom napätí ako v bode P . Na obr. 8.3e (aj so zväčšeným detailom A) je pracovný diagram skúšky ťahom rôznych materiálov: 1 — mäkká oceľ, 2 — kalená oceľ, 3 — sivá liatina, 4 — meď, 5 — hliník.

Pri *namáhaní prostým šmykom*, možno skúškami zistiť vzťah aj medzi šmykovým napätím τ a pomerným sklzom alebo uhlovým pretvorením γ , pričom platí $\tau = \gamma \cdot G$ alebo $\gamma = \frac{\tau}{G}$. Materiálová konštanta G je tu modul pružnosti

v šmyku, ktorá napr. pre oceľ má veľkosť $G = 0,85 \cdot 10^5$ MPa. Keď je modul pružnosti určitej látky vo všetkých smeroch rovnaký, hovoríme, že je *izotropná*. V technickej praxi používané materiály považujeme obyčajne za izotropné a homogénne, ktoré majú vo všetkých smeroch rovnaké vlastnosti.

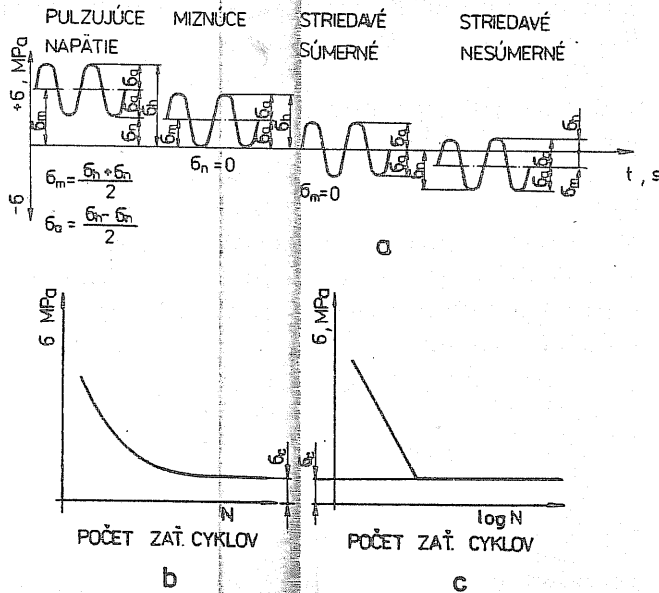
b) *Dynamické skúšky* — napodobňuje sa zaťažovanie dynamickými silami, aké sa vyskytujú v skutočnej prevádzke väčšiny strojových súčiastok. Zatažujúce sily pritom rastú skokom, čiže ide o dynamické nárazové namáhanie alebo sa sily opakovane menia, čiže ide o dynamické cyklické namáhanie a výrobok je vystavený veľkému počtu zmien.

Nárazové skúšky môžu sa uskutočniť na ťah, tlak, ohyb a krut. Najdôležitejšia skúška je na ohyb podľa ČSN 42 0381, pri ktorej sa skúšobná tyč predpísaného

tvary a rozmeru preráža kyvadlovým kladivom (napr. Charpyho kladivo) jedným nárazom.

Pri únavových skúškach je pôsobiaca sila v čase periodicky premenná. Používané špeciálne zariadenia môžu vyvodzovať tieto cyklické namáhania: striedavý ťah-tlak, striedavý ohyb, ohyb za rotácie, striedavý krut. Pre skúšky únavy na ťah-tlak sa používajú pulzátory.

Dlhodobé premenné namáhanie vyvoláva poruchy, a to únavou materiálu príslušných súčiastok. Tieto sú počas prevádzky namáhané obyčajne napätiami, ktoré sa vo vyšetrovanom bode prierezu časove menia. Aj oblasti napätia, podobne to bolo pri cyklickom — kmitavom zaťažení, možno zobrazit graficky tak, že okolo určitého stredného stáleho napätia σ_m kmitá hodnota napätia s amplitúdou $\pm \sigma_a$ (obr. 8.4a). Pri tom je zobrazené aj pulzujúce, aj miznúce a striedavé (súmerné a nesúmerné) napätie s hornou σ_h a dolnou hodnotou napätia kmitu σ_n . Únavový lom nastáva až po prekročení určitej hodnoty napätia, nazývanej medzou únavy. Je to najväčší výkmit napätia pri určitom strednom napätí, ktorý materiál vydrží počas neobmedzeného počtu cyklov bez toho, aby sa porušil. Medza únavy sa definuje počtom cyklov, ktoré vedú k lomu skúšobnej tyče pri rôznych napätiach. Obyčajne sa používa striedavé súmerný cyklus. Grafické vyhodnotenie skúšobného procesu tvorí Wöhlerova krivka, ktorá sa môže zobrazit v lineárnych (obr. 8.4b) alebo v logaritmických súradniciach (obr. 8.4c). Napätie, pri ktorom ešte nevzniká lom, je medza únavy σ_c .



Obr. 8.4. Únavové skúšky

a — priebehy napätia, b — Wöhlerova krivka v lineárnych súradniciach, c — Wöhlerova krivka v logaritmických súradniciach

...ho materiálu c) Skúšky tvrdosti — hodnotí sa odpor skúšaného materiálu proti vnikaniu pri určitého telieska, pričom sa meria deformácia povrchu pri určitých — normalizovaných skúšobných podmienkach. Obyčajne sa používajú tri typy skúšok tvrdosti.

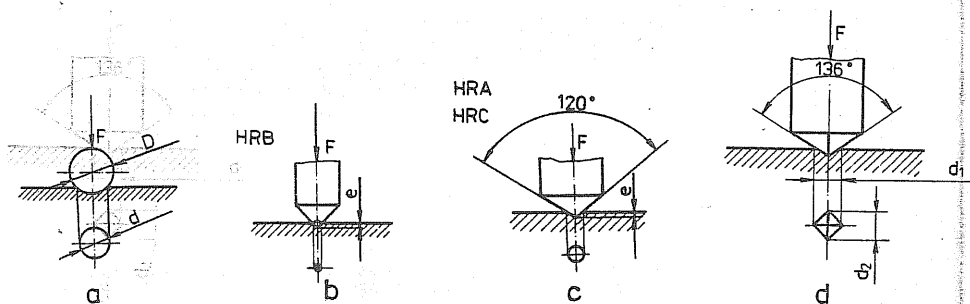
1. Zatiač ocele. Pri skúške tvrdosti HB podľa Brinella sa zatlačí oceľová kalená guľôčka silou F a priemeru D do skúšaného povrchu predpísanou silou F a zmeria sa priemer vytlačenej jamky d po odľahčení sily (obr. 8.5a). Podľa ČSN 42 0371 trvá základná skúška guľkou $D = 10$ mm pri zaťažení $F \approx 30\,000$ N 10 až 15 sekúnd a označí sa napr. HB 150. Pri iných podmienkach sa značka dopĺňa a má tvar napr. HB 5/14, čas $30/7500/30 = 146$ (pre guľku $D = 5$ mm, silu $F \approx 7500$ N, čas 30 s). Súčasťou normy pre skúšku tvrdosti sú aj tabuľky, v ktorých sa tvrdosť určí z rozmeru vytlačenej jamky d priamo bez výpočtov.

