Západočeská univerzita v Plzni

Technologický postup volně kovaného výkovku

Návody na cvičení

Benešová S. - Bernášek V. - Bulín P.

Plzeň 2014

ISBN 978-80-261-0450-6
Vydala Západočeská univerzita v Plzni, 2014
© Ing. Soňa Benešová, Ph.D. , Doc. Ing. Vladimír Bernášek, CSc., Ing. Pavel Bulín

Úvod

Tato skripta slouží jako studijní materiál pro vypracování semestrální práce v předmětu Technologie tváření, slévání a svařování. Podklady jsou vypracovány na základě technologických postupů, vyvinutých ve firmě Škoda, Kovárny, s.r.o.

1. Technologický postup volně kovaného výkovku

Podle normy ČSN jsou volné výkovky definovány jako výrobky získané volným kováním, které mají nerovný, zokujený povrch s kovářskými přídavky.

Volné výkovky v obvyklém provedení- jsou vyrobeny s přídavky na obrábění s mezními úchylkami rozměrů podle ČSN 42 9001 a ČSN 42 9014.

Volné výkovky v přesném provedení- jsou vyrobeny s větší přesností, menšími kovářskými přídavky a s menšími mezními úchylkami rozměrů. Dodávají se jen po předchozí dohodě mezi výrobcem a odběratelem a neplatí pro ně výše uvedené normy.

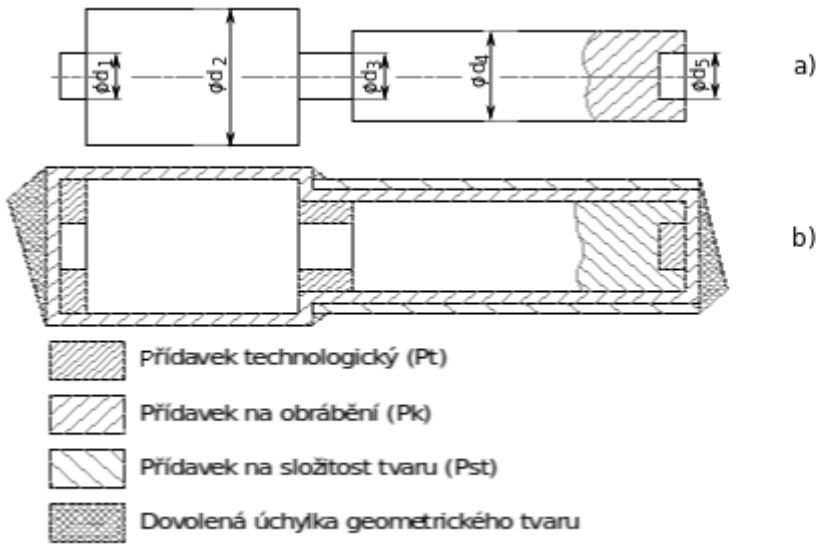
1.1. Názvosloví

Kovářský ingot- výchozí polotovar pro volné kování s licí strukturou
Surový kovářský ingot- ingot získaný odlitím do kokily s neupraveným povrchem po odlití
Sochor, blok- výchozí polotovary s neupraveným povrchem pro volné kování vyrobené ze surových ingotů válcováním nebo kováním
Špalek- polotovar pro výrobu kotoučů, kruhových desek, kruhů a dutých těles, jehož délka bývá zpravidla 1,5 až 2,5 násobek jeho průměru
Pěchování- základní kovářská operace, při níž se zvětšuje příčný průřez polotovaru
Prodlužování- základní kovářská operace, při níž se materiál prodlužuje ve směru podélné osy za současného zmenšování příčného průřezu
Prodlužování na trnu- kování dutých těles na trnu, při němž se materiál pro prodlužuje ve směru podélné osy trnu za současného zmenšování vnějšího průměru a tloušťky stěny
Rozkování na trnu- kování kroužků a dutých těles na trnu, při němž se zvětšuje vnitřní a vnější průměr a výška výkovků, na úkor tloušťky stěny, která se zmenšuje
Osazování- základní kovářská operace, kterou se zmenšuje příčný průřez výkovku na jeho vymezených částech při zachování souososti všech jeho částí
Prosazování- zvláštní případ osazování, kdy části výkovků (výstupky) sousedící s prosazením, mají větší průřez než takto vzniklé prosazení.
Přesazování- základní kovářská operace , při níž dochází k posunu jedné části výkovku vůči druhé (případně vůči dvěma sousedním) takovým způsobem, že osa posunuté části zůstává rovnoběžná s osou původní
Děrování- základní kovářská operace, kterou se vytváří ve výkovku otvor
Sekání- základní kovářská operace, kterou se dělí výchozí polotovar (ingot, předvalek) nebo výkovek
Odsekávání- oddělování koncového odpadu (např. původní části ingotu), technologického odpadu, nebo materiálu pro zkoušky
Okování- kovářská operace, kterou se odstraňuje "soudkovitost" na obvodu výkovků vzniklá pěchováním
Výstupek- část výkovku, jejíž průměr či tloušťka je větší než průměr či tloušťka jedné nebo obou sousedních částí
Příruba- zvláštní případ výstupku rozměrově omezeného
Hrubovací přídavek pro tepelné zpracování- zvláštní přídavek materiálu na povrchu součástí, které se tepelně zpracovávají v hrubovaném stavu (viz obr. 1)

Kovářský přídavek- celkový přídavek materiálu na plochách (viz obr.1), které se obrábějí, a zahrnuje prvky:

a) přídavek na obrábění
b) přídavek technologický
c) přídavek na složitost tvaru

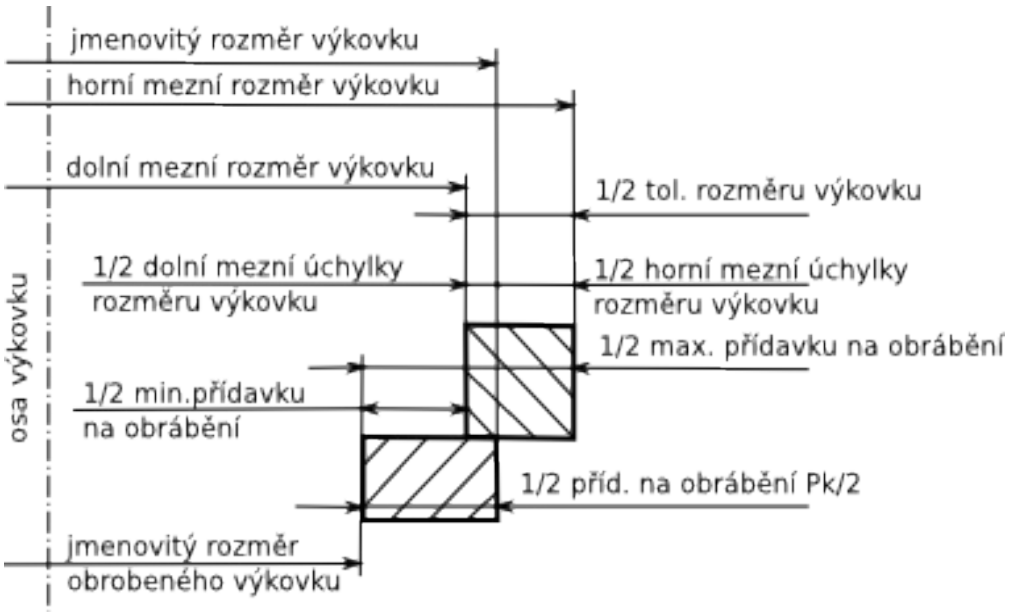
1. Přídavek na obrábění - přídavek materiálu na obráběném povrchu součásti nutný k dosažení předepsané jakosti tohoto povrchu.
2. Přídavek technologický - přídavek, jímž se doplňuje tvar součásti jak z hlediska kovářské technologie, tak z hlediska ekonomického na tvar vhodný pro kování.
3. Přídavek na složitost tvaru - přídavek na osazené části výkovku, u nichž je poměr průměrů nebo tlouštěk sousedních částí větší než 1,6.



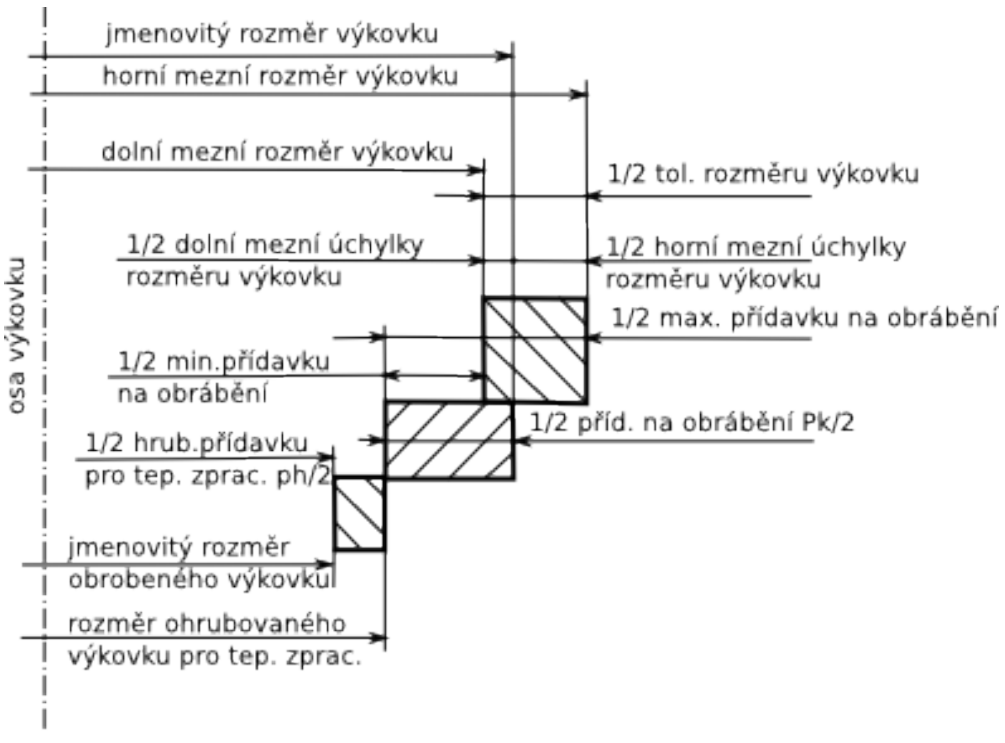
Obr.1 Kovářské přídavky: a) tvar součásti; b) tvar výkovku

Jmenovitý rozměr výkovku - rozměr předepsaný na výkresu výkovku, k němuž se vztahují mezní úchylky rozměru výkovku (viz obr. 2,3)
Horní mezní rozměr výkovku - největší dovolený rozměr výkovku
Dolní mezní rozměr výkovku - nejmenší dovolený rozměr výkovku

Mezní úchylka rozměru výkovku - rozdíl mezi jedním z mezních rozměrů a jmenovitým rozměrem výkovku
Tolerance rozměru výkovku - rozsah dovolené nepřesnosti, tj. rozdíl mezi horním a dolním mezním rozměrem výkovku



Obr.2 Výkovky tepelně zpracované na jakost v surovém stavu



Obr.3 Výkovky tepelně zpracované na jakost v ohrubovaném stavu

1.2. Výkres výkovku

Výkres výkovku je základním podkladem pro navržení optimálního výrobního postupu výkovku jak z hlediska technologického, tak i ekonomického. K jeho zpracování jsou nutné následující podklady a údaje:

- výkres opracované součásti
- hmotnost součásti
- chemické složení materiálu, ze kterého má být součást vyrobena
- počet kusů požadovaný zákazníkem
- účel použití (požadavky kladené na vyrobenou součást)
- předávací podmínky.

Na výkresu výkovku se červeně vyznačí navržený tvar výkovku a číselně se uvede (pomocí kót) velikost kovářských přídavků včetně tolerancí. Tento výkres pak slouží k určení jmenovité hmotnosti výkovku a tím i k určení hmotnosti a druhu výchozího polotovaru.

Kromě výše jmenovaných údajů umožňuje výkres výkovku vyřešit i další záležitosti související s technologií výroby volně kovaných výkovků. Jedná se o:

- stanovení sledu jednotlivých kovářských operací, specifikaci nářadí, pomůcek a měřidel
- určení druhu a velikosti tvářecího stroje
- určení způsobu ohřevu a rozsahu kovacích teplot
- volbu ochlazovacího režimu či tepelného zpracování výkovku
- kontrolu výkovků

Poznámka:
V řadě kovárenských provozů se kromě výkresů výkovků zhotovují i tzv. „kovářské náčrtky“, kde je silně vyznačen tvar výkovku s určujícími rozměry a tvar součásti je uveden pouze orientačně (čárkovaně). Tyto náčrtky jsou pak základním výrobním podkladem při vlastním kování.

1.3. Členění volně kovaných výkovků

Podle současně platné ČSN se volně kované výkovky dělí na tyto základní typy:
ČSN 42 9010 - Kované tyče
ČSN 42 9011 - Výkovky volné, podélné
ČSN 42 9012 - Výkovky volné. Kotouče a kruhové desky (plné i děrované)
ČSN 42 9013 - Výkovky volné. Kroužky
ČSN 42 9014 - Výkovky volné. Dutá tělesa

Podle technických dodacích předpisů se volné výkovky dodávají jako:
- výkovky surové bez tepelného zpracování na jakost
- výkovky surové tepelně zpracované na jakost, bez zvláštních úprav po kování
- výkovky upravené, tj. hrubované a bez povrchových vad.

1.4. Kované tyče

Kované tyče jsou charakterizovány jako výkovky neměnného průřezu, zhotovené volným kováním, na délku danou největším dovoleným využitím ingotu. Výkovky kovaných tyčí jsou určeny pro další tváření, popřípadě pro mechanické dělení a obrábění na strojní součásti. Zhotovují se pouhým prodlužováním kovářských ingotů (popř. sochorů nebo bloků).

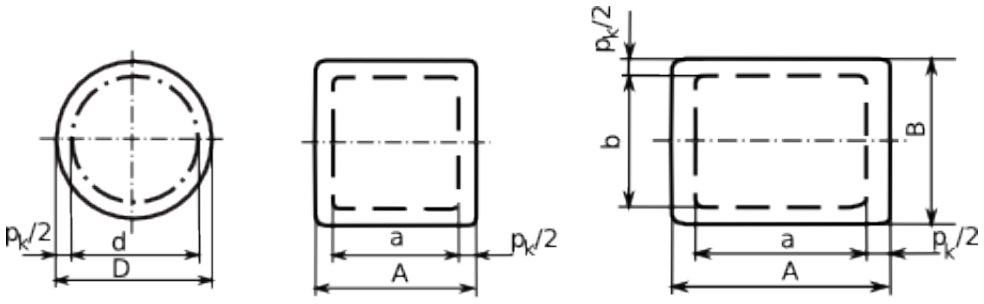
Pokud se týká základních průřezů výkovků, rozsahu provedení, přídavků na obrábění a mezních úchylek, jsou patřičné údaje podrobně uvedeny v normě ČSN 42 9010.

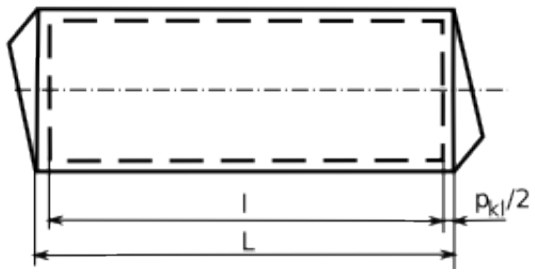
1.5. Výkovky volné, podélné

V tomto případě se jedná o výkovky plné neosazené, osazené, prosazené a přírubové, souměrné k ose, s poměrem L : D > 0,8. Vyrábějí se volným kováním za tepla, ze surových nečištěných ingotů (případně bloků nebo sochorů).

1.5.1. Základní průřezy výkovků

Základní průřezy výkovků jsou uvedeny na obr. 4 včetně vyznačení přídavků na obrábění.



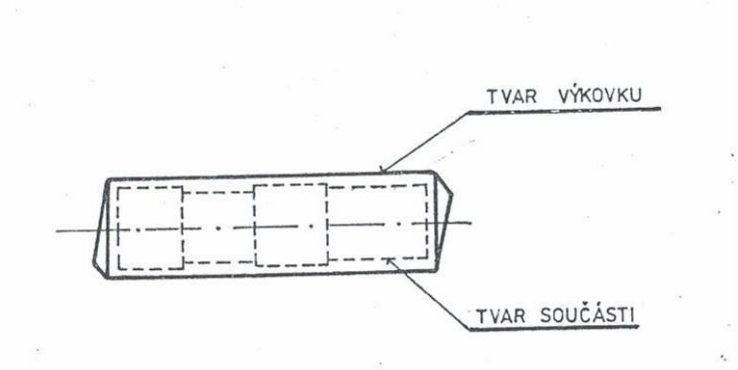


d,a,b,l....rozměry obrobené součásti
D,A,B L...rozměry výkovku
p_k....přídavky na obrábění – na průřezový rozměr
p_{kl}....přídavky na obrábění – na délku

Obr. 4 Základní průřezy podélných výkovků

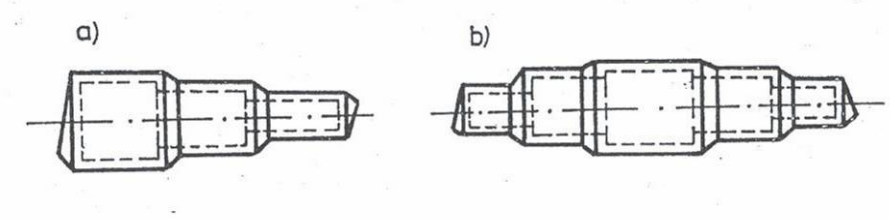
1.5.2. Základní tvary výkovků

a) Výkovky neosazené (obr. 5) - výkovky, jejichž průřez se po délce nemění, kované na požadované rozměry (průřez, délku) a určené ke zhotovení výrobků neměnného průřezu, popř. i výrobků s proměnným průřezem, u nichž však kovářské osazení nelze z technologického (nebo ekonomického) hlediska provést.

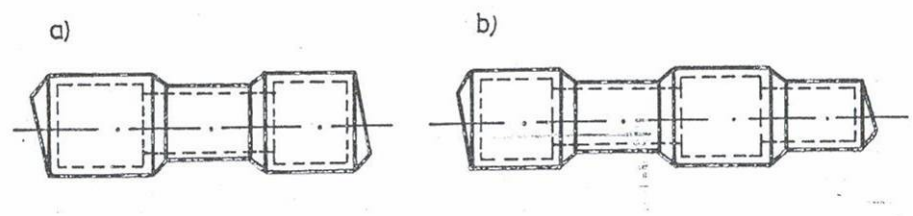


Obr. 5 Tvar neosazeného výkovku

b) Výkovky osazené a prosazené (obr. 6 a 7) - výkovky, jejichž průřez se po délce mění



Obr. 6 : Výkovky osazené a) jednostranně, b) oboustranně

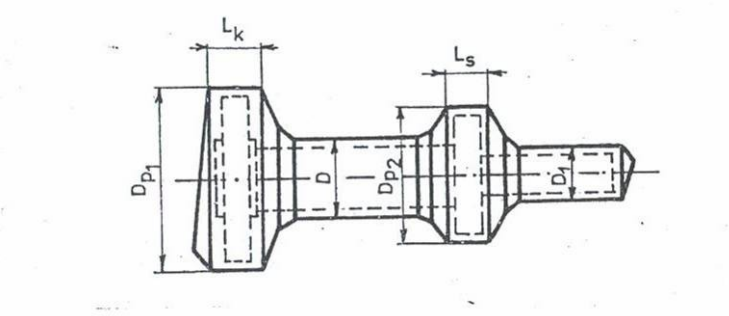


Obr. 7 : a) Výkovky prosazené
b) Výkovky prosazené a osazené

c) Výkovky přírubové (obr. 8) - jsou zvláštním případem výkovků osazených či prosazených. Pro příruby platí následující omezení:

$$2{,}5 > D_p / D > 1{,}6 \quad \text{..... 1}$$

$$L_k \leq 0{,}5\ D_{p1} \ ; \ L_s \leq 0{,}5\ D_{p2} \quad \text{..... 2}$$



Obr. 8 Výkovky přírubové

1.5.3. Rozsah provedení

a) Rozměry průřezů výkovků – poměr stran obdélníkového průřezu se omezuje takto (viz obr. 4) :

$$\text{pro } B \leq 150 \text{ platí } A : B \leq 7 \quad \text{..... 3}$$

$$\text{pro } B > 150 \text{ platí } A : B \leq 5 \quad \text{..... 4}$$

Překročí-li poměr hodnotu stanovenou vztahem 3 nebo 4, zvyšuje se výška B v obou případech o technologický přídavek až na uvedené poměry A : B.

b) Délka neosazených výkovků – tyto výkovky se vyrábějí s délkou větší než 0,8 průměru (strany čtvercového průřezu, delší strany obdélníkového průřezu) výkovku.

U výkovků kruhového průřezu se jejich maximální délka omezuje následujícím způsobem:

$$\text{pro } D < 100 \qquad L \leq D \,.\, (70 - 0{,}4\ D) \quad \text{..... 5}$$

$$\text{pro } D \geq 100 \qquad 16000 \geq L \leq D \,.\, (31{,}5 - 0{,}015\ D) \quad \text{... 6}$$

U výkovků čtvercového průřezu se jejich maximální délka omezuje následujícím způsobem:

pro $A < 100$ $\quad L \leq A \,.\, (50 - 0{,}3\,A)$ ..... 5 a

pro $A \geq 100$ $\quad L \leq A \,.\, (21 - 0{,}01\,A)$ ..... 6 a

U výkovků obdélníkového průřezu se jejich maximální délka omezuje podle následujících vztahů:

pro $(A + B) : 2 < 100$ $\quad L \leq B \,.\, (50 - 0{,}3\,B)$ ..... 5 b

pro $(A + B) : 2 \geq 100$ $\quad L \leq B \,.\, (21 - 0{,}01\,B)$ ..... 6 b

c) Délka osazených, prosazených a přírubových výkovků

Tyto výkovky se vyrábějí s délkou větší než 0,8 redukovaného průměru výkovku.
Redukovaný průměr výkovku se stanoví ze jmenovité hmotnosti a celkové délky výkovku podle vzorce:

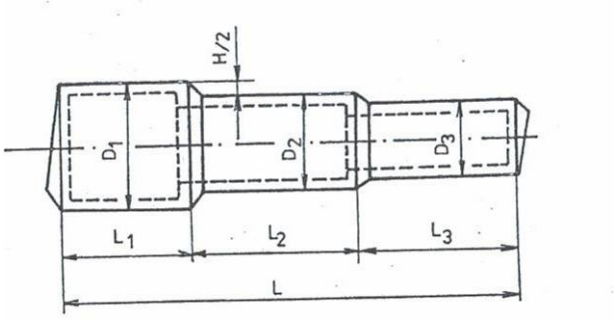
$$D_r = 400\sqrt{\frac{G}{L}} \quad \text{..... 7 a}$$

kde: D_r - redukovaný průměr výkovku /mm/
G - jmenovitá hmotnost výkovku /kg/
L - jmenovitá celková délka výkovku /mm/

Maximální délka u těchto typů výkovku se omezuje stejným způsobem jako v bodě b) jen s tím rozdílem, že ve vztazích 5 a 6 se místo průměru D dosazuje redukovaný průměr výkovku D_r.

1.5.4. Zásady pro osazování, prosazování a přírubové výkovky

Osazování:



Obr. 9 Zásady pro osazování

a/ Míra osazování H (obr. 9) se stanovuje takto:

pro $D_1 \leq 100$ $\quad 10 \leq H \geq ú_h + ú_d$ 7

pro $D_1 > 100$ $\quad 20 \leq H \geq ú_h + ú_d$ 8

kde : $ú_h$ je horní mezní úchylka
$ú_d$ je dolní mezní úchylka (viz obr. 2, 3).

Nevyhovuje-li míra osazování vztahům 7 a 8, výkovek se neosazuje.

b/ Poměry poměrů jednotlivých částí osazeného výkovku se omezují takto (obr. 9) :

$D_1 : D_2 \leq 2{,}5$ $\quad D_2 : D_3 \leq 2{,}5$ $\quad D_1 : D_3 \leq 4$ 9

Není-li některá z těchto podmínek dodržena, zvětšuje se průměr osazení o technologický přídavek tak, aby podmínkám (9) bylo vyhověno.

c/ Délka koncového osazení L_3 (obr. 9) se omezuje takto :

$L_3 \geq 0{,}2 \,.\, D_2^3 / D_3^2$ 10

$50 \leq L_3 \geq 0{,}1\,L$ 11

Jestliže délka koncového osazení neodpovídá podmínkám 10 a 11, zvětší se průměr nebo délka koncového osazení o technologický přídavek tak, aby uvedeným podmínkám bylo vyhověno, popř. se osazení neprovádí a o délku osazení se prodlužuje přilehlá část výkovku, která má větší rozměr.

d/ Délka přilehlého osazení L_2 (obr. 9) se stanoví podle následujících zásad:

$L_2D_2^2 + L_3D_3^2 \geq 0{,}2\,D_1^3$ 12

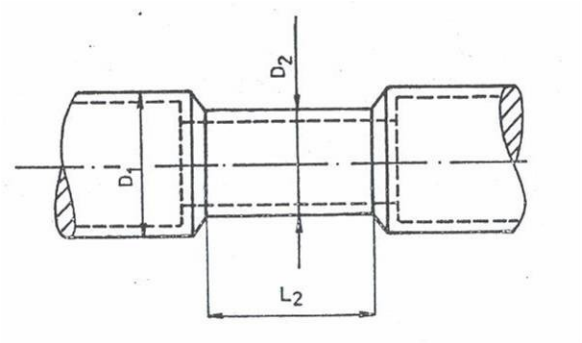
$$50 \leq L_2 \geq \frac{1{,}2\,D_1 - D_2}{3} \quad \text{..... 13}$$

$L_2 \geq 0{,}1\,L$ 14

Jestliže délka přilehlého osazení není v souladu se vztahy 12, 13 a 14, zvětší se průměr přilehlého osazení o technologický přídavek tak, aby uvedeným vztahům bylo vyhověno, popř. se osazení neprovádí a o délku osazení se prodlouží přilehlá část výkovku, která má větší rozměr.

Prosazování:

Pro míru prosazování a poměry průměrů jednotlivých částí prosazovaného výkovku, platí stejné zásady jako u osazování.



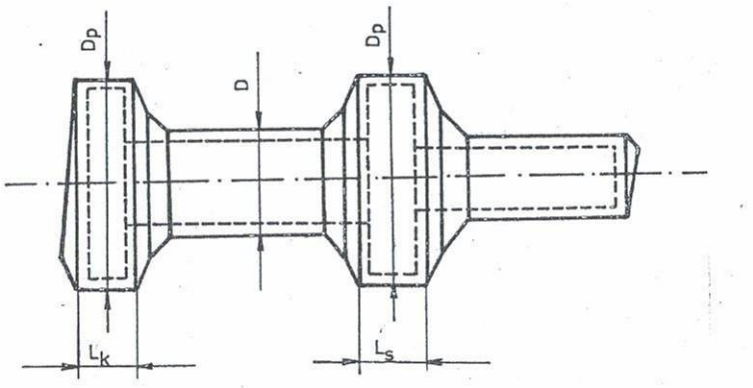
Obr. 10 Zásady prosazování

Průměr prosazení D_2 je omezen tímto vztahem:

$$50 \leq D_2 \geq 0{,}63\sqrt{D_1^3} \;/\; L_2 \qquad \text{..... 15}$$

Nesplňuje-li průměr prosazení podmínku 15, zvětšuje se o technologický přídavek tak, aby bylo této podmínce vyhověno.

Přírubové výkovky:



Obr. 11 Zásady pro přírubové výkovky

Délka středové příruby L_s se stanoví podle vzorce:

$$70 \leq L_s \geq 0{,}7\left(\frac{D_p - D}{2} + 0{,}07\, D_p\right) \qquad \text{..... 16}$$

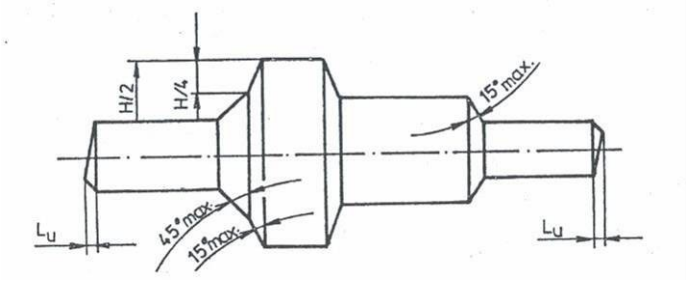
Délka koncové příruby L_k se stanoví podle vzorce:

$$70 \leq L_k \geq \frac{D_p - D}{2} + 0{,}07\, D_p \qquad \text{..... 17}$$

V obou vzorcích značí:
D_p ... průměr příruby /mm/
D ... průměr menšího osazení nebo prosazení vedle příruby /mm/

Jestliže délka středové či koncové příruby neodpovídá vztahům 16 a 17, zvětšuje se o technologický přídavek tak, aby uvedeným vztahům bylo vyhověno.
V ostatním platí stejné zásady jako při osazování a prosazování.

1.5.5. Boční úkosy



Obr. 12 : Navrhování bočních úkosů

a) Délka bočního úkosu L_u odseknutého konce výkovku nesmí být větší než 0,1 průměru (strany čtverce, kratší strany obdélníka) výkovku.
b) Boční úkos té části výkovku, jejíž průměr je rovný nebo menší než 1,6 násobek průměru sousední části, nesmí být větší než 15°.
c) Boční úkos té části výkovku, jejíž průměr je větší než 1,6 násobek průměru sousední části, nesmí být větší než 15° do 1/4 velikosti osazení (prosazení), 45° ve zbývající části (viz obr. 12).

1.5.6. Přídavky na obrábění a mezní úchylky

Přídavky na obrábění a mezní úchylky se určují jak na průřezy výrobků, tak na celkovou délku výrobků a délky výstupků popř. přírub.

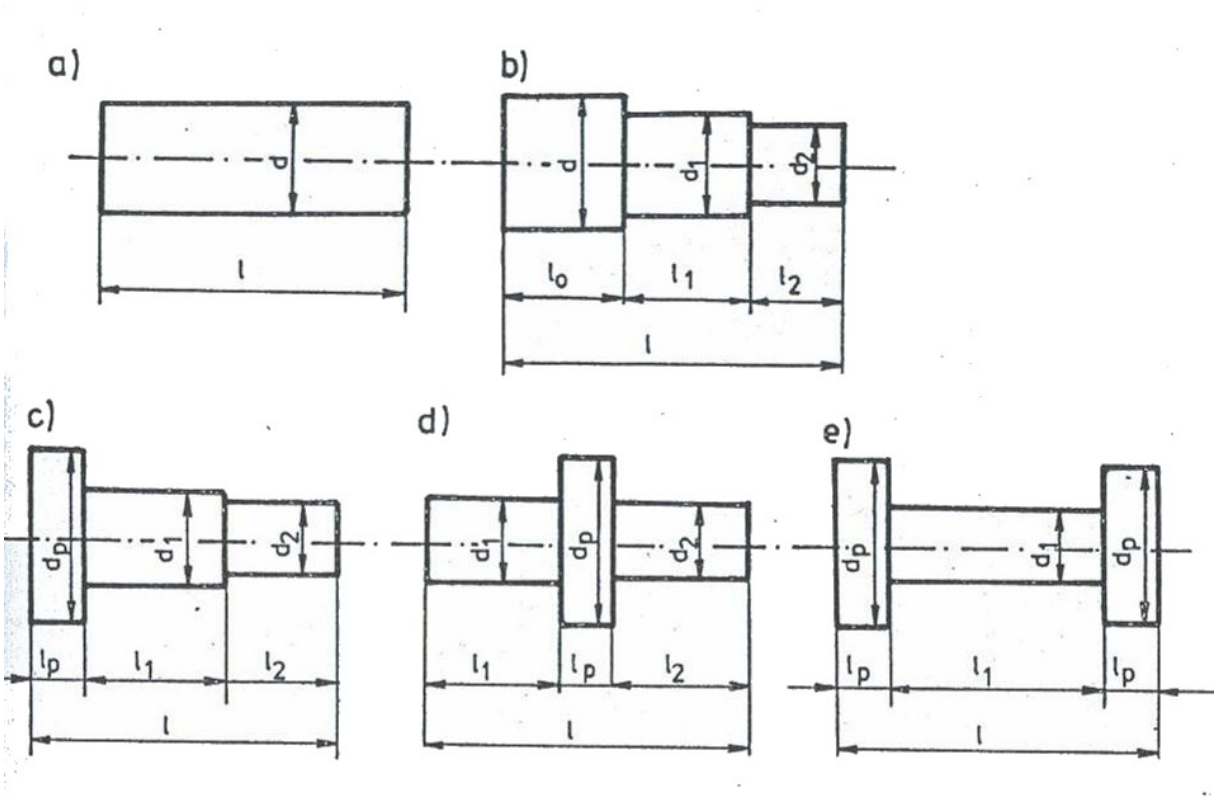
Určování přídavků a mezních úchylek na průřezy výrobků

a) V závislosti na tvaru výkovku – v tomto případě se vychází z obr. 13 a tabulky 1.

V tabulce 1 značí:

p_k - přídavek na obrábění stanovený podle d (nebo d_p), l

p_{kx} - přídavek na obrábění stanovený podle d_1, l



Obr.13 Charakteristické tvary výkovků

		Přídavek na		
		d, d_p	d_1	d_2
Neosazené výrobky – obr. a)		P_k	-	-
Osazené a prosazené výrobky x) - b)		P_k	P_k	P_k
Přírubové výrobky x)	Jednostranně osazené - c)	P_k	P_{kx}	P_{kx}
	Oboustranně osazené a prosazené – d), e)	P_k	P_k	P_k
x) U výkovků s poměrem průměrů sousedních částí větším než 1,6 může výrobce zvýšit přídavek na obrábění P_k a mezní úchylky o přídavek na složitost tvaru, jehož hodnota nesmí překročit 5% rozdílu průměrů sousedních částí výkovku.				