2. Zatiač ocele. Pri skúške tvrdosti HR podľa Rockwella sa vtláča oceľová kalená guľka priemeru $\varnothing 1,58$ mm (obr. 8.5b), resp. diamantový kužel s vrcholovým uhlom 120° , zaobleným polomerom 0,2 mm (obr. 8.5c). Meradlom tvrdosti je hĺbka trvalého vtlačenia w v jednotkách Rockwella. Podrobnosti o skúške sú v ČSN 42 0372 a 42 0373.

3. Zatiač ocele. V praxi sa obyčajne pre mäkké materiály používa stupnica HRB, kde celkové zaťaženie pre guľôčku je $F \approx 1000$ N, stupnica HRA, kde pre kužel je celkové zaťaženie $F \approx 600$ N a pre tvrdé materiály stupnica HRC, kde pre kužel je celkové zaťaženie $F \approx 1500$ N. Označuje sa priamym zapísaním hodnôt v jednotkách Rockwella, napr. HRB 80, HRA 90, HRC 60.

4. Zatiač ocele. Skúška tvrdosti HV podľa Vickersa sa uskutočňuje diamantovým štvorbokým ihlanom s uhlom stien $136^\circ \pm 0,5^\circ$ s predpísaným zaťažením F do skúšobného povrchu a zmeraním diagonál vtlačenia d_1, d_2 po odľahčení sily (obr. 8.5d). Tvrdosť sa vyjadruje jednoduchým číslom ako napr. pomerom sily a vtlačeného povrchu. Na priame určenie tvrdosti sa používajú vhodné tabuľky.

5. Zatiač ocele. Vo výrobnej praxi sa Vickersova metóda používa pomerne najviac a je najpresnejšia. Pre základné skúšobné zaťaženie 300 N sa označí napr. HV 200. Pre iné zaťaženie, napr. 100 N sa ešte k značke pripíše aj príslušné zaťaženie.



Obr. 8.5. Princíp skúšok tvrdosti

a — podľa Brinella, b, c — podľa Rockwella, d — podľa Vickersa

Porovnávacie tabuľky tvrdosti podľa jednotlivých metód uvádza pre oceľ ČSN 42 0379. Dynamické skúšky sa od predchádzajúcich skúšok tvrdosti líšia tým, že na materiál pôsobí teliesko nárazom.

Na meranie tvrdosti sa používajú tvrdomery, napr. Poldi kladivko, ktoré je založené na porovnávacom princípe, pri ktorom sa guľôčka zatlačí úderom nielen do skúšaného materiálu, ale aj do etalónovej tyčky známej tvrdosti (porovnaním vtlačení sa stanoví tvrdosť skúšaného materiálu). Priamou metódou pracuje Baumanovo kladivko, kde sa guľôčka prudkým nárazom zatlačí do skúšaného materiálu.

Okrem skúšok tvrdosti vnikaním telieska do materiálu existujú aj odrazové skúšky, ktoré sú založené na Shoreho metóde. Meradlom tejto tvrdosti HSH je veľkosť odrazu závažia s guľovite vybrúseným diamantovým hrotom, ktoré dopadá z určitej výšky na skúšaný povrch. Ide tu o skleroskopickú tvrdosť s rozptylom v medziach ± 10 stupňov tvrdosti. Pre takúto malú presnosť sa táto metóda používa zriedka, a to len pre informatívne určovanie tvrdosti materiálu výrobkov. Smernice o stanovení tvrdosti podľa Shoreho sú v ČSN 62 1431 a 62 1432.

9 TECHNICKÉ MATERIÁLY A ICH OZNAČOVANIE NA VÝKRESOCH

9.1 ZÁKLADNÉ ROZDELENIE MATERIÁLOV

Na výrobu strojových súčiastok, prístrojov, meracích a kontrolných pomôcok ako aj celých zariadení sa v strojnícťve používa veľké množstvo konštrukčných materiálov. Pri voľbe materiálu a vhodného polovýrobku musí sa brať zreteľ na funkciu a spôsob výroby uvažovaného konštrukčného prvku alebo stroja, ale aj na príslušné prevádzkové podmienky vrátane namáhania a pracovného prostredia. Z ekonomického hľadiska je ešte dôležité zohľadniť cenu a dostupnosť zvoleného materiálu.

Obyčajne sa technické materiály rozdeľujú podľa ich mechanických a fyzikálnych vlastností, ale aj podľa výroby a vhodnosti konkrétneho využitia v strojárskkej praxi, do dvoch skupín.

1. Kovové materiály, resp. technické kovy, používajú sa obyčajne na výrobu funkčne dôležitých a namáhaných súčiastok a majú primerané fyzikálne a mechanické vlastnosti. K nim patria:

a) *Železné kovy:*

- ocele na tvarovanie a ocele na odliatky,
- liatiny sivé — tvarovateľné a biele — temperované.

b) *Neželezné kovy:*

- ťažké neželezné kovy,
- ľahké neželezné kovy.

2. Nekovové materiály sa používajú väčšinou na výrobu rôznych konštrukčných prvkov strojov a zariadení, ktoré prenášajú väčšinou len menšie zaťaženia. Sú to:

a) *Anorganické materiály:*

- prírodné materiály ako grafit, korund, diamant, azbest,
- umele vyrobené z minerálov ako sklo, kamenina, porcelán.

b) *Organické materiály:*

- prírodné materiály ako drevo, korok, koža, textilné vlákna,
- umele vyrobené z prírodných surovín ako papier, guma — vulkanizovaná kaučuková zmes,

— syntetické, vyrobené chemickou syntézou — plasty.

Charakteristické materiály majú najdôležitejšie vlastnosti uvádzané v materiálových listoch noriem (číselne označované materiály majú samostatné materiálové listy a svoje čísla noriem), kde možno zistiť:

1. Chemické zloženie určujúce fyzikálne vlastnosti a správanie sa materiálu pri rôznych teplotách, napr. koróziuvzdornosť, žiaruvzdornosť, možnosť použitia povrchovej ochrany.

2. Fyzikálne vlastnosti, napr. pružnosť, hustotu, tepelnú alebo elektrickú vodivosť, tepelnú rozťažnosť, objemovú stlačiteľnosť, magnetické alebo optické vlastnosti.

3. Mechanické vlastnosti, napr. ťažnosť, pevnosť (v ťahu, tlaku, šmyku, krútení), medzu únavy, húževnatosť, tvrdosť.

4. Technologické vlastnosti, napr. obrobiteľnosť, zvariteľnosť, vhodnosť na určité tepelné spracovanie.

5. Možnosť a vhodnosť správneho použitia.

Okrem týchto vlastností stanovujú materiálové listy aj možné rozmery a tvary, v ktorých sa vyrábajú, ale obsahujú aj údaje pre vhodnú tepelnú úpravu a spracovanie pri zmene vlastností.