Tab.1 Určování přídavků na obrábění s ohledem na tvar výkovků

b) V závislosti na průřezu výrobku:
Přídavky a mezní úchylky se určují s přihlédnutím k zásadám uvedeným v bodě a) a to podle průřezového rozměru a celkové délky obrobeného výrobku.

Průřezovým rozměrem se rozumí:

- u výrobku kruhového průřezu: průměr
- u výrobku čtvercového průřezu: strana čtverce
- u výrobku obdélníkového průřezu: pro delší stranu právě tato strana, pro kratší stranu pomocný rozměr

$b' = (a + b) : 2$ 18

Přídavky na obrábění a mezní úchylky rozměrů jsou uvedeny v tab. 2.

Určování přídavků na délku výrobků

Přídavky a mezní úchylky na celkovou délku a délky výstupků nebo přírub výrobku p_{kl} se stanoví podle tab.2

Zaokrouhlování jmenovitých rozměrů výkovků

Rozměry výkovků, jejichž největší průřezová rozměr nepřekročí hodnotu 100 mm, se nezaokrouhlují.

Jmenovité rozměry ostatních výkovků se zaokrouhlují podle aritmetických zásad, a to:
průměry (strany) ..... na násobky 5
délky ..... na násobky 10

O hodnotu zvýšení (snížení) přídavku na obrábění pro zaokrouhlení se sníží (zvýší) mezní úchylky a to tak, aby maximální hodnota nejvýše přípustných rozměrů výkovku odpovídala tab. 2.

Průměr d		Délka l																	
		přes 500 do 630		přes 630 do 800		přes 800 do 1000		přes 1000 do 1250		přes 1250 do 1600		přes 1600 do 2000		přes 2000 do 2500		přes 2500 do 3150	
přes	do	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l
160	200	25 +12 -6	23 +26 -12	25 +13 -6	24 +27 -13	25 +13 -7	25 +28 -13	25 +14 -7	27 +29 -14	25 +15 -7	29 +31 -15	25 +15 -8	31 +33 -16	25 +16 -8	33 +35 -17	25 +17 -8	35 +38 -19		
200	250	25 +13 -6	24 +27 -13	25 +13 -7	25 +28 -14	25 +14 -7	27 +29 -14	25 +15 -7	29 +30 -15	25 +15 -8	31 +32 -16	25 +16 -8	33 +34 -17	25 +17 -8	35 +36 -18	25 +17 -9	37 +39 -19		
250	315	25 +13 -7	26 +29 -14	25 +14 -7	27 +30 -15	25 +15 -7	29 +31 -15	25 +15 -8	31 +32 -16	25 +16 -8	33 +34 -17	25 +17 -8	35 +36 -18	25 +17 -9	37 +38 -19	26 +17 -9	39 +41 -20		
315	400	25 +14 -7	28 +32 -16	25 +15 -7	29 +33 -16	25 +15 -8	31 +34 -17	25 +16 -8	33 +35 -17	25 +17 -8	35 +37 -18	25 +17 -9	37 +39 -19	26 +17 -9	39 +41 -20	27 +18 -9	41 +44 -22		
400	500	25 +15 -7	31 +34 -17	25 +15 -8	33 +35 -17	25 +16 -8	34 +36 -18	25 +17 -8	36 +37 -18	26 +17 -9	38 +39 -19	26 +17 -9	39 +41 -20	27 +18 -9	41 +43 -21	28 +19 -9	42 +46 -23		
500	630	25 +15 -8	34 +37 -18	25 +16 -8	35 +38 -19	26 +17 -8	36 +39 -19	26 +17 -9	38 +40 -20	27 +18 -9	41 +42 -21	28 +19 -9	42 +44 -22	29 +19 -10	44 +46 -23	30 +20 -10	45 +49 -24		
630	800			28 +19 -9	42 +44 -22	29 +19 -10	44 +45 -23	30 +20 -10	45 +47 -24	31 +21 -10	47 +49 -25	32 +21 -11	48 +51 -26	33 +22 -11	50 +53 -27	34 +23 -11	51 +56 -28		
800	1000					33 +22 -11	50 +54 -27	34 +23 -11	51 +55 -27	35 +23 -12	53 +57 -28	36 +24 -12	54 +59 -29	37 +25 -12	56 +61 -30	38 +25 -13	57 +64 -32		
1000	1250							40 +27 -13	60 +65 -32	41 +27 -14	62 +67 -33	42 +28 -14	63 +69 -34	43 +29 -14	65 +71 -35	44 +29 -15	66 +74 -37		
1250	1600									48 +32 -16	72 +77 -38	49 +33 -16	74 +79 -39	50 +33 -17	75 +81 -40	51 +34 -17	77 +84 -42		
1600	2000											58 +39 -19	87 +94 -47	59 +39 -20	89 +96 -48	60 +40 -20	90 +99 -49		
2000	2500													70 +47 -23	105 +115 -57	71 +47 -24	107 +118 -59		

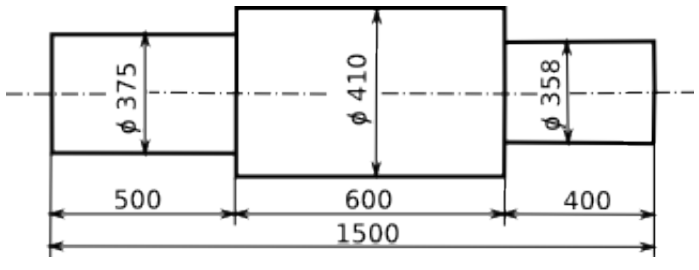
Tab.2 Přídavky na obrábění a mezní úchylky – výkovky volné podélné

Průměr d		Délka l															
		přes 3150 do 4000		Přes 4000 do 5000		přes 5000 do 6300		přes 6300 do 8000		přes 8000 do 10000		Přes 10000 do 12800		přes12800 do16000	
přes	do	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l
160	200	25 +17 -9	37 +42 -21	26 +17 -9	39 +47 -23	27 +18 -9	41 +53 -26								
200	250	26 +17 -9	39 +43 -21	27 +18 -9	41 +48 -24	28 +19 -9	42 +54 -27	31 +21 -10	47 +62 -31						
250	315	27 +18 -9	41 +45 -23	28 +19 -9	42 +50 -25	30 +20 -10	45 +56 -28	33 +22 -11	50 +64 -32	37 +24 -12	56 +74 -37				
315	400	28 +19 -9	42 +48 -24	29 +19 -10	44 +53 -26	31 +21 -10	47 +59 -29	34 +23 -11	51 +67 -34	38 +25 -12	57 +77 -38	43 +29 -14	65 +90 -45		
400	500	30 +20 -10	45 +50 -25	32 +21 -11	48 +55 -27	34 +23 -11	51 +61 -30	37 +25 -12	56 +69 -35	41 +27 -14	62 +79 -39	45 +30 -15	68 +92 -46	51 +34 -17	77 +107 -54
500	630	32 +21 -11	48 +53 -26	34 +23 -11	51 +53 -29	36 +24 -12	54 +64 -32	39 +26 -13	59 +72 +36	43 +29 -14	65 +82 -41	48 +32 -16	72 +95 -47	54 +36 -18	81 +110 -55
630	800	36 +24 -12	54 +60 -30	38 +25 -13	57 +65 -32	40 +27 -13	60 +71 -35	43 +29 -14	65 +79 -39	47 +31 -16	71 +89 -44	52 +35 -17	78 +102 -50	58 +39 -19	87 +117 -57
800	1000	40 +27 -13	60 +68 -34	42 +28 -14	63 +73 -36	44 +29 -15	66 +79 -39	47 +31 -16	71 +87 -44	51 +34 -17	77 +97 -48	56 +37 -19	84 +110 -55	62 +41 -21	93 +125 -63
1000	1250	46 +31 -15	69 +74 -39	48 +32 -16	72 +83 -41	50 +33 -17	75 +89 -44	53 +38 -18	80 +97 -49	57 +37 -19	86 -107 -53	62 +41 -21	95 +120 -60	68 +45 -23	102 +135 -68
1250	1600	53 +35 -18	80 +88 -44	55 +37 -18	83 +93 -46	57 +37 -19	86 +99 -49	60 +40 -20	90 +107 -54	64 +43 -21	96 +117 -58	69 +46 -23	104 +130 -65	75 +50 -25	113 +145 -73
1600	2000	62 +41 -21	93 +103 -51	64 +43 -21	96 +108 -54	66 +44 -22	99 +114 -57	69 +46 -23	104 +122 -61	73 +49 -24	110 +132 -66	78 +52 -26	117 +145 -72	84 +56 -28	126 +160 -80
2000	2500	73 +49 -24	110 +122 -61	75 +50 -25	113 +127 -63	77 +51 -26	116 +133 -66	80 +53 -27	120 +141 -71	84 +56 -28	126 +151 -75	89 +59 -30	134 +164 -82	95 +63 -32	143 +179 -90

Tab 2 - pokračování: Přídavky na obrábění a mezní úchylky – výkovky volné podélné

P ř í k l a d :

Navrhněte přídavky na obrábění s tvar výkovku u oboustranně osazeného výrobku kruhového průřezu, jehož rozměry jsou uvedeny na obr. 14. Výkovek bude tepelně zpracován na jakost v surovém stavu.



Obr.14 Náčrtek výrobku

Přídavky na obrábění :

a) Na všechny průměry podle průměru 410 mm a délky 1500 mm (viz tab. 1 a 2):

$$P_k = 26\ ^{+17}_{-9}$$

Jednotlivé průměry výkovku pak budou mít následující rozměry :

průměr výrobku : 410 mm průměr výkovku 436 $^{+17}_{-9}$ po zaokrouhlení 435 $^{+18}_{-8}$

375 mm 401 $^{+17}_{-9}$ po zaokrouhlení 400 $^{+18}_{-8}$

358 mm 384 $^{+17}_{-9}$ po zaokrouhlení 385 $^{+16}_{-10}$

Zaokrouhlení bylo provedeno podle kap. 1.5.6. takovým způsobem, že mezní rozměry byly zachovány:
např. u průměru obrobku 410 je maximální přípustný rozměr tohoto průměru u výkovku 410+26+17=453 mm a minimální průměr 410 + 26 – 9 = 427 mm .

b) Na celkovou délku výrobku a délku výstupku je přídavek na délku p_{kl} podle tab.2 :

$$P_{kl} = 38\ ^{+39}_{-19}$$

Nyní je možno určit celkovou délku výkovku :

$$1500 + 38\ ^{+39}_{-19} = 1538\ ^{+39}_{-19}$$ - po zaokrouhlení 1540 $^{+37}_{-21}$

a délku výstupku :

$$600 + 38\ ^{+39}_{-19} = 638\ ^{+39}_{-19}$$ po zaokrouhlení 640 $^{+37}_{-21}$

Kontrola osazení :

Pro míru osazování H musí platit podmínka (viz kap. 1.5.3., vztah 8):

$20 = H = ú_h + ú_d$

Pro řešený případ je osazení H_1 a H_2 rovno :

$H_1 = 435 - 400 = 35$ mm
$H_2 = 435 - 385 = 50$ mm

Součet mezních úchylek : $ú_h + ú_d = 17 + 9 = 26$ mm
Výše uvedená podmínka je v obou případech (H_1 a H_2) splněna, proto se u výkovku provede oboustranné osazení – obr. 15.

Boční úkosy (viz kap. 1.5.4.)

Pro délku bočních úkosů odseknutých konců musí platit vztah L < 0,1 D tzn:

$L_ú < 0{,}1 \cdot 400$ mm po úpravě $L_ú < 40$ mm

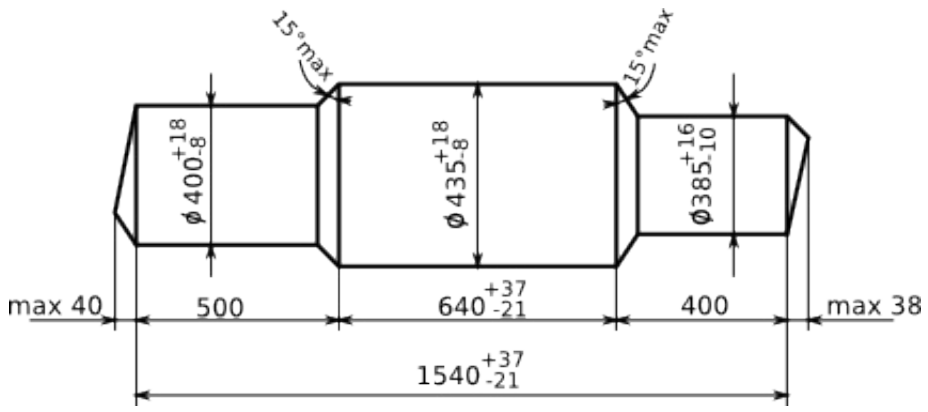
$L_{ú} < 0{,}1 \cdot 385$ mm po úpravě $L_{ú} < 38$ mm

Boční úkos u obou osazení bude max. 15° (jejich průměry jsou menší než 1,6 násobku průměru středové části).

Po výše provedených výpočtech a nutných úpravách, které respektují všechny důležité zásady týkající se podélných výkovků, je možno navrhnout tvar a rozměry výkovku - obr.č.15.

Poznámka :

Protože výkovek bude tepelně zpracováván na jakost v surovém stavu, nebylo nutné počítat s hrubovacími přídavky.



Obr.15 Náčrtek výkovku

1.5.7. Hrubovací přídavky

U výkovků tepelně zpracovávaných na jakost v hrubovaném stavu se přídavky na průměry d (popř. strany a, b) a délku l určují na rozměry po hrubování (tj. na rozměry hotově obrobeného výrobku, zvětšené o hrubovací přídavky).

Určování hrubovacích přídavků

a) U výkovků s kruhovým průřezem se stanoví :

- přídavky na průměry d v závislosti na největším průměru výrobku a celkové délce výrobku 1 (tj. délce obrobeného výrobku zvětšené o přídavky na zkoušky a jiné)
- přídavky na délku 1 a délky výstupků popř. přírub se rovnají přídavku na průměry

b) U výkovků se čtvercovým nebo obdélníkovým průřezem se přídavek stanoví podle zásad uvedených v bodě a), ale zvýší se o 50 %. Přitom u výkovků s obdélníkovým průřezem se určí zvlášť přídavky pro strany a i b. Na délku l i délky výstupků a přírub se u těchto výkovků stanoví větší z obou přídavků na strany.
Velikost hrubovacích přídavků pro podélné výkovky je uvedena v tab. 3 .

Průřezový rozměr výrobku		Délka výrobku																								
			přes	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500
		do 80	do	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000
16 až 25		2	2		2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5										
přes	do																									
25	40	2	2		2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	6	7								
40	63	2	2		2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	6	6	7	9							
63	30	2	3		3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	6	6	7	9							
80	100	3	3		3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	8	9							
100	125		4		4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	7	8	9	10	12						
125	160				4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	7	8	8	9	11	12	14					
160	200					6	6	6	6	6	6	6	7	7	8	8	9	10	10	10	15	18				
200	250						6	7	7	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	14	16	19	22			
250	315							6	8	8	8	8	9	9	10	11	11	12	14	15	17	20	23	27		
315	400								10	10	10	10	11	11	12	12	13	14	15	17	19	22	25	39	34	
100	500									12	12	12	13	13	14	14	15	16	17	19	21	24	27	31	36	
500	630										15	15	15	16	16	17	18	19	20	22	24	26	30	34	39	40
630	800											18	19	19	20	20	21	22	23	25	27	30	33	37	40	40
800	1000												23	23	24	24	25	26	27	28	31	34	37	40	40	40
1000	1250													27	28	28	29	30	31	33	35	38	40	40	40	
1250	1500														35	35	36	37	38	40	40	40	40	40		

Tab.3 Hrubovací přídavky (P_h, P_{hl}) pro podélné výkovky

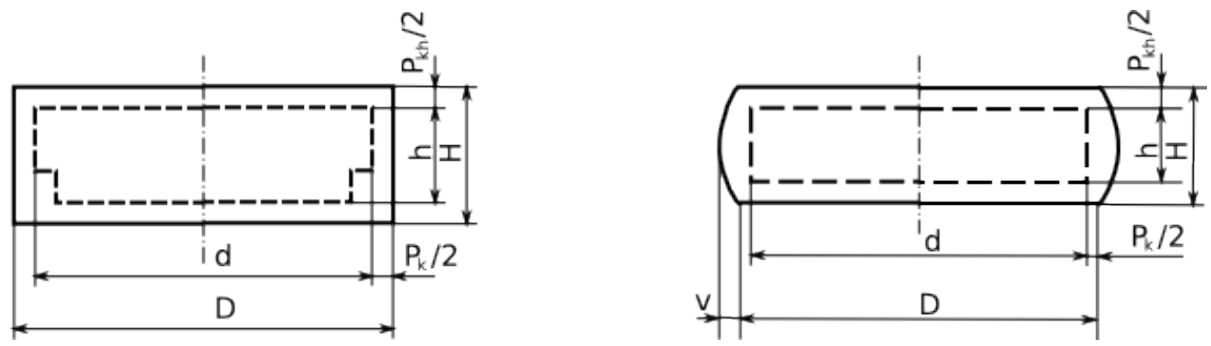
1.6. Kotouče a kruhové desky

Tato kapitola se týká výkovků kotoučů a kruhových desek volně kovaných za tepla ze surových ingotů /příp. bloků nebo sochorů/.

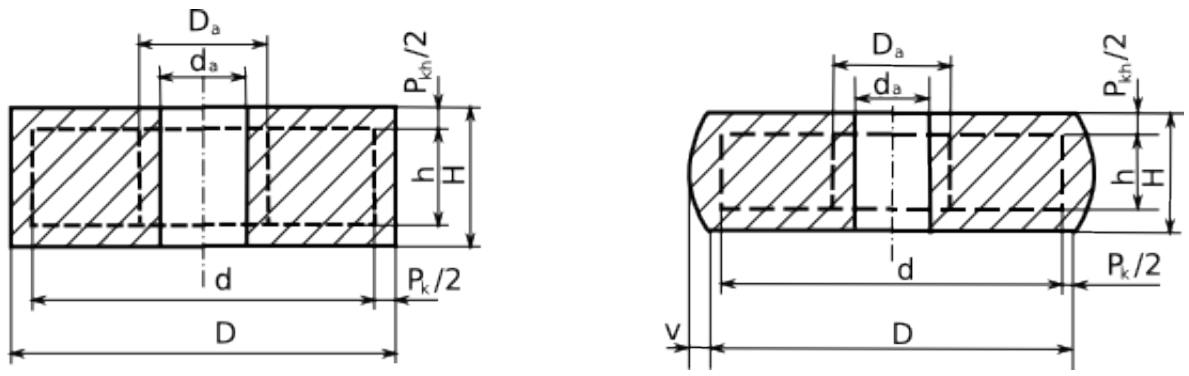
Výkovek kotouče se liší od výkovku kruhové desky poměrem H:D podle tab. 4

1.6.1. Základní tvary výkovků

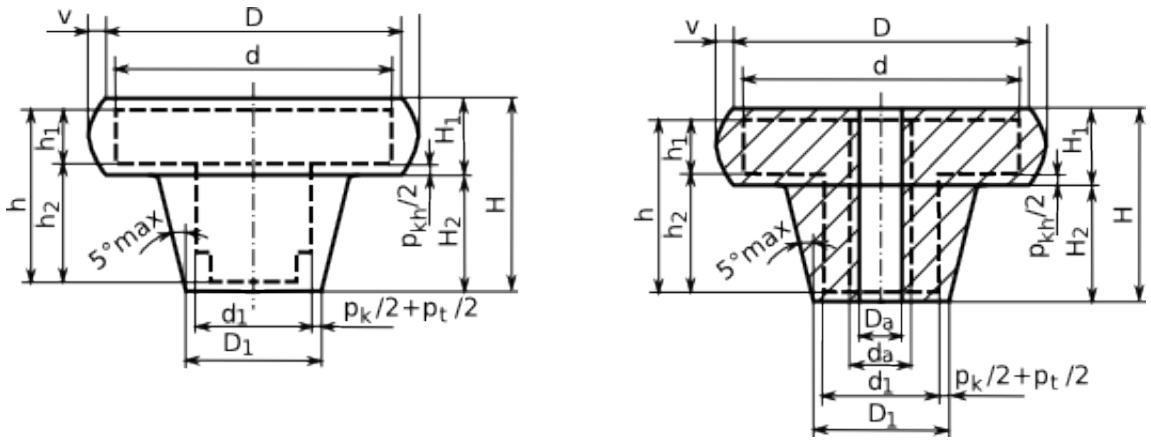
Základní tvary kotoučů a kruhových desek jsou uvedeny na obr. č. 16 - 18.



Obr.16 a) kotouče plné okované
b) kotouče plné neokované (kruhové desky)



Obr.17 a) kotouče děrované okované
b) kotouče děrované neokované (kruhové desky)



Obr.18 a) kotouče osazené plné
b) kotouče osazené děrované

Význam značení na předcházejících obrázcích :
h, h_1, h_2, d, d_1, d_a ..... rozměry obrobeného výrobku
H, H_1, H_2, D, D_1, D_a ..... rozměry výkovku
p_k ..... přídavky na obrábění - na průměr
p_{kh} ……. přídavky na obrábění - na výšku
p_t ……. technologické přídavky - na průměr
p_{th} ……. technologické přídavky - na výšku
v …….. soudkovitost na obvodu

při hrubování

p_h ..... hrubovací přídavek - na průměr
p_{hh} …… hrubovací přídavek - na výšku

Výkovky kotoučů neosazených a kruhových desek se vyrábějí pěchováním špalků a případným následujícím děrováním a okováním.

Výkovky kotoučů osazených se vyrábějí pěchováním špalků v přípravcích pro vytvoření přírubové části výkovku s případným následujícím děrováním. Vnitřní díry výkovků se neosazují.

1.6.2. Rozsah provedení

Rozsah provedení výkovků kotoučů a kruhových desek (závisející na poměru H:D) je uveden v tab. č. 4

Druh výkovků	H/D	D/D_a	H/D_a	D/D_1	H_1/H	D_a/D	$(H_1D^2-H_2D_1^2)/D_1^3$	H_1/D
Kotouče neosazené plné	>=0,25 <=0,8							
Desky neosazené plné	>0,15 <0,25							
Kotouče neosazené děrované	>=0,25 <=0,8	<=5 >=3	<=2,4					
Desky neosazené děrované	>0,15 <0,25	<=5 >=3	<=2,4					
Kotouče osazené Pěchováním - děrované	>=0,3 <=0,8	<=5 >=3	<=2,4	>=1,3 <=2,6	<=0,5	<=0,6	>0,8 <=0.3	>=0,15
Kotouče osazené Pěchováním - plné	>=0,3 <=0,8			>=1,3 <=2,6	<=0,5		>0,8 <=0,3	>=0,15

Tab.4 : Rozsah provedení výkovků kotoučů a kruhových desek

U výkovků kotoučů neosazených se okovává obvod do průměru D = 1250 mm (viz obr. 16a, 17a).

U výkovků kotoučů neosazených o průměru D větším než 1250 mm a u výkovků kruhových desek se obvod neokovává (viz obr. 16b, 17b).

U výkovků kotoučů osazených se obvod u části o průměru D neokovává (viz obr. 18a, 18b).

Výkovky, které se neokovávájí, mají na obvodu zaoblení (soudkovitost), jehož výška v nesní být u neosazených výkovků větší než 1/2 H a u osazených než 1/2 H.

U osazovaných kotoučů se dovoluje na části o průměru D_1 úkos max. 5^0 .

1.6.3. Přídavky na obrábění a mezní úchylky

a) Přídavky a mezní úchylky na průměr d a výšku h příp. h_1 (viz obr. č. 16 až 18) se určí v závislosti na celkové výšce výrobku (tj. výšce h obrobeného výrobku zvětšené o přídavky na zkoušky a jiné) a průměru d pomocí tab. 5.

b) Přídavky na obrábění na průměr d_1 jsou závislé na použitém přípravku. Rozměry a mezní úchylky průměru D_1 jsou dány v tab. 6 a stanoví se podle předběžného průměru D_1' . Předběžný průměr D_1' se určí tak, že se k průměru d_1 připočte přídavek stanovený podle bodu a) pro průměr d.

c) Přídavky na obrábění na vnitřní průměr d_a jsou závislé na velikosti děrovacího trnu. Rozměry a mezní úchylky vnitřních průměrů D_a jsou dány v tab.7 a stanoví se
podle předběžného průměru D'_a. Předběžný průměr D'_a se určí tak, že se k průměru d_a připočte přídavek stanovený podle bodu a) pro průměr d.

Průměr d		Výška h přes - do																	
		do 315		přes 315 do 400		přes 400 do 500		přes 500 do 630		přes 630 do 800		přes 800 do 1000		přes 1000 do 1250		Přes 1250 do 1600		Přes 1600 do 2000	
přes	do	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h
	315	21 +9 -6	18 +8 -5																
315	400	23 +11 -7	20 +9 -6	24 +11 -8	20 +9 -6														
400	500	26 +13 -8	22 +11 -7	28 +13 -9	24 +11 -8	29 +14 -9	25 +12 -9												
500	630	30 +14 -10	25 +12 -9	31 +15 -10	26 +13 -9	32 +16 -10	27 +14 -9	33 +18 -11	28 +14 -9										
630	800	34 +16 -12	28 +15 -9	35 +19 -12	30 +15 -10	37 +19 -12	31 +16 -10	39 +20 -13	33 +17 -11	41 +21 -14	35 +17 -12								
800	1000	39 +20 -14	32 +18 -11	41 +21 -15	34 +19 -12	43 +22 -16	36 +19 -13	45 +24 -16	38 +20 -14	47 +26 -17	40 +22 -14	49 +27 -18	42 +23 -15						
1000	1250	44 +26 -17	38 +22 -14	47 +27 -18	40 +23 -13	49 +29 -19	42 +25 -16	52 +30 -20	44 +26 -17	55 +31 -21	47 +26 -18	58 +32 -22	49 +27 -19	64 +35 -24	52 +30 -20				
1250	1600	50 +28 -20	42 +25 -16	53 +30 -21	45 +26 -18	56 +32 -22	48 +29 -19	59 +34 -23	50 +29 -20	62 +36 -24	53 +31 -21	66 +38 -26	56 +32 -22	69 +41 -18	59 +35 -23	73 +41 -30	62 +38 -24		
1600	2000	57 +34 -23	48 +29 -20	60 +36 -24	51 +31 -20	63 +38 -25	54 +32 -21	66 +40 -26	56 +35 -22	70 +42 -28	59 +35 -24	74 +44 -30	63 +37 -26	77 +46 -32	66 +39 -27	81 +49 -32	69 +42 -28	85 +52 -34	72 +44 -29
2000	2500			65 +31 -26	56 +33 -22	68 +41 -27	58 +35 -23	72 +43 -29	62 +37 -25	76 +46 -30	65 +39 -26	80 +48 -32	68 +41 -27	84 +50 -34	71 +43 -28	88 +52 -36	74 +45 -29	92 +54 -38	77 +47 -30
2500	3150					74 +44 -29	64 +38 -25	78 +47 -31	68 +41 -27	82 +49 -33	72 +43 -29	86 +51 -34	75 +45 -30	90 +53 -36	78 +47 -31	94 +55 -38	81 +49 -32	98 +57 -40	84 +51 -33
3150	4000							84 +50 -33	73 +44 -29	88 +53 -35	78 +46 -30	92 +55 -36	81 +48 -32	96 +57 -38	85 +50 -33	100 +59 -40	89 +52 -34	104 +61 -42	91 +52 -35
Nad 4000										94 +56 -36	82 +47 -32	98 +52 -38	87 +50 -34	102 +60 -40	92 +53 -36				

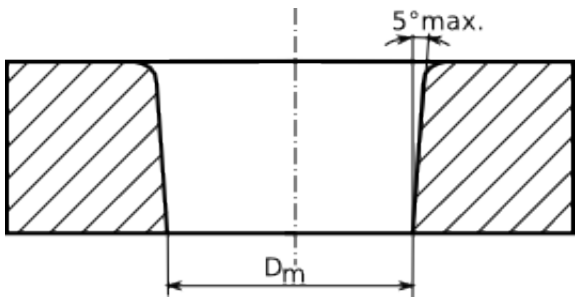
Tab.5 Přídavky na obrábění a mezní úchylky – kotouče a kruhové desky

Zaokrouhlování jmenovitých rozměrů výkovku :

Rozměry výkovků, jejichž největší jmenovitý průměr D nepřevyšuje hodnotu 160 mm, se nezaokrouhlují.

Jmenovité rozměry ostatních výkovků se zaokrouhlují podle aritmetických zásad na násobky 5. O hodnotu zvýšení (snížení) přídavku na obrábění pro zaokrouhlování se sníží (zvýší) mezní úchylky, a to tak, aby maximální hodnota nejvýše přípustných rozměrů výkovků odpovídala tab. 5.

$D_1´$		D_1 (D_m)	H_2			
přes	do					
	95	100^{+8}_{-8}	25	50	70	100
95	120	125^{+8}_{-8}	30	60	90	120
120	155	160^{+10}_{-10}	40	80	120	160
155	190	200^{+12}_{-12}	50	100	150	200
190	240	250^{+14}_{-14}	60	120	180	240
240	305	315^{+17}_{-17}	80	160	240	320
305	385	400^{+17}_{-17}	100	200	300	400
nad	385	525^{+21}_{-21}	přípravek se zhotovuje na míru			



Přípravek pro pěchování osazených kotoučů
$D_1´$....předběžný průměr
D_m....vnitřní průměr přípravku
H_2... výška výkovku

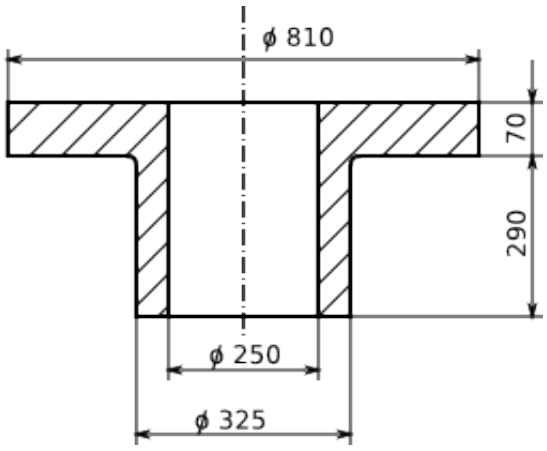
Tab. 6 Rozměry a mezní úchylky průměru D_1 při pěchování osazených kotoučů

	přes - do			
D´a	50 až 60	60 až 80	80 až 100	100 až 125
Da (Dt)	50 ± 7	60 ± 8	80 ± 9	100 ± 10
D´a	125 až 160	160 až 200	200 až 250	250 až 315
Da (Dt)	125 ± 12	160 ± 13	200 ± 14	252 ± 15
D´a	315 až 400	400 až 500	500 až 630	630 a výše
Da (Dt)	315 ± 17	400 ± 19	500 ± 22	630 ± 25

Tab.7: Rozměry a mezní úchylky vnitřních průměrů při děrování kotoučů a kruhových desek

Příklad :

Navrhněte kovářské přídavky a tvar výkovku osazeného, děrovaného kotouče, jehož rozměry jsou uvedeny na obr. č. 19. Výkovek bude tepelně zpracováván na jakost v surovém stavu.



d = 810 mm
d_1 = 325 mm
d_a = 260 mm
h = 360 mm
h_1 = 70 mm
h_2 = 290 mm

Obr.19 Náčrtek výrobku

a) Kovářské přídavky a mezní úchylky

Přídavky na obrábění včetně mezních úchylek se na průměr d a výšky h, h_1 určí z tab. 5 pomocí průměru d a výšky h:

Přídavek na průměr – $p_k = 41\ ^{+21}_{-15}$

Přídavek na výšku – $p_{kh} = 34\ ^{+19}_{-12}$

Základní rozměry výkovku :

$øD = d + p_k = 810 + 41\ ^{+21}_{-15} = 841\ ^{+21}_{-15}$ zaokrouhleno: $D = 840\ ^{+22}_{-14}$

$H = h + p_{kh} = 360 + 34\ ^{+19}_{-12} = 394\ ^{+19}_{-12}$ zaokrouhleno: $H = 395\ ^{+18}_{-13}$

$H_1 = h_1 + p_{kh} = 70 + 34\ ^{+19}_{-12} = 104\ ^{+19}_{-12}$ zaokrouhleno: $H_1 = 105\ ^{+18}_{-13}$

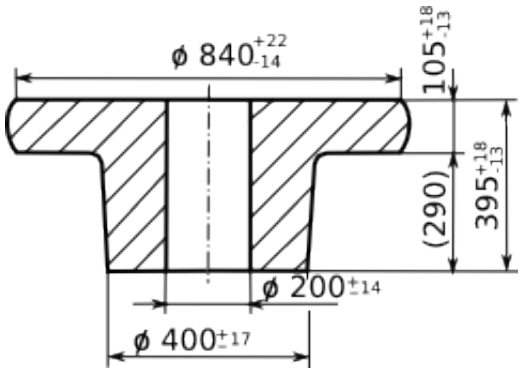
Určení průměru D_1 :
předběžný $øD_1' = d_1 + p_k = 325 + 41 = 366$ mm, protože přípravek na pěchování má pro $D_1' = 366$ mm nejblíže vyšší otvor $D_m = 400$ mm (viz tab. 6), je nutno ø366 mm zvýšit o technologický přípravek $p_{t1} = 34$ mm.

D_1 potom bude : $D_1' + p_{t1} = 366 + 34 = 400\ ^{+19}_{-19}$ (tab. 6).

Určení vnitřního průměru D_a:
předběžný $øD_a' = d_a - p_k = 260 - 41 = 219$ mm, protože děrovací trn má pro $D_a' = 219$ mm nejbližší nižší průměr $D_t = 200$ mm (viz. tab. č. 7), je nutno ø 219 snížit o technologický přídavek $p_{t2} = 19$ mm.

$øD_a$ potom bude : $D_a' - p_{t2} = 219 - 19 = 200\ ^{+14}_{-14}$ (tab.7)

Předběžné rozměry výkovku jsou uvedeny na obr. č. 20.



Obr. 20 Předběžné rozměry výkovku

b) Kontrola tvaru výkovku

Protože poměr $\frac{H_1}{D}$ neodpovídá rozměrovým poměrům v tab.4, je nutno výšku $H_1 = 105$ mm zvýšit o technologický přídavek $p_{th\,1} = 25$ mm.