Pretože na výrobu súčiastok a zariadení sa používajú predovšetkým kovy, a to najmä ocele a liatiny, ťažké a ľahké kovy, zaviedlo sa najprv ich normalizované označovanie. Číselné označovanie začínajúce rokom 1948 zohľadňuje už aj technologické požiadavky výrobného procesu a vyhovuje nielen pre vlastnú výrobu, ale aj pre konštrukciu a administratívu vrátane plánovania. Osvedčuje sa u výrobcov ako aj u spotrebiteľov. Navrhnutá sústava je prehľadná, spoľahlivá, jednoznačná a umožňuje aj dodatočne zaraďovanie ďalších materiálov. Vlastná číselná značka sa skladá zo základného čísla a obyčajne ešte aj z doplnkových číslic. Pritom predpísanie a označenie použitého materiálu musí byť presné, jednoznačné a úplné. Značkou býva udaný:

a) druh materiálu — oceľ, liatina, hliník, meď a pod.,

b) akosť a vlastnosti — pevnosť, chemické zloženie, kovateľnosť atď.,

c) príslušný stav — normálny, žiňaný, zušľachtený, kalený a pod.,

d) údaj dopĺňajúci ešte potrebné rozmery tyčového a profilového materiálu, resp. polovýrobov a čísla normy.

Za daných prevádzkových pomerov musia navrhované konštrukcie vykazovať nielen najväčšiu životnosť (preto sa žiada dostatočná pevnosť materiálu a najvhodnejší tvar), ale majú byť čo najlacnejšie (a preto sa vyžaduje lacný, ale funkčne celkom vyhovujúci materiál). Vhodný materiál sa musí určovať mimoriadne starostlivo práve tak, ako aj samotná výroba. Navrhovaný materiál sa uvádza na detailných výkresoch v popisovom poli a na výkresoch zostáv v príslušných kusovníkoch.

9.2 ŽELEZNÉ KOVY

9.2.1 Ocele

Najpoužívanejším technickým materiálom, vzhľadom na dostatočne veľké zásoby železnej rudy (asi 5 % zemského povrchu) je technické železo. Týmto názvom sa označujú zliatiny železa Fe s uhlíkom C a s inými prvkami. K užitočným prvkom patrí mangán Mn a kremík Si, k nepriaznivým síra S a fosfor P, ktoré sa dostávajú do železa už priamo pri výrobe. Okrem toho sa vyskytujú aj ďalšie prísady — legúry, napr. chróm Cr, nikel Ni, meď Cu, volfrám W, molybdén Mo, kobalt Co, vanád V, titán Ti, olovo Pb, ale aj hliník Al, telúr Te, bór B, resp. zirkón Zr a niób Nb. Kým chemicky čisté železo je tvarovateľné, mäkké, málo pevné a nemožno ho vhodne v praxi upotrebovať, technické železo sa používa na výrobu najrôznejších strojových súčiastok, prístrojov, strojov, nástrojov a zariadení. Pri obsahu uhlíka menšom ako 1,7 % ide o ocele, pri väčšom ide o liatiny.

Až 90 % celkovej produkcie vysokých pecí tvorí oceliarske surové železo, ktoré sa spracováva skujňovacím procesom v oceliarskych peciach. Výroba ocelí sa uskutočňuje v Siemensových-Martinových peciach alebo v konvertoroch a v elektrických peciach. Ocele majú hustotu $\rho = 7,7$ až $9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Ocele na tvarovanie sa odlievajú do kokíl, v ktorých tuhnú na ingoty alebo majú po stuhnutí podobu predvývalkov, resp. predvýkolkov. Potom ich možno za tepla tvarovať na vhodné výrobné polovýrobky buď valcovaním alebo kovaním. Ocele na odliatky sa používajú priamo na odlievanie súčiastok alebo celkov.

Podľa akosti sú ocele obvyklých akostí alebo zušľachtené ocele. Podľa použitia sa delia ocele na konštrukčné a nástrojové. Podľa stupňa legovania, daného súčtom stredných obsahov legovacích prvkov, môžu byť nelegované a legované ocele.

V zmysle ČSN 42 0002 označujú sa ocele na tvarovanie základnou päťmiestnou číselnou značkou, za ktorou nasleduje bodka a dve doplnkové číslice. Rozdefujú sa do 9 tried označovaných prvým dvojčíslo, a to od triedy 10 až po 19 (okrem triedy 18), pričom toto dvojčíslo je oddelené medzerou od ďalšieho trojčíslo. Základná značka sa číta ako dvojčíslo a trojčíslo.

Konštrukčné nelegované ocele triedy 10 sú ocele s predpísanými hodnotami mechanických vlastností, pri ktorých sa však chemické zloženie obyčajne nepredpisuje. Používajú sa najmä na výstuže betónových konštrukcií, na koľajnice a rôzne stavebné konštrukcie, ale aj na súčiastky menej dôležitého významu. Prehľad konštrukčných ocelí tried 10 až 17 je v ČSN 42 0074. Význam jednotlivých číslic si vysvetlíme na určitom type ocele, napr. 10 370 .XY:

- (1) — určuje hlavnú skupinu technického materiálu,
- (0) — udáva akostnú skupinu, čiže druh ocele podľa zloženia,
- (10) — tvorí skupinové označenie, čiže triedu ocele,
- (37) — približne charakterizuje pri konštrukčných oceliach desatinu ťahovej pevnosti v MPa (370 MPa), pri výstuži betónových konštrukcií medzu klzu,

(0) — má poradový význam s výnimkou ocelí pre výstuže do betónu, kde stanovuje spôsob výroby (valcovanie, krútenie za tepla),

(X) — označuje stav ocelí, daný tepelným spracovaním,

0 — tepelne nespracovaný,

1 — normalizačne žiháný,

2 — žiháný (s uvedením spôsobu žihania),

3 — žiháný na mätko,

4 — kalený alebo kalený a popúšťaný,

5 — normalizačne žiháný a popúšťaný,

6 — zušľachtený na dolnú obvyklú pevnosť,

7 — zušľachtený na strednú obvyklú pevnosť,

8 — zušľachtený na hornú obvyklú pevnosť,

9 — iný stav (podľa osobitnej objednávky),

(Y) — určuje stupeň tvarovania oceľových plechov a pásov,

0 — za tepla valcované plechy a za studena valcované pásy,

1 — predchádzajúci typ ešte ľahko prevalcovaný,

2 — za studena valcované pásy so 1/4 tvrdým stupňom tvarovania,

3 — za studena valcované pásy s 1/2 tvrdým stupňom tvarovania,

4 — za studena valcované pásy s 3/4 tvrdým stupňom tvarovania,

5 — za studena valcované pásy so 4/4 tvrdým stupňom tvarovania,

6 — za studena valcované pásy s 5/4 tvrdým stupňom tvarovania,

7 — za studena valcované pásy špeciálne spracované,

8 — za studena valcované pásy podľa osobitného predpisu,

9 — za studena valcované pásy podľa dohodnutého predpisu.

Konštrukčné nelegované ocele triedy 11 sú ocele s predpísanými hodnotami mechanických vlastností a s predpísaným obsahom C, P, S, resp. aj ďalších prvkov.