Výška H_1 potom bude 130 mm.

V tomto případě je podmínka $\frac{H_1}{D} \geq 0{,}15$ splněna.

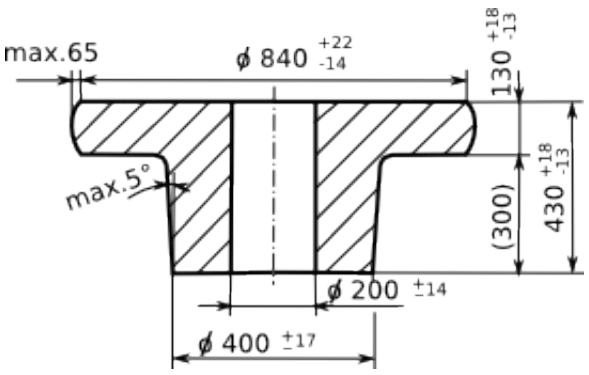
Protože výška H_2 = 290 mm se pro průměry D_1 = 400 mm podle tab. 6 nevyrábí, je nutno tuto výšku zvýšit o technologický přídavek $p_{th\,2}$ = 10 mm.

Výška H_2 se tím upraví na rozměr 300 mm.

Protože se jedná o výkovek osazeného kotouče, obvod části výkovku o ø D se nebude okovávat. Zaoblení na obvodu (soudkovitost) může být maximálně 65 mm (1/2 H_1 – viz kap. 1.6.2.)

c) Konečný tvar a jmenovité rozměry výkovku

Po výše uvedených úpravách je konečný tvar výkovku (včetně jmenovitých rozměrů) uveden na obr. 21.



Obr. 21: Náčrtek výkovku zadaného kotouče

Poznámka:
Protože výkovek bude tepelně zpracováván na jakost v surovém stavu, nebylo nutné počítat s hrubovacími přídavky.

1.6.4. Hrubovací přídavky

U výkovků tepelně zpracovávaných na jakost v hrubovaném stavu se kovářské přídavky na průměry d, d_1, d_a a výšky h, h_1 určují na rozměry po hrubování, tj. na rozměry hotového výrobku zvětšené o hrubovací přídavky.

Hrubovací přídavky uvedených rozměrů se stanoví v závislosti na průměru d podle tab. 8.

Průměr d													
přes	-	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
do	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
Hrubovací přídavek na d, d_1, d_a , h, h_1													
-	6	6	6	7	7	8	9	10	12	14	17	20	24

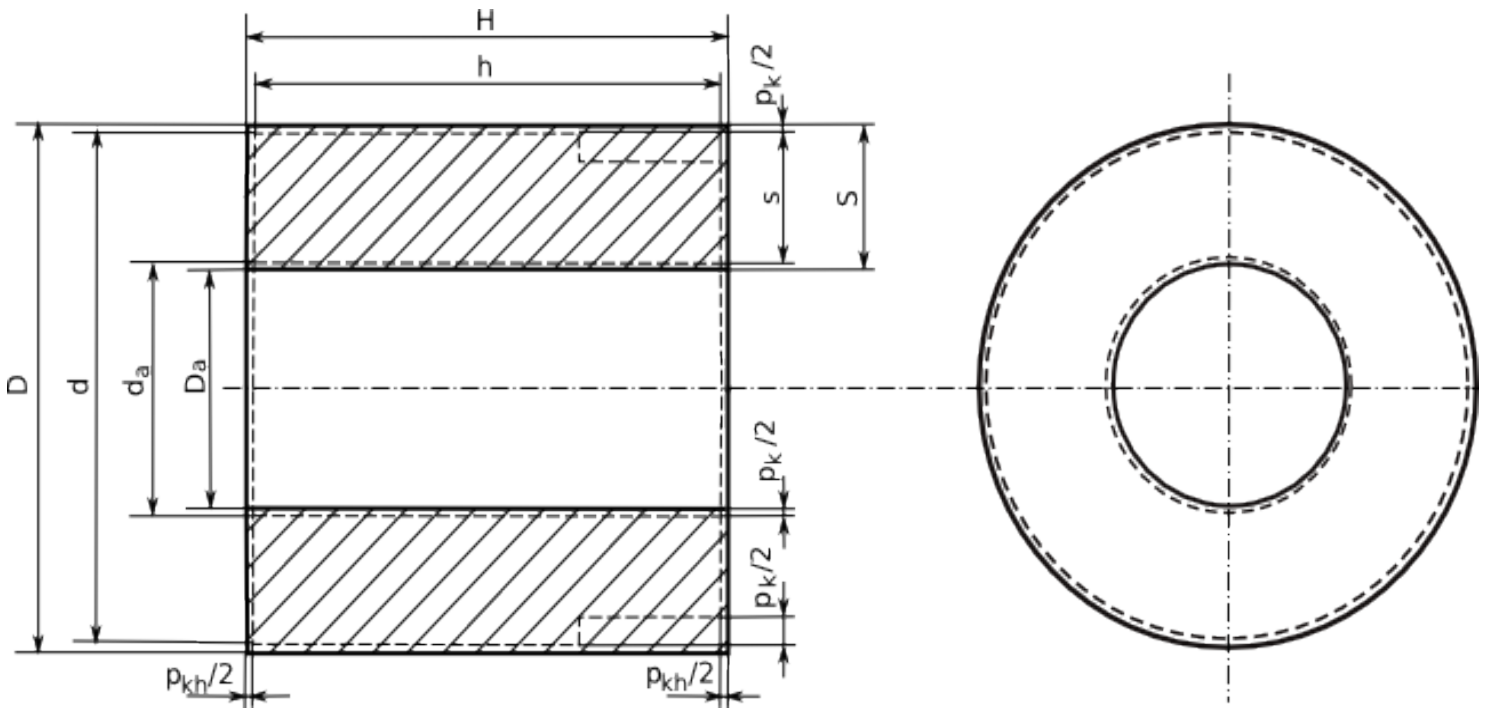
Tab.8 Hrubovací přídavky (p_h, pk_h) pro kotouče a kruhové desky

1.7. Kroužky

Výkovky neosazených kroužků se vyrábějí rozkováním děrovaného předkovku na trnu. Potřebný předkovek se získává volným kováním za tepla ze surových ingotů (příp. bloků nebo sochorů).

1.7.1. Základní tvar výkovků

Základní tvar výkovků je znázorněn na obr. č. 22



Obr.22 Neosazené kroužky

Význam značení na předcházejícím obrázku :

d, d_a, h, s … rozměry obrobeného výrobku
D, D_a, H, S … rozměry výkovku
p_k … přídavky na obrábění – na průměr
p_{kh} … přídavky na obrábění – na výšku
p_t … technologické přídavky- na průměr při hrubování :
p_h … hrubovací přídavek – na průměr
p_{hh} … hrubovací přídavek – na výšku

Průměr d		Výška h																	
		do 160		přes 160 do 200		přes 200 do 250		přes 250 do 315		přes 315 do 400		přes 400 do 500		přes 500 do 630		přes 630 do 800	
přes	do	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h
	500	20 +13 -7	19 +10 -7	21 +14 -7	20 +9 -7	22 +15 -7	21 +10 -7	23 +16 -8	22 +11 -7	24 +17 -8	23 +12 -8	26 +17 -9	24 +13 -8	28 +18 -9	26 +14 -8	31 +19 -10	27 +15 -9
500	630	23 +16 -8	20 +13 -7	23 +17 -8	21 +14 -7	24 +18 -8	22 +14 -7	25 +19 -8	23 +14 -8	26 +20 -9	24 +15 -8	28 +20 -9	26 +15 -9	30 +20 -10	28 +14 -9	32 +21 -11	30 +22 -10
630	800	26 +17 -9	22 +15 -7	27 +18 -9	23 +15 -8	27 +21 -9	24 +17 -8	28 +22 -9	25 +25 -8	29 +24 -10	26 +27 -9	31 +25 -10	28 +28 -9	33 +26 -11	30 +29 -10	35 +27 -12	33 +29 -11
800	1000	29 +22 -10	25 +18 -8	29 +25 -10	26 +20 -9	30 +26 -10	27 +21 -9	31 +28 -10	28 +22 -9	32 +30 -11	29 +33 -10	34 +31 -11	31 +34 -10	36 +33 -12	33 +36 -11	38 +35 -13	36 +37 -12
1000	1250			34 +28 -11	29 +24 -10	35 +30 -12	30 +26 -10	36 +34 -12	31 +28 -10	37 +37 -12	32 +31 -11	39 +39 -13	34 +44 -11	41 +41 -14	36 +46 -12	43 +43 -14	39 +47 -13
1250	1600					41 +33 -14	35 +28 -12	42 +36 -14	36 +31 -12	43 +40 -14	37 +33 -12	45 +43 -15	39 +36 -13	47 +46 -16	41 +52 -14	49 +49 -14	44 +54 -13
1600	2000							49 +42 -16	41 +36 -14	50 +46 -17	43 +39 -14	52 +49 -17	45 +41 -15	54 +52 -18	49 +41 -16	49 +49 -16	44 +54 -15
2000	2500									58 +52 -19	50 +44 -17	60 +56 -20	51 +47 -17	61 +61 -21	53 +51 -18	64 +72 -21	56 +54 -19
2500	3150											71 +57 -24	60 +49 -20	73 +63 -24	62 +53 -21	75 +69 -25	65 +57 -22
3150	4000													88 +62 -29	74 +54 -25	90 +70 -30	77 +59 -26
4000	5000															107 +69 -36	91 +59 -30

Tab.9 Přídavky na obrábění a mezní úchylky – kroužky

Průměr d		Výška h											
		přes 800 do 1000		přes 1000 do 1250		přes1250 do 1600		přes 1600 do 2000		přes 2000 do 2500		přes 2500 do 3150	
přes	do	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h
630	800	37 +28 -13	35 +32 -12										
800	1000	41 +36 -14	39 +38 -13	45 +37 -14	42 +42 -13								
1000	1200	46 +44 -15	42 +51 -14	50 +45 -17	46 +53 -15								
1250	1600	52 +52 -17	47 +57 -16	55 +55 -17	51 +60 -17	60 +60 -20	57 +65 -19						
1600	2000	59 +59 -20	52 +66 -17	62 +62 -21	57 +67 -19	67 +67 -22	63 +73 -21	73 +73 -24	70 +80 -23				
2000	2500	67 +71 -22	60 +78 -20	70 +70 -23	64 +76 -21	76 +76 -25	70 +82 -23	81 +81 -27	77 +85 -26	88 +88 -29	86 +90 -29		
2500	3150	78 +72 -26	68 +60 -23	81 +76 -27	73 +84 -24	86 +86 -29	79 +93 -26	92 +92 -31	86 +98 -29	99 +99 -33	92 +106 -31	109 +109 -36	103 +115 -34
3150	4000	93 +75 -31	80 +64 -27	96 +85 -32	84 +89 -28	101 +95 -34	97 +106 -30	107 +107 -36	97 +117 -32	114 +114 -38	105 +148 -35	124 +140 -41	115 +151 -38
4000	5000	110 +74 -37	94 +66 -31	113 +88 -38	98 +90 -32	118 +100 -39	104 +114 -35	124 +124 -41	111 +137 -37	131 +131 -44	114 +148 -40	140 +140 -47	129 +151 -43
5000	6300	132 +95 -44	112 +110 -37	135 +110 -45	115 +130 -38	140 +140 -47	121 +159 -40	146 +146 -49	129 +163 -43	153 +153 -51	137 +169 -46	163 +163 -54	147 +179 -49

Tab.9 – pokračování: Přídavky na obrábění a mezní úchylky – kroužky

1.7.2. Rozsah provedení

Pro mezní hodnoty neosazených kroužků platí následující vztahy :

$0,16D \le H \le 0,8D$ 19

$\frac{1}{3}D \le D_a \ge 70$ 20

$15 \le S \ge 0,07D$ 21

$D \ge 100$ 22

1.7.3. Přídavky na obrábění a mezní úchylky

a) Přídavky a mezní úchylky na vnější průměr d, vnitřní průměr d_a a výšku h se určují podle vnějšího průměru d a celkové výšky výrobku (tj. výšky h obrobeného kroužku zvětšené o případné přípravky na zkoušky), pomocí tab.9 .
b) Přídavek na obrábění a mezní úchylky na vnitřní průměr d_a jsou shodné s přídavkem na obrábění a mezními úchylkami na vnější průměr d, avšak mezní úchylky jsou opačného znaménka.

Zaokrouhlování jmenovitých rozměrů výkovků

Rozměry výkovků kroužků, u kterých vnější jmenovitý rozměr D nepřevyšuje hodnotu 160 mm, se nezaokrouhlují.

Jmenovité rozměry ostatních výkovků kroužků D, D_a a H se zaokrouhlují podle aritmetických zásad na násobky 5.

O hodnotu zvýšení (snížení) přídavku na obrábění pro zaokrouhlení se sníží (zvýší) mezní úchylky tak, aby maximální hodnota nejvýše přípustných rozměrů výkovků odpovídala tab. 9.

Úchylky geometrického tvaru

Dovoluje se nerovnoměrné rozložení přídavku a nesouosost vnějšího průměru kroužku D a vnitřního průměru D_a, přičemž zvětšení přídavku na jedné straně a zmenšení přídavku na druhé straně se dovoluje jen v rozsahu mezních úchylek.

Dovoluje se zaoblení nebo zkosení hran výkovku, přičemž zbývající přídavek na hranách po celém obvodě nesmí být menší než nejmenší přídavek na obrábění na plochy tvořící hrany výkovku.

1.7.4. Hrubovací přídavky

U výkovků kroužků, tepelně zpracovávaných na jakost v ohrubovaném stavu, se přídavky na obrábění a mezní úchylky na průměry d, a d_a a výšku h určují na rozměry po hrubování (tj. rozměry hotově obrobeného kroužku, zvětšené o hrubovací přídavky).

Hrubovací přídavky uvedených rozměrů se stanoví v závislosti na průměru d podle tab. 10.

Průměr d													
přes	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
do	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Hrubovací přídavek na d, d_a , h													
-	6	6	7	8	9	10	12	14	16	19	23	28	34

Tab.10 Hrubovací přídavky (p_h, p_{kh}) pro kroužky

1.7.5. Průměr trnu pro děrování kroužku

Operaci děrování provádíme plným trnem podle výšky napěchovaného ingotu nebo špalku (tzv.šířky věnce) podle tabulky 11

Šířka věnce	Průměr trnu	Šířka věnce	Průměr trnu
mm	mm	mm	mm
75	100	350	220
100	110	400	240
125	120	500	270
150	130	600	300
175	140	700	330
200	150	800	350
225	160	900	375
250	180	1000	400
275	190	1200	450
300	200	1400	500

Tab. 11 Průměr trnu pro děrování kroužků

P ř í k l a d :

Navrhněte přídavky pro volné kování kroužku, jehož rozměry jsou uvedeny na obrázku č. 43 a.

a) Kroužek bude tepelně zpracovaný na jakost v surovém stavu (tj. bezprostředně po vykování)

b) Kroužek bude tepelně zpracovaný na jakost v ohrubovaném stavu.

Řešení případu a) :
- rozměry obrobeného výrobku :
  d = 640 mm d_a = 395 mm h = 190 mm
- přídavky na obrábění a mezní úchylky (viz tab. 9)
  $p_k = 27\ ^{+18}_{-9}$ $p_k = 27\ ^{+9}_{-18}$ $p_{kh} = 23\ ^{+15}_{-9}$
- předběžné rozměry výkovku (před zaokrouhlením) :
  $D' = 667\ ^{+18}_{-9}$ $D_a' = 368\ ^{+9}_{-18}$ $H' = 213\ ^{+15}_{-9}$
- jmenovité rozměry výkovku
  $D = 670\ ^{+15}_{-12}$ $D_a = 370\ ^{+7}_{-20}$ $H = 215\ ^{+13}_{-11}$

Náčrtek výkovku viz obr. č. 23. b.

Řešení případu b) :

- rozměry obrobeného výrobku:
  d = 640 mm d_a = 395 mm h = 190 mm
- hrubovací přídavky (viz tab. 10) :
  p_h = 14 mm p_h = 14 mm p_{kh} = 14 mm
- rozměry výrobku po ohrubování:
  d' = 654 mm d_a' = 381mm h'= 204 mm
- přídavky na obrábění a mezní úchylky (viz tab. 9) :
  $p_k = 27\ ^{+21}_{-9}$ $p_k = 32\ ^{+9}_{-21}$ $p_{kh} = 24\ ^{+17}_{-8}$

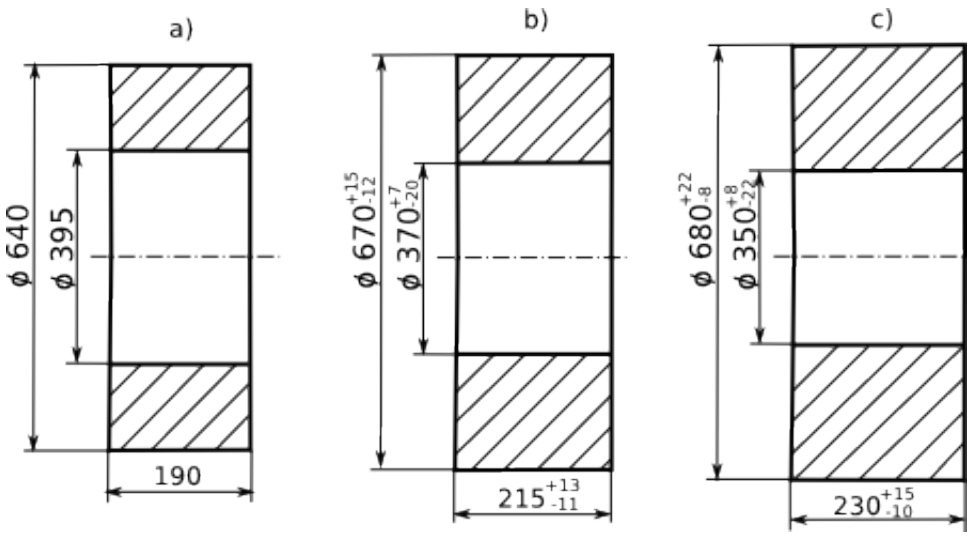
- předběžné rozměry výkovku (před zaokrouhlením):

$D' = 681\ ^{+21}_{-9}$ $D_a' = 349\ ^{+9}_{-21}$ $H' = 228\ ^{+17}_{-8}$

- jmenovité rozměry výkovku:

$D = 680\ ^{+22}_{-8}$ $D_a = 350\ ^{+8}_{-22}$ $H = 230\ ^{+15}_{-10}$

Náčrtek výkovku viz obr. 23. c.



Obr. 23 a) náčrtek výrobku, b) náčrtek výkovku bez hrubovacích přídavků, c) náčrtek výkovku s hrubovacími přídavky

V případě a) se tepelné zpracování výkovku provede bezprostředně po jeho vykování.

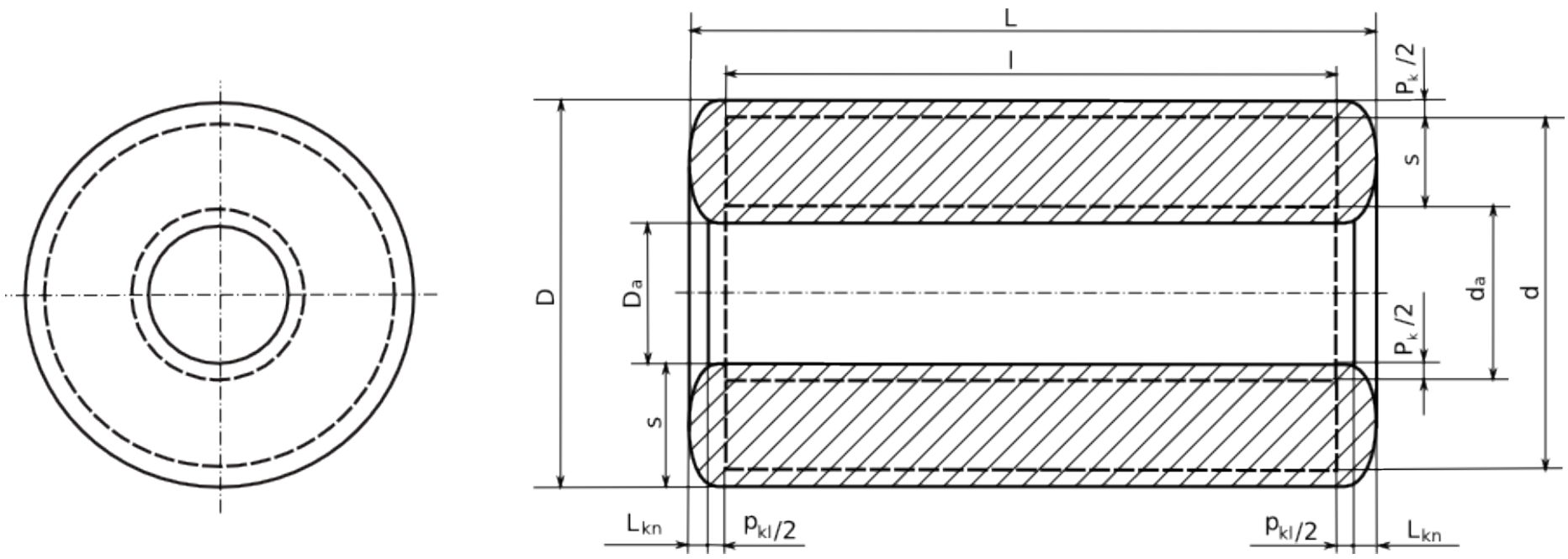
V případě b) se vyrobený výkovek nejprve ohrubuje na „rozměry výrobku po ohrubování“ (tj. ø d’ = 654 mm, ø d_a’ = 381 mm a výšku h’= 204 mm- viz řešení příkladu), provede se kontrola kvality a teprve potom se tepelně zpracuje.

1.8. Dutá tělesa

Tato kapitola se týká výkovků dutých těles neosazených, osazených, prosazených a přírubových, souměrných k ose, kruhového průřezu, volně kovaných za tepla ze surových ingotů (příp. bloků nebo sochorů).

1.8.1. Základní průřez výkovku

Základní průřez výkovku dutého tělesa je uveden na obr. č. 24, včetně vyznačení přídavků na obrábění.



Obr. 24 Základní průřez výkovku dutého tělesa

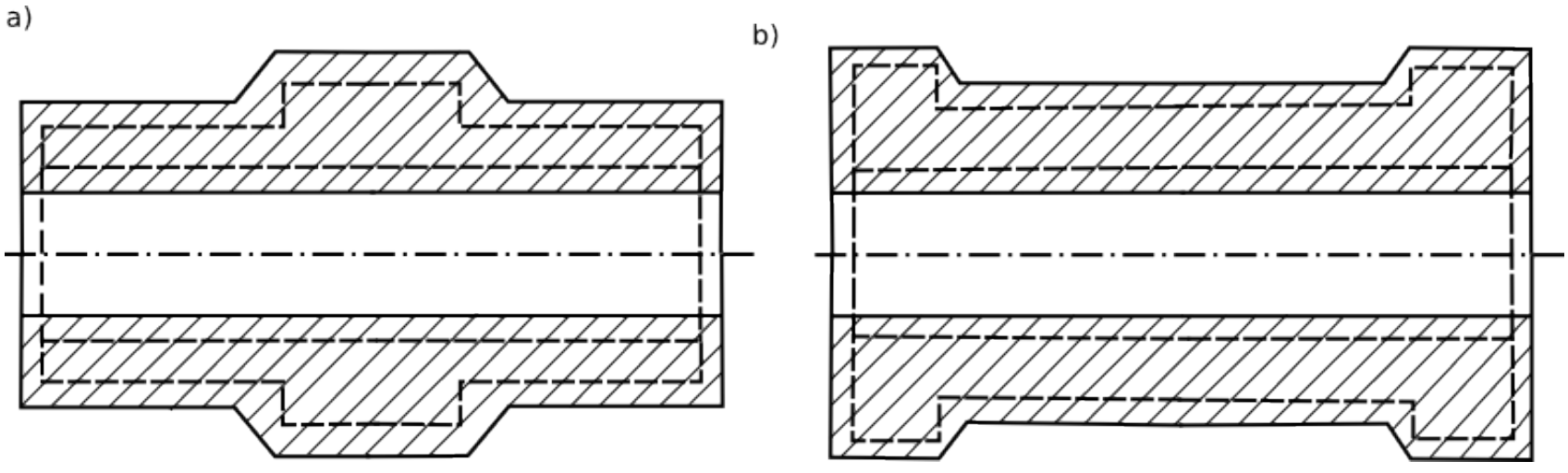
Význam značení:

d, d_a, l, t	… rozměry obrobeného výrobku
D, D_a, L, T	… rozměry výkovku
p_k	… přídavek na obrábění - na průměr
p_{kl}	… přídavek na obrábění – na délku
L_{kn}	… nerovnost konců výkovku

1.8.2. Základní tvary výkovků

a) Výkovky neosazené (obr. 24) - výkovky, jejichž průřez se po délce nemění, kované na požadované rozměry (průřez, délku) a určené ke zhotovení výrobku neměnného průřezu, popř. i výrobků s proměnným průřezem, u nichž však kovářské osazení nelze z technologického (nebo ekonomického) důvodu provést.

b) Výkovky osazené a prosazené (obr. 25 a, b) - výkovky, jejichž průřez se po délce mění.

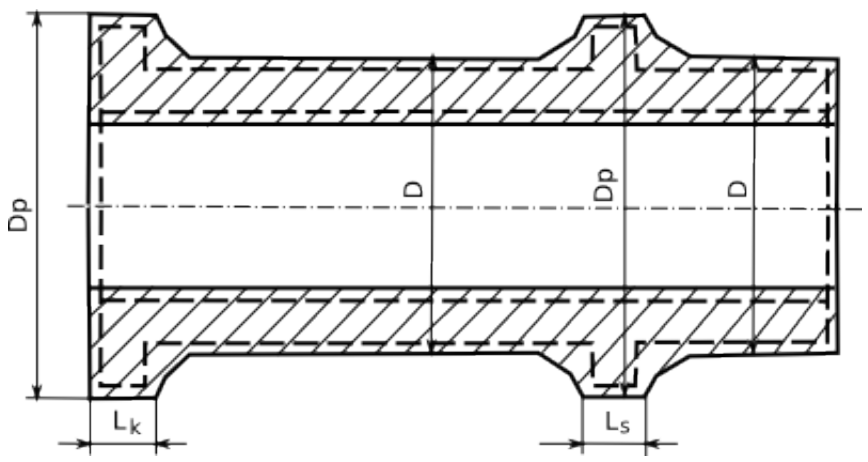


Obr 25 a) Výkovky osazené , b) výkovky prosazené

c) Výkovky přírubové (obr. 26) - jsou zvláštním případem výkovků osazených či prosazených. Pro příruby platí následující omezení:

$$l, a \geq \frac{D_p}{D} > 1{,}4 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 23$$

$$L_k \leq 0{,}5\, D_p ;\; L_s \leq 0{,}5\, D_p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 24$$



Obr 26 Výkovky přírubové

Neosazené, osazené, prosazené i přírubové výkovky se vyrábějí pěchováním špalků, s následujícím děrováním a prodlužováním na trnu, popř. rozkováním a prodlužováním na trnu.

Otvory se u těchto výkovků podle normy ČSN 42 9014 neosazují.

1.8.3.Rozsah provedení.

a/ Rozměry průřezů výkovků – výkovky dutých těles se vyrábějí s vnitřním průměrem $D_a \geq 80$ a tloušťkou stěny $S \geq 30$.

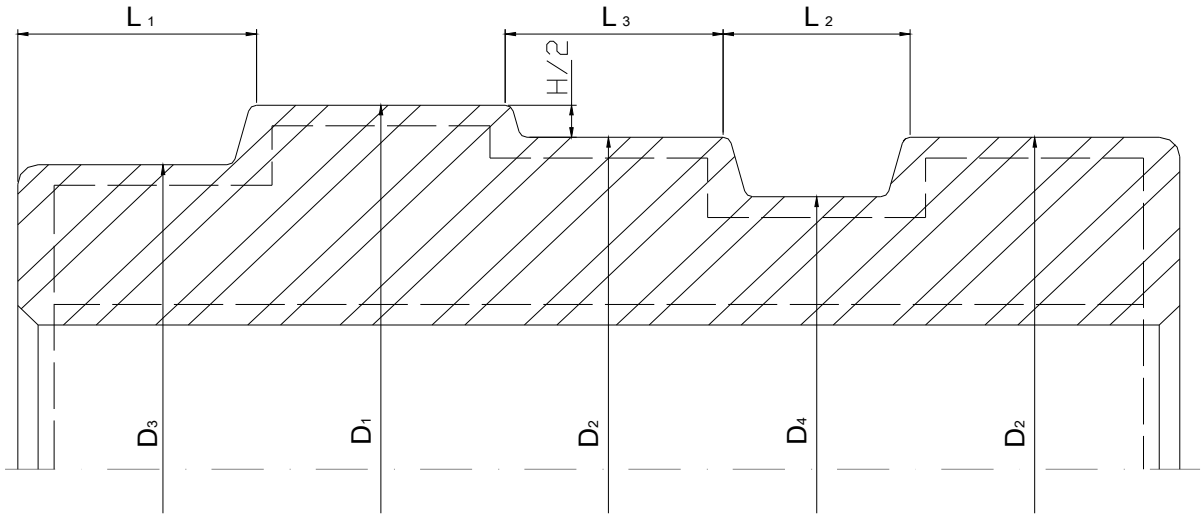
b/ Délka výkovků – pro výkovky dutých těles platí následující omezení:

$$0{,}52\, D_r \leq L \leq 15\, D_r \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 36$$

Kde D_r je redukovaný průměr výkovku. Jeho velikost se určuje podle vztahu 7a) v kap. 1.5.2. (uvažujeme duté těleso jako plné).

1.8.4. Zásady pro osazování , prosazování a přírubové výkovky

Osazování a prosazování :



Obr. 27 Zásady pro osazování a prosazování

a) Osazování a prosazování se provádí u výkovku s jmenovitou délkou L větší než 1,5 D_r

b) Poměry průměru jednotlivých částí osazeného výkovku se omezují následujícím způsobem (obr. 27) :

$D_1 : D_{2;3} \leq 1,4$ …....26
$D_2 : D_4 \leq 1,4$ …....27
$D_1 : D_4 \leq 1,8$ …....28

Není-li některá z podmínek 26 -28 dodržena, zvětšuje se průměr osazení o technologický přídavek tak, aby uvedeným podmínkám bylo vyhověno, popř. se osazení neprovádí a o délku osazení se prodlužuje přilehlá část výkovku (většího rozměru).

c) Míra osazení H (obr. 27) se stanovuje takto :

$20 \leq H \geq ú_h + ú_d$ …....29

kde $ú_h$ je horní mezní úchylka (viz tab.č. 1).
$ú_d$ je dolní mezní úchylka.
Jestliže míra osazení nevyhovuje vztahu 29, výkovek se neosazuje.

d) Délka koncového osazení L_1 (obr. 27) se stanovuje takto :

$L_1 \geq 0,2 \cdot D_1^3 / D_3^2$ ……30

$100 \leq L_1 \leq 0,1 L$ ……...31

Jestliže délka koncového osazení neodpovídá podmínkám 30 a 31, zvětší se průměr nebo délka koncového osazení o technologický přídavek tak, aby uvedeným podmínkám bylo vyhověno, popř. se osazení neprovádí a o délku osazení se prodlouží přilehlá část výkovku (většího rozměru).

e/ Délka přilehlého osazení L_3 (obr. 27) se stanovuje takto:

$L_3 * D_2^2 + L_2 * D_4^2 \geq 0,2 \cdot D_1^3$ …….32

$100 \leq L_3 \geq \frac{1,2 D_1 - D_2}{3}$ …….33

$L_3 \geq 0,1 L$ …….34

Jestliže délka přilehlého osazení neodpovídá podmínkám 32, 33, 34, zvětší se průměr přilehlého osazení o technologický přídavek tak, aby uvedeným vztahům bylo vyhověno, popř. se osazení neprovádí a o délku osazení se prodlouží přilehlá část výkovku (většího rozměru).

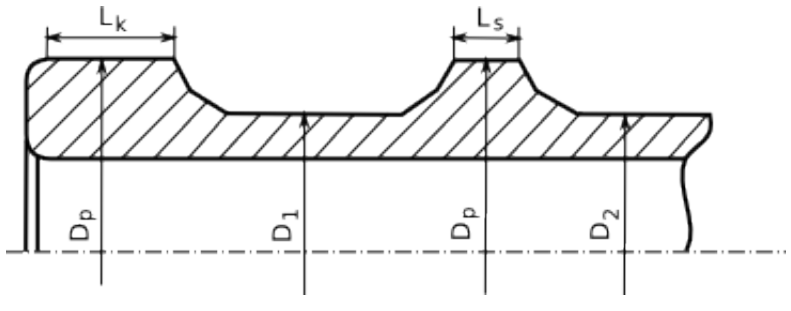
f) Pro velikost prosazení a poměry průměrů jednotlivých částí prosazeného výkovku platí stejné vztahy jako u osazování.

g) Průměr prosazení D_4 (obr. 27) je omezen tímto vztahem :

$$140 \leq D_4 \geq 0{,}63\sqrt{(D_2^3)/L_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 35$$

Nesplňuje-li průměr prosazení podmínku 35, zvětšuje se o technologický přídavek tak, aby bylo této podmínce vyhověno.

Přírubové výrobky



Obr. 28 Zásady pro přírubové výrobky

Délka středové příruby L_s se stanoví podle vzorce :

$$100 \leq L_s \geq 0{,}7 \left(\frac{D_p - D_1}{2} + 0{,}07\, D_p\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 36$$

Délka koncové příruby L_k se stanoví podle vzorce :

$$150 \leq L_k \geq \left(\frac{D_p - D_1}{2} + 0{,}07\, D_p\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 37$$

V obou vzorcích značí :

D_p ……. průměr příruby (mm)
D_1 ……. průměr menšího osazení nebo prosazení vedle příruby /mm/

Jestliže délka středové či koncové příruby neodpovídá vztahům 36 a 38, zvětšuje se o technologický přídavek tak, aby se uvedeným podmínkám vyhovělo.