Vhodné sú na výrobu bežných strojových súčiastok, ktoré sú staticky alebo málo dynamicky namáhané; ocele 11 109, 11 110, 11 120 a 11 140 sú vhodné najmä na obrábanie (automatové ocele). Základná značka je takisto päťmiestna, napr. pri oceli 11 455.XY:

(11) — vyjadruje triedu ocelí,

(45) — približne charakterizuje desatinu ťahovej pevnosti (450 MPa). Pri automatových oceliach býva tretia číslica 1 a štvrtú charakterizuje stredný obsah uhlíka v desatinách percenta,

(5) — má poradový význam,

(XY) — doplnkové číslice majú význam ako pri triede 10.

Konštrukčné nelegované ocele triedy 12 a legované ocele triedy 13 až 16 majú nielen zaručené chemické zloženie, ale aj mechanické a technologické vlastnosti, resp. aj určité osobitné vlastnosti (odolnosť proti mechanickému namáhaniu pri vyšších teplotách pri oceliach 15 233, 15 236). Používajú sa na výrobu staticky a dynamicky značne namáhaných a dôležitých súčiastok (hriadele, pružiny,

ozubené kolesá atď.). Označenie majú napr. 12 020.XY:

(12) — vyjadruje triedu ocele, pričom sú

12 — uhlíkové ocele s predpísaným obsahom C, Mn, Si, P, S a pod.,

13 — nízkolegované ocele obyčajne s prvkami Mn, Si, Mn-Si, Mn-V,

14 — nízkolegované ocele s Cr, Cr-Al, Cr-Mn, Cr-Si, Cr-Mn-Si,

15 — nízkolegované ocele s Mo, Mn-Mo, Cr-Mo, Cr-V, Cr-W, Cr-Mo-V atď.,

16 — nízko a stredne legované ocele s Ni, Cr-Ni, Ni-V, Cr-Ni-Mn,

(0) — charakterizuje súčet stredných obsahov legovacích prvkov vyjadrených v percentách, zaokrúhlený na celé číslo,

(2) — charakterizuje stredný obsah C v desatinách percenta.

Stotiny sa zaokrúhľujú od 3 na najbližšiu desatinu. Pri obsahu C vyššom ako 0,92 % je štvrtá číslica 0,

(0) — má poradový význam (jemnejšie rozlíšenie),

(XY) — doplnkové číslice majú význam ako pri triede 10.

Konstrukčné legované ocele triedy 17 sú stredne a vysoko legované ocele rôznymi prvkami (Cr, Ni, Cr-Ni, Cr-Mo, Cr-Ni-Mo, Mn-Cr-Ti a pod.). Pri zaručenom chemickom zložení majú okrem dobrých mechanických aj špeciálne vlastnosti, napr. odolnosť proti opotrebovaniu, korózii alebo žiaru. Označenie je napr. 17 030.XY:

(17) — vyjadruje triedu ocele žiaruvzdornej, nehrdzavejúcej, žiarupevnej alebo s určitými fyzikálnymi vlastnosťami,

(0) — charakterizuje typ legovania ocelí jednotlivými legovacími prvkami alebo skupinu legovacích prvkov,

(3) — určuje obsah hlavných legovacích prvkov Cr, Mn a Ni v jednotlivých druhoch ocelí podľa typu legovania,

(0) — má poradový význam,

(XY) — doplnkové číslice majú rovnaký význam ako pri triede 10.

Nástrojové ocele triedy 19 sú nelegované ocele s predpísaným obsahom C, Mn, Si, P, S a nízko, stredne alebo vysoko legované ocele rôznymi prvkami (Cr, V, Cr-Mo, Cr-Si, Cr-Al, Cr-Si-V a pod.). Používajú sa na výrobu rezných nástrojov (vrtáky, výstružníky, závitníky), meradiel, ručného náradia (sekáče, hlavičkáre, dláta, kladivá), tvarovacích nástrojov, razníc, ale aj niektorých špeciálnych súčiastok s veľkou tvrdosťou, pevnosťou, odolnosťou proti opotrebovaniu a stálosťou rozmerov. Normalizované sú podľa ČSN 42 0075, napr. 19 340.XY:

(19) — vyjadruje triedu nástrojovej uhlíkovej, zliatinovej a rýchlomeznej ocele,

(3) — charakterizuje nelegované ocele, ale aj druh legovania jednotlivými prvkami, resp. skupinu legovacích prvkov,

(4) — určuje pri nelegovaných oceliach spolu s treťou číslicou stredný obsah C, pri legovaných má poradový význam,

(0) — dotýka sa jemnejšieho rozlíšenia,

(XY) — doplnkové číslice majú rovnaký význam ako pri triede 10.

K technickým materiálom triedy 13 patria oceľové a liatinové prášky (uhlíkové a zliatinové) a aj prídavný materiál na zváranie (drôty, elektródy a pod.). Najdôležitejšími pojmami, surovinami, výrobnými prostriedkami, technológiou a výrobkami zo spekaných materiálov sa zaoberá ČSN 42 0049. ČSN 42 0801 sa dotýka technických dodacích predpisov a skúšok železných a oceľových práškov, ktoré sa vyrábajú mechanickým spôsobom alebo granulovaním. Konkrétne údaje o železnom mechanickom prášku sú v ČSN 41 8001, o spekanej oceli v ČSN 41 8280 a o bronzе v ČSN 41 8344.

Mechanický prášok vzniká mletím oceľovej drviny v mlynoch a preosievaním na vibračných sítach podľa veľkosti zŕn, čím sa dostávajú rôzne frakcie prášku. Granulovaný prášok vzniká granulovaním roztaveného kovu na špeciálnom zariadení, ktorým možno sušiť a preosievať prášky. Môže sa však ešte aj tepelne a inak spracovávať. Takto vyrobené prášky sa používajú na vyhotovenie spekaných karbidov a zváracích elektród.

K výrobkom práškovej metalurgie patria aj spekané karbidy. Ich technickými požiadavkami a skúškami sa zaoberá ČSN 42 0846. Spekané karbidy sú vytvorené z karbidov ťažkých kovov (volfrám, tantal, titán), ktoré sa spekajú za prítomnosti vhodného kovu skupiny železa, obyčajne kobaltu. Sú to vlastne zlisované karbidové a kovové prášky, spečené pri zvýšenej teplote. Charakteristickou vlastnosťou spekaných karbidov je nielen vysoká tvrdosť, ale aj značná pevnosť v tlaku a výrazná odolnosť voči opotrebovaniu. Používajú sa najmä na výrobu rôznych nástrojov na obrábanie a tvarovanie, ale aj na výrobu súčiastok vystavených značnému opotrebovaniu, pričom špecifickú vhodnosť ich použitia určujú fyzikálne a mechanické vlastnosti príslušných spekaných karbidov.

9.2.2 Ocele na odliatky

Sú to zliatiny železa s C, Si, Mn a s ďalšími prvkami, pričom C nepresahuje 2,14 %. Ich hustota je $\rho = 7,8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Zliatiny so zvýšeným množstvom legovacích prvkov tvoria prechod medzi ocelami a liatinami, pričom sa tieto obyčajne ešte tepelne spracúvajú. K nim patria aj zliatiny pre trvalé magnety vytvorené ako vysokolegované zliatiny železa na báze Fe-Al-Ni alebo Fe-Al-Ni-Co, ktoré môžu mať vedľa C, Mn, Si, Cr, S aj ďalšie legovacie prvky ako Cu, Ti, Nb.

Zliatiny železa na odliatky môžu byť:

- a) nelegované zliatiny — obsahujú iba sprievodné prvky a výrobné nevyhnutné množstvo prísad,
- b) nízkolegované zliatiny — majú aj legovacie prvky so stredným obsahom menším ako 5 %,
- c) strednelegované — majú obsah legúr 5 až 10 %,

d) vysokolegované zliatiny — majú obsah legúr viac ako 10 %.

Ocele na odliatky strojových súčiastok majú podobné vlastnosti ako ocele na tvarovanie. Odlievajú sa do žiaruvzdorných foriem, pričom polovýrobok má materiálové prídavky iba na plochách, ktoré sú určené na obrábanie. Najčastejšie sa používajú nelegované — uhlíkové ocele na odliatky s obsahom C zriedka väčším ako 0,5 %. Na dôležitejšie účely sa používajú zliatinové ocele na odliatky.

Uhlíkové ocele na odliatky majú podľa ČSN 42 0006 šesťmiestnu základnú značku a dve doplnkové číslice, napr. 42 26 33.XY:

(42) — vyjadruje triedu noriem pre hutníctvo,

(26) — tvorí skupinové označenie,

(33) — rozlišuje materiály v skupinách a pri dvojčíslí,

00 až 29 vzťahuje sa na iný spôsob odlievania ako do pieskových foriem a určuje (poradové) číslo v závislosti od obsahu uhlíka,

30 až 99 vzťahuje sa na odlievanie do pieskových foriem a určuje približnú medzu pevnosti v ťahu (330 MPa).

(X) — určuje konečný stav materiálu podľa tepelného spracovania,

(Y) — vyjadruje spôsob odlievania odliatkov (do piesku, odstredive, tlakove atď.).

Zliatinové ocele na odliatky sa označujú napr. 42 2723. XY:

(42) — určuje triedu noriem,

(27) — ide o zaradenie do príslušných skupín,

27 — sú nízko a strednelegované odlievané do pieskových foriem,

28 — sú nízko a stredne legované odlievané nie do piesku,

29 — sú vysokolegované ocele na odliatky,

(23) — rozlišuje jednotlivé materiály v skupinách,

(XY) — majú význam ako pri uhlíkových oceliach na odliatky.

9.2.3 Liatiny

Pretavením surového železa, kovového odpadu a prísad v zlievárenských peciach sa získavajú liatiny, ktorých množstvo C presahuje 2,14 %. Využívajú sa pri nich skôr priaznivé technologické (najmä dobrá zlievateľnosť) ako mechanické vlastnosti a môžu byť sivé alebo biele. Ich hustota je $\rho = 7,1$ až $7,3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Sivé liatiny sú zliatiny Fe s C, Si, Mn a ďalšími prvkami, pri ktorých väčšina uhlíka je vylúčená ako lupienkový grafit. Tieto liatiny vykazujú sivý lom a tavia sa v elektrických alebo kuplových peciach. Používajú sa na menej namáhané, ale tvarovo zložité odliatky, ako sú stojany, prevodové skrine, zotrvačníky, telesá strojov a armatúr a pod., ktoré sa obvyčajne tepelne nespracovávajú. Špeciálnym očkovaním, najmä prísadou Mg, možno vyrobiť tvarovateľnú liatinu, ktorá je húževnatá, má vyššiu pevnosť a jej odliatky sa obvyčajne tepelne spracovávajú. Biele liatiny po rýchlom chladnutí obsahujú uhlík v podobe karbidu železa, a preto

sú veľmi tvrdé, značne odolné proti opotrebovaniu, ale zle obrábateľné. Sú to zliatiny Fe s C, Si, Mn a ďalšími prvkami a vykazujú biely lom. Na súčiastky sa používajú iba vtedy, keď treba využiť ich odolnosť proti opotrebovaniu. Obyčajne sa ešte spracovávajú žíhaním pre grafitizáciu v oxidačnom prostredí na temperovanú liatinu, ktorá je dobre obrábateľná.

Číselné označenie liatin je napr. 42 2303.XY:

(42) — vyjadruje triedu noriém pre hutníctvo,

(23) — tvorí skupinové zatriedenie,

23 — tvarovateľné legované a nelegované liatiny,

24 — sivé nelegované, legované a špeciálne zliatiny železa na odliatky,

25 — biele, vytvrdzované a temperované liatiny,

(03) — rozlišuje jednotlivé materiály v skupinách,

(XY) — majú význam ako pri uhlíkových oceliach na odliatky.

9.3 NEŽELEZNÉ KOVY

9.3.1 Ťažké neželezné kovy

V najrôznejších odvetviach strojárského priemyslu prichádzajú do úvahy okrem železných aj neželezné kovy, a to predovšetkým Cu, Al, Zn a Pb, resp. Sn, Mg a ďalšie kovy. Pre nedostatok vhodných rúd prevyšuje u nás často dopyt možnosti súčasnej výroby, a preto sa hovorí o deficitných materiáloch, ktorých cena býva často značne vysoká. Pokým ide o spôsoby a formy ich konkrétneho uplatnenia, treba pripomenúť, že sa môžu upotrebiť nielen čisté (rýdze), ale najmä ako kovové zložky niektorých zliatin, resp. ako prísada zliatiných kovov.

Na výrobu najrôznejších konštrukčných prvkov, súčiastok a celkov strojov a prístrojov sa používajú najmä vtedy, keď železné kovy svojimi vlastnosťami už nevyhovujú alebo keď nemožno už zaviesť novú produktívnu technológiu. Drahé a vzácne kovy sa používajú na špeciálne účely, a to nielen v strojárskom (striebro, platina, zlato), ale aj v elektrotechnickom a chemickom priemysle, najmä však v prístrojovej technike a jemnej mechanike. Neželezné kovy sa účelne rozdeľujú na ťažké (farebné) a ľahké kovy.