V ostatním platí stejné zásady jako při osazení a prosazování.

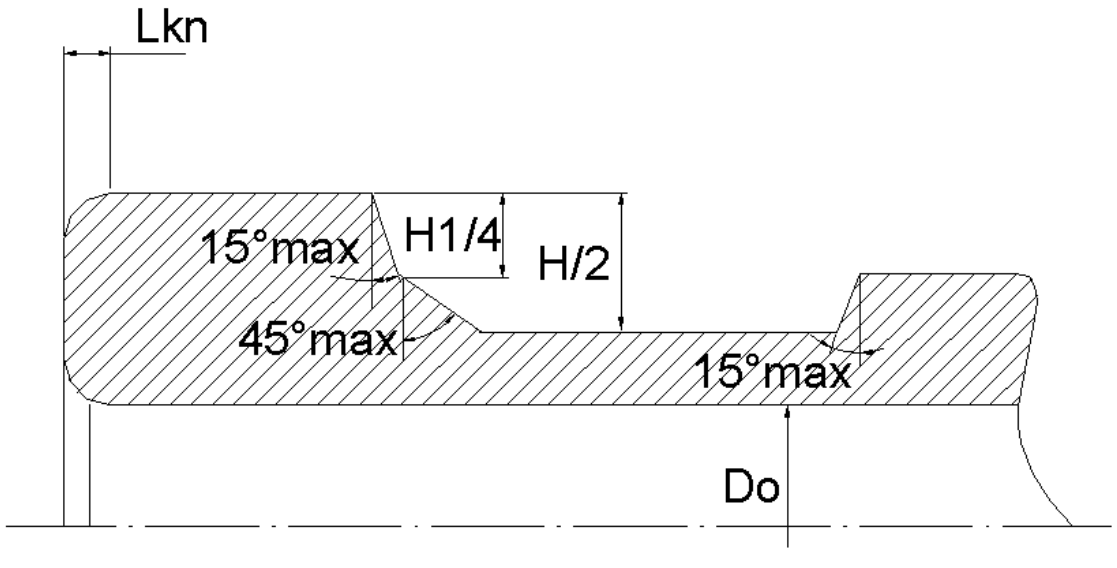
1.8.5. Nerovnost konců a boční úkosy

a) Nerovnost konců výkovku L_{kn} (obr. 29) nesmí být větší než 1/4 vnitřního průměru D_a.

b) Boční úkos osazení nebo prosazení s vyjímkou přírub nesmí být větší než 15° (obr. 29).

c) Boční úkos příruby nesmí být větší než obr. 29):

- 15° do 1/4 velikosti osazení nebo prosazení
- 45° ve zbývající části

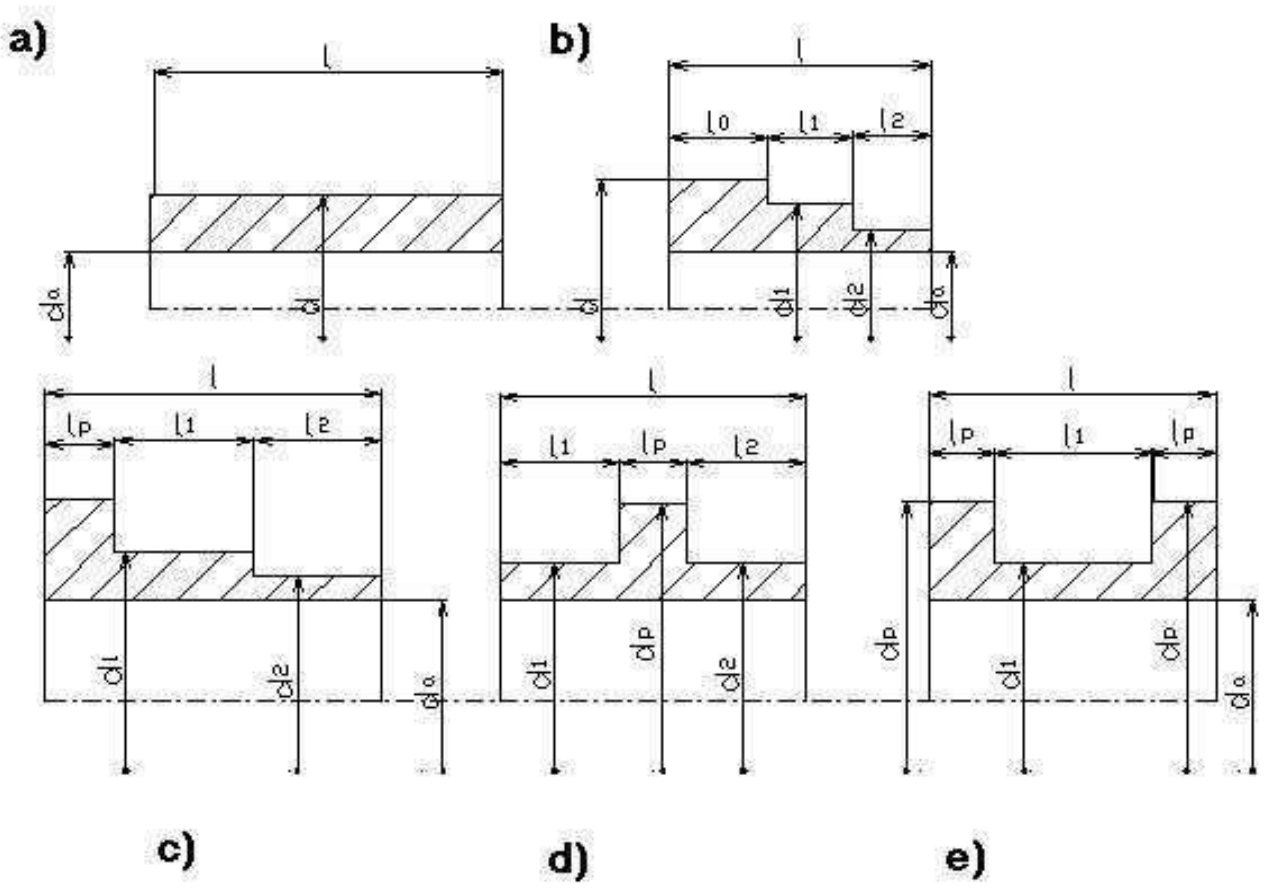


Obr. 29 Nerovnosti konců a boční úkosy

1.8.6. Přídavky na obrábění a mezní úchylky

Přídavky na obrábění a mezní úchylky se určují jak na průřezy výkovků, tak na celkovou délku výkovků a délky výstupků popř. přírub.

a) Určování přídavků na obrábění a mezních úchylek na průřezy výkovků – v tomto případě se vychází z obr. 30 a tab. 12.



Obr. 30: Charakteristické tvary výkovků

Tvar výkovku		Přídavek na			
		d; d_p	d_1	d_2	d_a
Dutá tělesa neosazená, osazená a prosazená - a, b		P_k	P_k	P_k	P_k
Dutá tělesa přírubová	jednostranně osazená - c	P_k	P_{kx}	P_{kx}	P_{kx}
	oboustranně osazená - d, prosazená - e	P_k	P_k	P_k	P_k

Tab. 12 : Určování přípravků na obrábění s ohledem na tvar výkovků

V tab. 12 značí :

P_k ... přídavek na obrábění stanovený podle $\underline{d}$ /nebo $\underline{d_p}$/, $\underline{l}$

P_{kx} ... přídavek na obrábění stanovený podle $\underline{d_1}$, $\underline{l}$

Přídavky na obrábění a mezní úchylky rozměrů výkovků jsou uvedeny v tab.12.

Poznámky:

- U výkovků kombinovaně prosazených, osazených a přírubových určuje přídavky obrábění a mezní úchylky výrobce v závislosti na technologickém postupu kování a složitosti tvaru výkovku
- Přídavek na obrábění na vnitřní průměr d_a se stanovuje podle tab. 13., přičemž velikost jmenovitého rozměru D_a je u jednotlivých výrobců ovlivněna výrobním zařízením a nářadím (prodlužovací trny atd.)

b) Určování přídavků na délku výkovků

Přídavky a mezní úchylky na celkovou délku $\underline{l}$ a délky výstupků nebo přírub se stanoví jako "n" násobky největšího přídavku a mezních úchylek na průměr, které se stanovují podle výše uvedených zásad.

Hodnota "n" násobku v závislosti na celkové délce výrobku je uvedena v tab. 13.

Zaokrouhlování jmenovitých rozměrů výkovků

Rozměry výkovků, u kterých největší jmenovitý průměr D nepřekročí hodnotu 160 mm, se nezaokrouhlují.

Jmenovité rozměry D, D_a, L ostatních výkovků dutých těles se zaokrouhlují podle aritmetických zásad na násobky 5.

O hodnotu zvýšení (snížení) přídavku na obrábění pro zaokrouhlení se sníží (zvýší) mezní úchylky tak, aby maximální hodnota nejvýše přípustných rozměrů výkovku odpovídala tab. 12.

Vnější průměr d		Celková délka výrobku														
		Násobek n pro určení přídavku a tolerancí na délku														
		n = 2									n = 2,5			n = 3		
přes	do	přes do 630	630 800	800 1000	1000 1250	1250 1600	1600 2000	2000 2500	2500 3150	3150 4000	4000 5000	5000 6300	6300 8000	8000 10000	10000 12500	12500 16000
	500	28 +17 -9	28 +18 -9	29 +20 -10	30 +21 -10	31 +23 -10	31 +23 -10	32 +24 -11	33 +25 -11	34 +26 -12	37 +27 -13	40 +28 -14	48 +32 -16			
500	630	30 +20 -10	30 +23 -10	31 +24 -10	32 +26 -11	33 +27 -11	33 +27 -11	34 +28 -11	35 +29 -12	37 +33 -12	40 +33 -13	43 +33 -14	46 +33 -15	51 +33 -17		
630	800		35 +27 -12	35 +30 -12	36 +32 -12	37 +34 -12	38 +36 -13	40 +38 -13	42 +38 -14	44 +41 -15	47 +42 -16	51 +42 -17	55 +43 -18	61 +43 -20	68 +43 -23	
800	1000			41 +36 -14	42 +37 -14	43 +40 -14	44 +42 -15	45 +45 -15	47 +48 -16	49 +51 -16	52 +53 -17	56 +54 -19	61 +54 -20	66 +55 -22	73 +55 -24	83 +55 -28
1000	1250				49 +41 -16	50 +46 -17	51 +49 -17	53 +52 -18	54 +56 -18	57 +59 -19	60 +62 -20	63 +65 -21	68 +67 -23	74 +67 -25	81 +67 -27	90 +67 -30
1250	1600					60 +56 -20	61 +61 -20	63 +65 -21	64 +70 -21	67 +73 -22	70 +76 -23	73 +80 -24	78 +82 -26	84 +84 -28	91 +84 -30	100 +84 -33
1600	2000						73 +69 -24	74 +73 -25	76 +78 -25	79 +84 -26	81 +91 -27	85 +95 -28	90 +97 -30	95 +103 -32	102 +106 -34	112 +106 -37
2000	2500							88 +87 -29	90 +94 -30	92 +100 -31	95 +107 -32	99 +110 -33	103 +116 -34	109 +120 -36	116 +121 -39	126 +124 -42
2500	3150								109 +110 -36	111 +110 -37	114 +115 -38	118 +120 -39	126 +125 -42	128 +130 -43	135 +135 -45	145 +145 -48

Tab.13 Přídavky na obrábění a mezní úchylky – dutá tělesa.

1.8.7. Hrubovací přídavky

U výrobků tepelně zpracovaných na jakost v hrubovaném stavu se přídavky na průměry d, da a délku l určující na rozměry po hrubování /tj. na rozměry hotově obrobeného výrobku, zvětšené o hrubovací přídavky/.

Určování hrubovacích přídavků

a) U výrobků neosazených se velikost hrubovacích přídavků určuje na rozměry opracovaného dutého tělesa podle vnějšího průměru d a celkové délky výrobku l (tj. délky obrobeného výrobku zvětšené o přídavky na zkoušky a jiné), přičemž velikost hrubovacího přídavku na vnitřní průměr d_a a celkovou délku l je s tímto přídavkem shodná.

b) U výrobků osazených a prosazených se určuje velikost hrubovacího přídavku na rozměry obrobeného dutého tělesa, podle největšího vnějšího průměru d a celkové délky l, přičemž velikost hrubovacího přídavku na vnitřní průměr da a celkovou délku l je s tímto přídavkem shodná.

c/ U výrobků přírubových se určuje velikost hrubovacího přídavku takto:
- na přírubu se určuje hrubovací přídavek podle rozměrů obrobené příruby d_p a celkové délky l
- na zbývající části se určuje hrubovací přídavek podle rozměrů dalšího největšího obrobeného průměru d a celkové délky l, přičemž velikost hrubovacího přídavku na vnitřní průměr d_a a celkovou délku l je s tímto přídavkem shodná.

Velikost hrubovacího přídavku pro dutá tělesa je uvedena v tab. 14.

vnější průměr výrobku d		Délka výrobku l														
		přes do 630	630 800	800 1000	1000 1250	1250 1600	1600 2000	2000 2500	2500 3150	3150 4000	4000 5000	5000 6300	6300 8000	8000 10000	10000 12500	12500 16000
přes	do															
	160															
160	200															
200	250	7														
250	315	9	9													
315	400	10	11	11												
400	500	12	13	13	13	14	14	15								
500	630	15	15	16	16	17	18	19	20	22	24	26	30			
630	800		19	19	20	20	21	22	23	25	27	30	33	37		
800	1000			23	24	24	25	26	27	29	31	34	37	40	40	
1000	1250				28	28	29	30	31	33	35	38	40	40	40	40
1250	1600					35	36	37	38	40	40	40	40	40	40	40

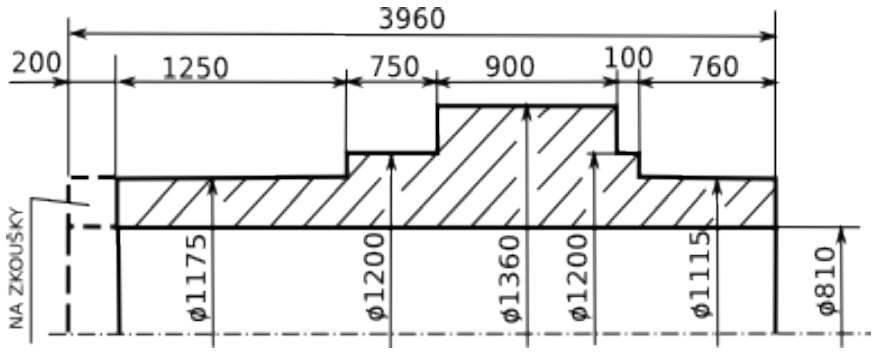
Tab.14 Hrubovací přídavek (p_h , p_{h1}) pro dutá tělesa

Volba trnu pro děrování :

Operaci děrování provádíme trnem podle výšky napěchovaného ingotu nebo špalku (tzv.šířky věnce) – viz tab.11 , při větších průměrech trnem, vyrobeným na míru podle velikosti vnitřního průměru dutého tělesa. Plným trnem děrujeme do průměru 750mm, při větších průměrech je nutno zvolit děrování dutým trnem.

Příklad:

Navrhněte přídavky pro volné kování oboustranně osazeného dutého tělesa, jehož rozměry jsou uvedeny na obr. č.51 Těleso bude tepelně zpracováno na jakost v ohrubovaném stavu.

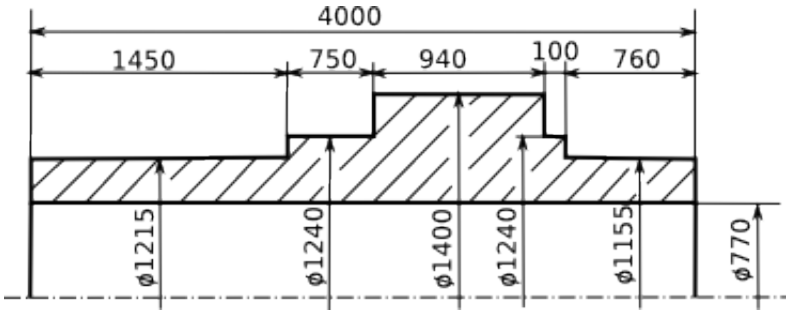


Obr. 51 Náčrtek výrobku

a) Určení hrubovacích přídavků

Na všechny průměry a délku podle průměru 1350 mm a délky 3960 mm (viz kap. 1.8.7.)

$p_h = p_{hl} = 40$ mm (tab.14)



Obr.52 Hrubovací náčrtek

b) Určení přídavků na obrábění a mezních úchylek:

Na všechny průměry podle průměru 1400 mm a délky 4000 mm (viz tab.12)

$p_k = 67^{+73}_{-22}$ (tab.13)

Určení největšího průměru výkovku:

$1400 + 67^{+73}_{-22} = 1467^{+73}_{-22}$, *po zaokrouhlení* 1470^{+70}_{-25}

Tímto způsobem se určí všechny vnější průměry výkovku.

Určení vnitřního průměru výkovku:

$770 - 67^{+22}_{-73} = 703^{+22}_{-73}$, *po zaokrouhlení* 705^{+20}_{-75}

Určení přídavku na délku:
Přídavek na délku 4000 mm se stanoví jako 2 násobek přídavku p_k (určeného podle průměru 1400 mm a délky 4000 mm - viz kap. 1.8.4. a tab. 13) .