Do skupiny ťažkých neželezných kovov patria tie kovy, ktorých hustota je väčšia ako 5 g.cm^{-3} . Je to predovšetkým Cu, Zn, Pb a Sn, ale aj Ni, Co. V konštrukciách sa majú tieto deficitné kovy navrhovať len vtedy, keď sú pre svoje vlastnosti nepostrádateľné a nemožno ich nahradiť inými prístupnejšími materiálmi. Prehľad ťažkých neželezných kovov a ich zliatin je v ČSN 42 1300. Označujú sa podľa ČSN 42 0055 šesťmiestnym číslom a dvoma doplnkovými číslicami, napr. 42 3223.XY:

(42) — vyjadruje triedu noriém hutníctva,

- (3) — určuje ťažké kovy a ich zliatiny,
 - (2) — rozlišuje materiály podľa výrobnjej technológie,
 - 0, 2, 4, 6, 8 — párne číslice znamenajú zliatiny pre tvarovanie,
 - 1, 3, 5, 7, 9 — nepárne číslice zlievárenské zliatiny,
 - (22) — štvrtá a piata číslica určuje skupinu ťažkých kovov a ich zliatin, napr. čistá meď, zliatina Cu-Sn, Cu-Ni a pod.,
 - (3) — šiesta číslica je poradová,
 - (223) — trojčíslo upresňuje chemické zloženie a výrobu,
 - (XY) — vyjadruje pri tvarovateľnom výrobku jeho stav, akosť a možné kombinácie,
 - (X) — pri odliatkoch vyjadruje stav po tepelnom spracovaní,
 - (Y) — pri odliatkoch nie je stanovené. Spôsob odlievania vyjadruje sa slovne, napr. odliatok do kokily, do piesku, liaty odstredivo atď.
- Pre konštrukciu sú zo zliatin najdôležitejšie bronzy (Cu-Sn a iné prvky), mosadze (Cu-Zn a ďalšie prísady) a kompozície (cínové typu Sb-Sn, olovené typu Pb-Sb-Sn).

9.3.2 Ľahké neželezné kovy

Hustota týchto materiálov je menšia ako $5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. K nim predovšetkým patrí Al, Mg, Ti, elektrón (firemné označenie zliatiny Mg, Al, Zn, Mn, Si atď.) a iné zliatiny. Používajú sa podobne ako aj ťažké kovy a ich zliatiny najmä vtedy, keď nevyhovujú železné kovy, ale ako deficitné kovy sú pre svoje vlastnosti nepostrádateľné. Odolnosť hliníkových zliatin voči korózii možno zlepšiť eloxovaním (elektrochemickým vytvorením farebnej povrchovej ochrannej vrstvy). Ich prehľad uvádza ČSN 42 1400 a označenie ČSN 42 0055, napr. 42 4330.XY:

- (42) — určuje triedu noriem hutníctva,
- (4) — vyjadruje ľahké kovy a ich zliatiny,
- (3) — stanovuje výrobnú technológiu ako pri ťažkých kovoch,
- (33) — upresňuje skupinu, napr. čistý Al, zliatina Al-Mg, Al-Si atď.,
- (0) — je poradová číslica v skupine,
- (330) — upresňuje chemické zloženie a výrobu,
- (XY) — majú rovnaký význam ako pri ťažkých neželezných kovoch.

V strojárskjej praxi je známy najmä dural 42 4201 (zliatina Al-Cu-Mg) na tvarovanie súčiastok automobilov, lietadiel, lodí a silumín 42 4384 (zliatina Al-Si10) na tenkostenné odliatky výrobkov.

9.4 NEKOVOVÉ ANORGANICKÉ MATERIÁLY

Vlastnosti nekovových materiálov sú veľmi rôznorodé, pričom sa líšia nielen od kovov, ale aj navzájom medzi sebou. Kým kovy sa používajú na výrobu

12.1 ZVÁRANÉ SPOJE

12.1.1 Tavné a tlakové spôsoby zvárania

Zváranie je spájanie kovových materiálov do nerozoberateľného celku, vyhotoveného pôsobením tepla alebo tlaku a tepla, resp. iba tlaku a podľa potreby aj použitím prídavného materiálu rovnakého alebo podobného zloženia, schopného vytvoriť metalurgické spojenie so základným materiálom. Súčiastku alebo konštrukčný celok takto vyhotovený nazývame *zvarok*.

Zváraním v porovnaní s inými spôsobmi spájania, najmä nitovaním, dosahuje sa podstatne vyššia produktivita práce, a tým aj skrátenie výrobného času. Zvarky sú pri rovnakej únosnosti a tuhosti až o 30 % ľahšie, ako výrobky spojované nitovaním. Pri kusovej alebo malosériovej výrobe sa často nahrádzajú zložitejšie odliatky zvarkami, ktoré sú až o 50 % ľahšie ako odliatky a majú spravidla nižšie výrobné náklady.

Podľa charakteru energetického zdroja na vytvorenie zvarového spoja rozoznávame zváranie tavné (teplom), tlakom a kombinované.

Tavné zváranie sa delí na: zváranie plameňom, termitom, elektrickým oblúkom, plazmové, laserom a pod. Najpoužívanejším spôsobom tavného zvárania je zváranie plameňom a elektrickým oblúkom, ktoré môže byť ručné alebo automatické.

Pri tavnom zváraní *plameňom* zdrojom tepla na zohriatie a natavenie zváraných materiálov je plameň horľavého plynu (acetylén) v zmesi s kyslíkom pri vysokej teplote. Roztavený kov zo zváraných častí sa spravidla dopĺňa prídavným materiálom odtaveným zo zváracieho drôtu.

Pri tavnom zváraní *elektrickým oblúkom* zdrojom tepla je elektrický oblúk, ktorý sa vytvorí medzi elektródou a zváranými časťami, ktoré sú zapojené do elektrického obvodu zváracieho prúdu.

Zváranie elektrickým oblúkom môže byť vyhotovené uhlíkovou elektródou, kovovou elektródou, neodtavujúcou sa elektródou a osobitnými spôsobmi. Najrozšírenejší je spôsob zvárania kovovou elektródou holou alebo obalenou, pod tlakom, v ochrannej atmosfére plynov, vo vákuu, pod roztavenou troskou a pod.

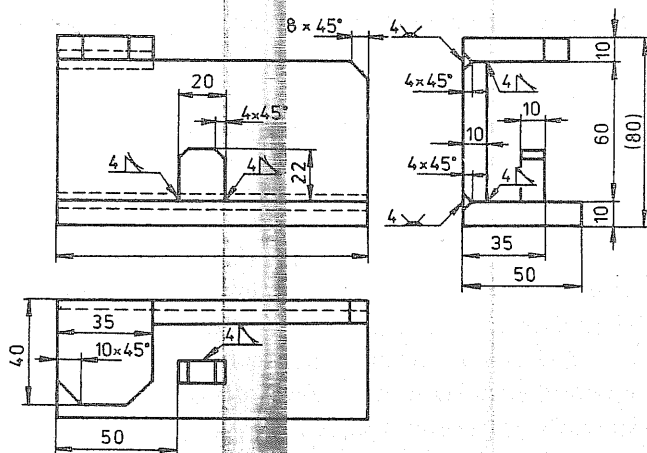
Pri zváraní tlakom na najčastejšie používa zváranie elektrickým odporom,

ktoré sa podľa vyhotovenia rozdeľuje na: bodové, švové, výstupkové a stykové stlačením alebo odtavením. Pri tomto zváraní sa zvarový spoj vytvára teplom, ktoré vzniká prechodom elektrického prúdu zvaranou súčiastkou za pôsobenia pokojného tlaku. Charakteristické znaky procesu odporového zvárania sú: veľká rýchlosť zvárania, zvara sa bez prídavného materiálu, dajú sa zvärať materiály, ktoré sa nedajú iným spôsobom zvärať a zvarací čas je pomerne krátky. Priebeh procesu a akosť odporového spoja závisia najmä od správnej voľby prítlačnej sily a činiteľov, ktoré určujú, koľko tepla treba priviesť do miesta styku.

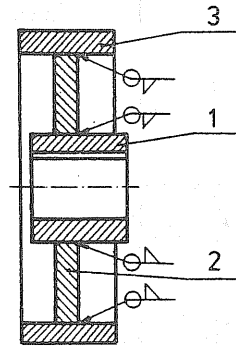
12.1.2 Kreslenie a označenie zvarov na výkresoch

Zvárané výrobky sa kreslia obyčajne v zloženom stave, ako kótovaná čiastková zostava (obr. 12.1). Jednotlivé časti zvarku sa nakreslia osobitne, ak sú ich rozmery samozrejme z výkresu zostavy. Časti zvarku z plochého, tyčového alebo profilového materiálu sa zapisujú s hlavnými rozmermi v rohovej pečiatke. Na detailné výkresy sa samostatne kreslia len tie zložitejšie súčiastky zvarku, ktoré sa musia pred zváraním osobitne vyrobiť. Na zostavných výkresoch, ktoré neslúžia na zváranie, netreba zvary na súčiastkách predstavujúcich hotové montážne celky znázorňovať ani označovať. Jednotlivé súčiastky zváranej konštrukcie, kreslenej v reze sa rozlišujú smerom, resp. rôznou hustotou šrafovania len na výkrese na výrobu zvarku (obr. 12.2). V ostatných prípadoch sa zvarok považuje za jednu súčiastku.

Označovanie zvarov na výkresoch predpisuje ČSN 01 3155, ktorá stanovuje pravidlá pre zjednodušené zobrazenie a označenie zvarov na všetkých druhoch technických výkresov (v strojárstve, elektrotechnike, stavebníctve atď.), vyhotovených zvaraním pod tavivom a tlakovým zvaraním.



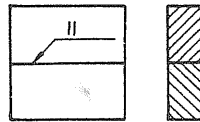
Obr. 12.1. Zvárací výkres prípravku



Obr. 12.2. Kreslenie zváratej súčiastky
a — na zväracom výkrese, *b* — na výkrese zostavy zvarok je jeden celok

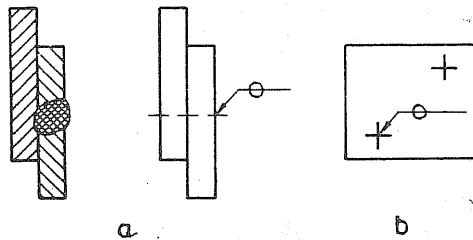
Označenie zvaru tvorí súhrn grafických značiek, písmových a číselných údajov potrebných na presné určenie zvaru.

Lemové, tupé a švové zvary sa nezávisle od spôsobu zvárania zjednodušene zobrazujú plnou hrubou čiarou (obr. 12.3).



Obr. 12.3. Zobrazenie lemových, tupých a švových zvarov zjednodušene plnou hrubou čiarou

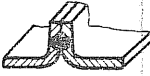

















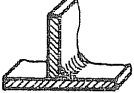

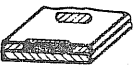

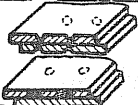

Bodové, dierové a výstupkové zvary sa nezávisle od spôsobu zvárania zjednodušene zobrazujú osou, podľa obr. 12.4a alebo značkou kreslenou podľa obr. 12.4b hrubou plnou čiarou.



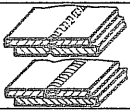

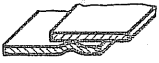

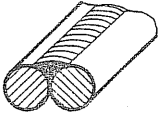

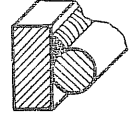

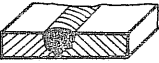



Obr. 12.4. Zjednodušené zobrazenie bodových, dierových a výstupkových zvarov
a — osou zvaru, *b* — hrubou plnou čiarou

Označenie musí obsahovať všetky údaje potrebné na jednoznačné určenie zvaru a skladá sa :

Základné značky







Číslo	Zvar	Zobrazenie	Značka
1	Lemový zvar		
2	I zvar		
3	V zvar		
4	1/2 V zvar		
5	Y zvar		
6	1/2 Y zvar		
7	U zvar		
8	1/2 U zvar		
9	Podloženie zvaru		
10	Kútový zvar		
11	Dierový zvar		
12	Bodový zvar		

pokračovanie tabuľky 12.1

Číslo	Zvar	Zobrazenie	Značka
13	Švový zvar		
14	Výstupkový zvar		
15	Oblý zvar		
16	Oblý zvar 1/2 V zvar		
17	W zvar		
18	1/2 W zvar		

Tabuľka 12.2

Doplňujúce značky

Číslo	Názov	Značka
1	Plochý zvar	
2	Prevýšený zvar	
3	Preliačený zvar	
4	Obrobiť prechody zvaru	
5	Privarená podložka	
6	Vydrážkovanie koreňa zvaru	

- potreby doplniť: — zo základnej značky, ktorá sa v prípade potreby dopĺňa,
 — doplňujúcej značky,
 — rozmerov zvaru,
 — údajov o vyhotovení.

Tabuľka 12.3

Príklady použitia doplňujúcich značiek

Číslo	Značka	Názov	Zobrazenie	Značka
1		Plochý V zvar		
2		Prevýšený dvojstranný V zvar		
3		Preliačený kútový zvar		
4		Plochý V zvar s plochým podložením zvaru		
5		Prevýšený V zvar s obrobením prechodov zvaru		
6		Prevýšený V zvar s privarenou podložkou		
7		Prevýšený dvojstranný V zvar s vydrážkovaním koreňa zvaru		

Tabuľka 12.4

Polohy značiek zvarových spojov

Vysvetľujúce zobrazenie	Poloha značky	Opis
		značka sa nachádza nad zástavkou odkazovej čiary, ak je odkazová čiara na strane povrchu zvaru
		značka sa nachádza pod zástavkou odkazovej čiary, ak je odkazová čiara na protifahej strane zvaru
		značka sa nachádza na zástavke odkazovej čiary, ak je zvar v deliacej rovine spoja

Príklady kombinovania základných a doplnujúcich značiek

Číslo	Značka	Vysvetľujúce zobrazenie		Poloha značiek
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

Číslo	Značka	Vysvetľujúce zobrazenie	Poloha značiek
10			
11			

Základné značky sa kreslia podľa tab. 12.1 a môžu sa kombinovať. Vtedy, ak kombináciou viacerých základných značiek nie je zvar jednoznačne určený, treba ho zobraziť na samostatnom obraze s uvedením rozmerov zvarových plôch.

Povrch zvaru, obrobenie prechodov zvaru a pod. sa označuje doplňujúcimi značkami podľa tab. 12.2.

Drsnosť povrchu zvaru sa predpisuje podľa ČSN 01 3144.

Základné a doplňujúce značky sa kreslia tenkými plnými čiarami rovnakej hrúbky ako pri použití písma.

Príklady použitia doplňujúcich značiek obsahuje tab. 12.3 a polohy značiek zvarových spojov sú v tab. 12.4. Príklady použitia a kombinovania základných značiek a doplňujúcich značiek sú v tab. 12.5.

Úplné označenie zvaru sa umiestni nad zástavku odkazovej čiary v poradí podľa obr. 12.5. Na konci zástavky odkazovej čiary sa môže kresliť vidlica, do ktorej sa označia údaje o vyhotovení (technológii, prídavnom materiáli, kontrole a pod.).



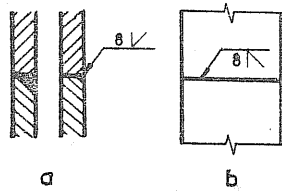
Obr. 12.5. Vyhotovenie označenia zvaru

A — charakteristický rozmer zvaru, Z — značka zvaru, — tvar povrchu zvaru, n — počet zvarov, l — dĺžka zvaru, e — medzera medzi susednými zvarmi alebo rozstup zvarov príhodových a dierových zvaroch, T — údaje o technológii

Umiestnenie zvaru určuje:

- poloha šípky odkazovej čiary vzhľadom na zvarovú plochu,
- umiestnenie značky vzhľadom na zástavku odkazovej čiary.

Ak ide o zvar s úpravou len jednej zvarovej plochy, smeruje šípka odkazovej čiary na upravenú zvarovú plochu (obr. 12.6). Ak ide o zvar s úpravou oboch zvarových plôch, smeruje šípka odkazovej čiary k ľubovoľnej z upravených

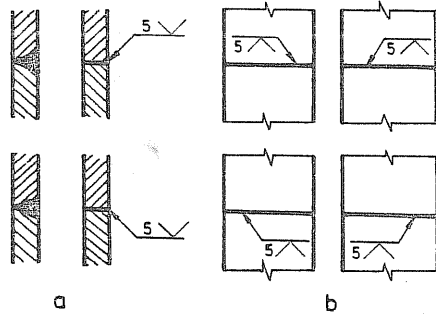


Obr. 12.6. Označenie úpravy zvarovej plochy (šípka smeruje na upravenú zvarovú plochu)

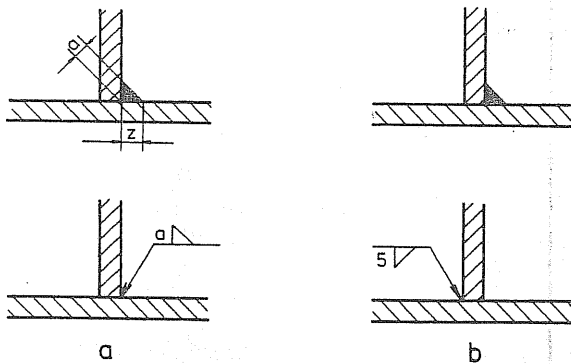
zvarových plôch (obr. 12.7). Značka musí byť umiestnená kolmo na zástavku odkazovej čiary.

Pri jednostranných zvaroch sa umiestňuje značka nad zástavku odkazovej čiary, ak odkazová čiara je na strane povrchu zvaru (obr. 12.8a). Ak je odkazová čiara na protihľej strane zvaru, leží značka pod zástavkou odkazovej čiary (obr. 12.8b).

Dvojstranné zvary sa označujú ako dva jednostranné zvary (obr. 12.9).

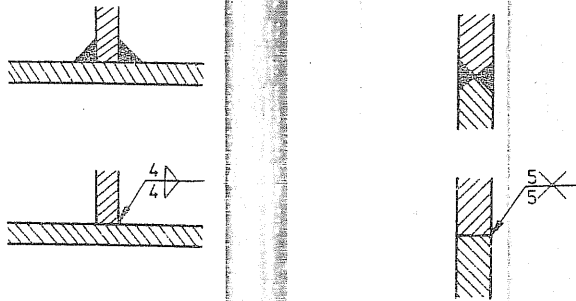


Obr. 12.7. Označenie zvarov s úpravou oboch zvarových plôch



Obr. 12.8. Označenie jednostranných zvarov

zvaru. *a* — značka zvaru je nad zástavkou odkazovej čiary, ak odkazová čiara je na strane zvaru. *b* — odkazová čiara je na protihľej strane zvaru, ak leží značka pod zástavkou odkazovej čiary



Obr. 12.9. Dvojstranné zvary sa označujú ako dva jednostranné zvary

Príklady kombinovania základných značiek

Tabuľka 12.6

Číslo	Zvar	Vysvetľujúce zobrazenie	Poloha značky
1	V zvar s podložením zvaru 3 3—9		
2	3—9		
3	V zvar a U zvar 3 7 3—7		
4	Dvojstranný 1/2 V zvar a kútové zvary 4 10 4—10		
5	Dvojstranný oblý 1/2 V zvar a kútové zvary 16 10 16—10		

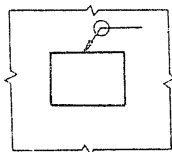
Pri označení zvarov sa nemusi uvádzať:

— hrúbka zvaru prierezov celkom prevarených,

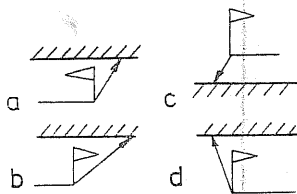
— dĺžka zvaru zvarov zvarovaných po celom obvode alebo celej dĺžke, ak tieto rozmery vyplývajú jednoznačne zo zobrazenia alebo iných údajov na výkrese.

Zvary sa na výkresoch označujú iba na jednom obraze. Príklady kombinovania základných značiek sú v *tab. 12.6a*. (Uvažované zvary majú rovnaké čísla ako v *tab. 12.1*.) Údaje o vyhotovení zvarov platné pre všetky zvary na výkrese (spôsob zvárania, akosť zvaru, prídavný materiál a kontrola) možno uviesť v technických požiadavkách na výkresoch. Ostatné údaje sa uvedú v zobrazeniach príslušných zvarov.

Obvodové zvary sa označujú krúžkom, umiestneným v zlome odkazovej čiary (*obr. 12.10*). Montážne zvary sa označujú trojuholníkovou zástavkou, umiestnenou v zlome odkazovej čiary (*obr. 12.11*).



Obr. 12.10. Obvodové zvary sa označujú krúžkom, umiestneným v zlome odkazovej čiary



Obr. 12.11: Montážne zvary sa označujú trojuholníkovou zástavkou, umiestnenou v zlome odkazovej čiary

a — nesprávne, b, c a d — správne umiestnenie

Zvary, pre ktoré nemožno použiť označenie podľa *tab. 12.1* a *12.2*, sa musia zobraziť podľa ČSN 01 3122 a okótovať podľa ČSN 01 3130.

Príklad kreslenia, kótovania a označenia zvaranej príruby je na *obr. 12.12*.

12.2 REZANIE KYSLÍKOM A ELEKTRICKÝM OBLÚKOM

Kým pri zváraní sa príslušné materiály spájajú, pri rezaní kyslíkom sa oddeľujú ostrým prúdom kyslíka, ktorý sa nechá pôsobiť na rozžeravené miesto od plameňa horľavého plynu a kyslíka, až sa prepáli úzka deliaca medzera. Hlavnou požiadavkou je, aby bod vzplanutia rezaného kovu bol nižší ako jeho bod tavenia. To sa