$p_{kl} = 2 . p_k = 2 . 67^{+73}_{-22} = 134^{+146}_{-44}$

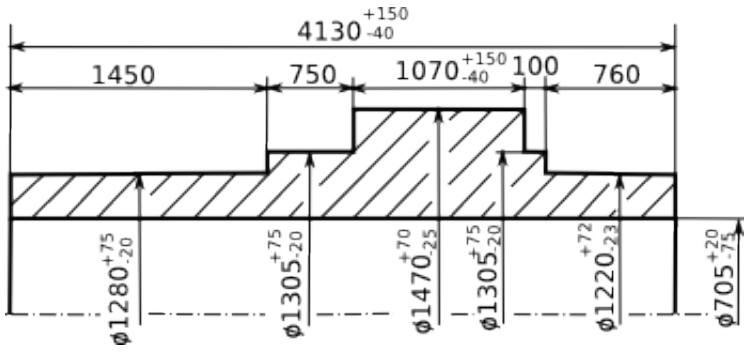
Celková délka výkovku:

$4000 + 134^{+146}_{-44} = 4134^{+146}_{-44}$, po zaokrouhlení 4130^{+150}_{-40}

Délka výstupku s největším průměrem:

$940 + 134^{+146}_{-44} = 1074^{+146}_{-44}$, po zaokrouhlení 1070^{+150}_{-40}

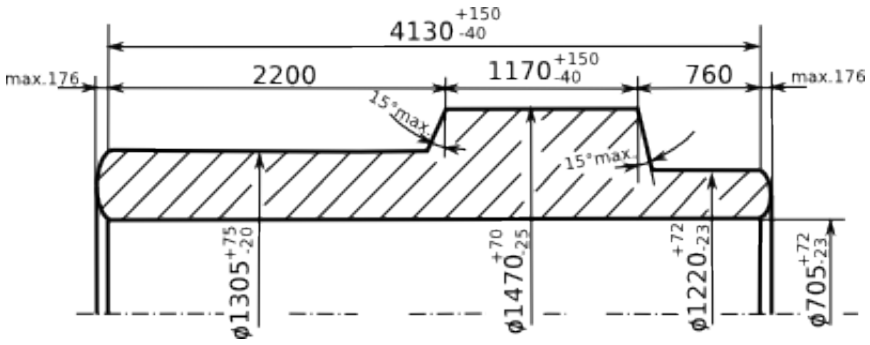
Předběžné rozměry výkovku jsou na obr. 33.



Obr. 33 Předběžný tvar a rozměry výkovku

c) Kontrola tvaru výkovku

- neprovádí se osazení 1305 mm - 1280 mm (neodpovídá vztahu 29 v kapt. 1.8.3)
- neprovádí se osazení 1470 mm – 1305 mm (neodpovídá vztahu 34 v kapitole 1.8.3.)
- nerovnost konců výkovku max. 176 mm (viz kapitola 1.8.3..)
- boční úkosy osazení max. 15° (viz kapitola 1.8.3.)



Obr. 34 Náčrtek výkovku zadaného tělesa

2. Určení hmotnosti výchozího polotovaru, stanovení hmotnosti ingotu

Jako výchozího polotovaru lze u volně kovaných výkovků použít:

- ingoty
- kontinuálně lité špalky
- předvalky (sochory nebo bloky) získané z ingotů válcováním nebo kováním.

Při určování druhu výchozího polotovaru je rozhodující požadovaná hmotnost s ohledem na velikost výkovku. Navíc průřez výchozího polotovaru by měl umožnit dosažení požadovaného stupně prokování Pk.

Stupeň prokování Pk se stanovuje výpočtem z jednotlivých tvářecích operací a udává úroveň protváření struktury výkovku a s tím související požadované vlastnosti výkovku (viz.příloha 1 až 4).

2.1.Vysvětlení základních pojmů

Jmenovitá hmotnost výkovku – hmotnost výkovku vypočítaná z jeho jmenovitých rozměrů

Teoretická hmotnost výkovku – jmenovitá hmotnost výkovku zvětšená o příslušné procento na nerovnosti konců a boční úkosy výkovku. (Zvýšení jmenovité hmotnosti je různé pro jednotlivé druhy výkovku).

Kovaná hmotnost výkovku G_{kov} – je vypočítávána různě podle druhu výkovku.

Stanovení potřebné hmotnosti výkovku G_p

G_p je hmotnost, kterou musíme dát kováři, aby mohl výkovek vykovat. Musí zahrnovat všechny ztráty během výroby. Podle potřebné hmotnosti se stanovuje formát ingotu - samozřejmě při zaručení požadovaného stupně prokování Pk.

$G_p = G_{kov} + G_{opal} + G_{prokroj}$

Ztráta opalem G_{opal}

Záleží na atmosféře v peci – používá se redukční atmosféra s malým přebytkem vzduchu. Ztráta opalem je různá u různých druhů výkovků a pohybuje se od 0,8 do 1,8% .

Ztráta prokrojem $G_{prokroj}$

Hmotnost materiálu ztraceného prokrojem je hmotnost kotouče o průměru krájeného konce nebo špalku a výšky, která se rovná šířce použitého nože:

- šířka použitého nože b = 40mm pro průměry do 600mm

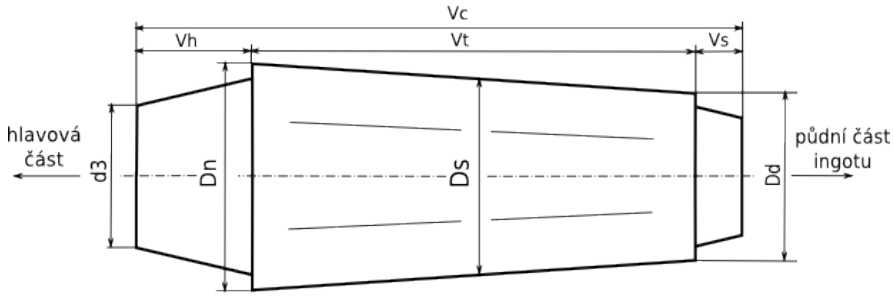
š- ířka použitého nože b = 80mm pro průměry nad 600mm

Stanovení formátu ingotu

Základní tvar kovářských ingotů je uveden na obr. 35 , kde:

Dn, Dd, Ds..... průměry vepsaných kružnic osmihranu (příp. 12 - 16-ti hranu)

Ds ….aritmetický průměr hodnot Dn a Dd .



Obr. 35 Tvar kovářských ingotů

Výrobce ingotů určuje směrné využití ingotů a minimální metalurgické odpady. Technolog v kovárně dle vypočítané potřebné hmotnosti najde ingot s nejbližším vyšším směrným využitím těla při dodržení všech zásad a podmínek podle tab.15 .

FORMÁT INGOTU	HMOTNOST [kg]					Střední průměr ingotu Ø Ds	Kuželový cagl pro pěchování	Rozměry po napěchování [mm]		Typ spodku *lité spodem
	celková (vložená)	těla	maximálně využitelná	půdního odpadu z těla				o 1/2 (Ø x H)	o 2/3 (Ø x H)	
				kg	%					
1,2	1 240	1010	930	60	5	383	402 364	Ø565 x 515	Ø690 x 345	A *
2,2	2 180	1750	1610	110	5	475	526 424	Ø710 x 560	Ø830x415	B *
2,7	2 700	2210	2030	130	5	515	568 462	Ø770 x 600	Ø 890 x 460	B *
3,4	3 380	2750	2530	160	5	561	617 505	Ø840 x 630	Ø960 x 483	B *
3,7	3 700	3100	2850	180	5	563	619 506	Ø840 x 705	Ø 960 x 483	B *
4,7	4 740	3870	3570	230	5	621	680 562	Ø930 x 730	Ø1080 x 540	B *
4,7	4 860	3870	3570	230	5	621	680 562	Ø930 x 730	Ø1080 x 540	C
5,7	5 650	4640	4270	290	5	670	732 609	Ø1000 x 755	Ø1150 x 580	B *
5,7	5 770	4640	4270	280	5	670	732 609	Ø1000 x 755	Ø1150 x 580	C
6,5	6 370	5150	4740	315	5	705	771 638	Ø1050 x 765	Ø1190 x 600	D *
6,5	6 400	5150	4740	315	5	705	771 638	Ø1050 x 765	Ø1190 x 600	C
8	7 580	6320	5750	380	5	707	786 628	Ø1070 x 905	Ø1270 x 640	D *
8	7610	6320	5750	380	5	707	786 628	Ø1070 x 905	Ø 1270 x 640	C
10	10 550	8440	7825	425	4	776	864 687	Ø1160 x 010	Ø 1390 x 700	M *
10	10 310	8440	7685	565	5	776	864 687	Ø1160 x1010	Ø1390 x 700	C
13	13 510	10 770	10 000	595	4	914	988 841	Ø1370 x 930	Ø1520 x 755	M *
13	13 720	10 770	10000	595	4	914	988 841	Ø1370 x 930	Ø 1520 x 755	E
16	15 800	12 520	11 520	800	5	984	1060 908	Ø1475 x 935	Ø 1600 x 795	M *
16	16 010	12 520	11 520	800	5	984	1060 908	Ø1475 x 935	Ø 1600 x 795	E
20	19 550	15 500	14 260	1020	5	1040	1119 962	Ø1540 x 1035	Ø1750 x 870	M *
20	20 040	15 500	14 260	1 020	5	1040	1119 962	Ø1540 x 1035	Ø1750 x 870	F
22	21 650	17 730	16 130	1 290	6	1 084	1165 1004	Ø1620 x 1090	Ø1795 x 900	M *
22	22 140	17 730	16 130	1 290	6	1 084	1165 1004	Ø1620 x 1090	Ø1795 x 900	F
23	23 380	18 040	16 415	1 365	6	1 315	1394 1237	Ø1900 x 810	Ø2045 x 700	G
25	26 300	20 670	18 600	1 840	7	1 179	1277 1080	Ø1770 x 1080	Ø1890 x 940	N *
25	26 020	20 670	18 600	1 840	7	1 179	1277 1080	Ø1770 x 1080	Ø1890 x 940	O *
25	26 600	20 670	18 600	1 840	7	1 179	1277 1080	Ø1770 x 1080	Ø1890 x 940	F
30	29 740	24 330	21 900	2 080	7	1 228	1331 1124	Ø1820 x 1180	Ø1990 x 990	N *
30	29 460	24 330	21 900	2 080	7	1 228	1331 1124	Ø1820 x 1180	Ø1990 x 990	O *
30	30 360	24 330	21 900	2 080	7	1 228	1331 1124	Ø1820 x 1180	Ø1990 x 990	G
35	34 060	25 960	23 360	2 210	7	1262	1355 1169	Ø1890 x 1180	Ø2030 x 1020	N *
35	33 780	25 960	23 360	2210	7	1262	1355 1169	Ø1890 x 1180	Ø2030 x 1020	O *
35	35 040	26 960	23 360	2 210	6	1 262	1355 1169	Ø1890 x 1180	Ø2030 x 1020	H
40	41 750	32 060	27 890	3670	9	1 402	1493 1311	Ø2100 x 1180	Ø2180 x 1090	N *
40	41 470	30 060	27 890	3 670	9	1 402	1493 1311	Ø2100 x 1180	Ø2180 x 1090	O *
40	42 720	32 060	27 890	3 670	9	1 402	1493 1311	Ø2100 x 1180	Ø2180 x 1090	H
45	47 850	37 510	32 630	4 350	9	1 458	1542 1375	Ø2180 x 1275	Ø2300 x 1150	H
55	57 930	43 220	37 600	4 570	8	1 515	1625 1404	Ø2260 x 1375	Ø2400 x 1210	I
55N	58 010	43 200	38 450	3 750	6	1 783	1905 1660	Ø2525 x 1100	----------	I
70	70 790	53 400	46 500	4 860	7	1 679	1787 1571	Ø2400 x 1520	Ø2600 x 1280	I
85	86 900	68 710	59 770	6 450	7	1 836	1944 1728	Ø2680 x 1470	Ø2760 x 1380	J
85N	86 540	67 440	60 000	4 310	5	2 102	2240 1964	Ø3150 x 1100	----------	J
95	100 900	78 270	66 530	6 940	7	1 932	2038 1826	Ø2860 x 1520	Ø2920 x 1460	J
110	112 380	86 700	73700	8 450	8	1 988	2101 1876	Ø3005 x 1595	----------	J
140	142 600	108 200	93 000	8 350	6	2 244	2357 2131	Ø3310 x 1570	----------	K
170	170 900	127 610	104 600	14 320	8	2 499	2602 2395	Ø3615 x 1585	----------	L

Tab.15 Velikost kovářských ingotů

2.2. Výpočet potřebné hmotnosti podélných výkovků
(příklad technologického postupu – viz. příloha č.2 a č.4)

Potřebná hmotnost G je stanovena jako součet položek G_1) až G_4) :

G_1)
Hmotnost výkovku vypočtená z horních mezních rozměrů výkovku na kovacím náčrtku – horní mezní úchylka snížena na čtvrtinu.

G_2)
Hmotnost přechodů mezi průřezy osazovaných výkovků stanovená jako procentní část kované hmotnosti.
Pokud je výkovek osazený, určíme procentuální přídavek na přechody mezi průřezy podle vztahu
$d_1/d_2 \leq 1,6$ => + 3% z G_1)
$d_1/d_2 > 1,6$ => + 4% z G_1)
Pokud není výkovek osazen, potom hmotnost přechodů = 0 .

G_3)
Hmotnost materiálu ztraceného opalem při ohřevu v peci je průměrná hodnota uvedená v tab. 16 pro vybrané typy výkovků a jejich hmotnostní skupiny.

hmotnost [kg]	do 3000	5000	8000	10000	25000	přes 25000
nápravy	1,6%					
zal. hřídele	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	
rotory turb. běhouny	1,2	1,1	1,05	0,95	0,9	0,8
válce (Cr)	1,1	1,05	0,95	0,9	0,75	0,6
dlouhé výk. kruhy	1,65	1,6	1,4	1,2	1,1	1,05

Tab.16 Ztráty opalem na 1 ohřev

G_4)
Hmotnost materiálu ztraceného prokrojem je hmostnost kotouče o průměru krájeného konce a výšky, která se rovná šířce použitého nože.

Potřebná hmotnost G:

$G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4$

Součet potřebných hmotností výkovků v ingotu nemá překročit směrné využití ingotu dle tab. 15.

U všech druhů materiálů lze spojovat i různé druhy výkovků do velikosti ingotu J 45. Spojování výkovků do ingotů větších je možné po dohodě s metalurgií. Tyto zásady neplatí pro výkovky rotorů, turbínových běhounů, zalomených hřídelí, a tam, kde je to předem určeno metalurgem .

Určení vložené hmotnosti pro výkovek

a)
pro ingot, využitý na určitý počet stejných výkovků, se vložená hmotnost rovná celkové hmotnosti ingotu, dělené počtem kusů z ingotu:
vlož. hmotnost výkovku = hmotnost ingotu / počet kusů

b)
pro ingot, využitý na určitý počet různých výkovků, je vložená hmotnost výkovku dána vztahem:
vlož. hmotnost výkovku = hmotnost ingotu / součet kovaných hmotností · kovaná hmotnost výkovku

c)
v případě nevyužitého ingotu je vložená hmotnost určena vynásobením kované hmotnosti příslušným koeficientem K podle tab.17

Ingot [t]	1,2-3,7	4,7-8	10-16	20-30	35-55	70-95	110-195
K	1,5	1,55	1,6	1,65	1,7	1,8	1,9

Tab.17 Koeficient pro výpočet vložené hmotnosti výkovku u nevyužitého ingotu

Výpočet minimálního stupně prokování P_K

Fo … střední průřez ingotu
Fk … průřez výkovku
Fp … průřez napěchovaného ingotu

a) výkovky z nepěchovaných ingotů **$Pk = Fo/Fk \geq 3$**

b) výkovky z pěchovaných ingotů **Pk = Fp/Fk ≥ 3,1**

Max.stupeň prokování v nejslabším kovaném průřezu je 25.

V případě dvojího pěchování se poměry napěchovaného průřezu a průřezu po prodlužování mezi sebou násobí.

2.3.Výpočet potřebné hmotnosti kotoučů a kruhových desek
(příklad technologického postupu – viz. příloha č.1)

Potřebná hmotnost G je stanovena jako součet položek **G_1** až **G_5 .**

G_1)
Hmotnost stanovená z čistých rozměrů, zvětšených o kovářský přídavek dle ČSN 429012 (jmenovitá hmotnost), povýšena v závislosti na poměru H/D o procentní přirážku dle tabulky 18 (kovaná hmotnost):

H/D		přirážka %	poznámka
přes	do		
	0,10	8	neokované
0,10	0,15	10	neokované
0,15	0,20	13	neokované
0,20	0,25	16	neokované
0,25		6	okované

H – výška kotouče nebo desky
D – vnější průměr kotouče nebo desky

Tab. 18 Procentní přirážka pro stanovení hmotnosti G_1 kotoučů a kruhových desek

G_2)
Hmotnost ztráty vyděrováním je hmotnost kotouče o průměru děrovacího trnu a 1/3 výšky napěchovaného kotouče.

G_3)
Hmotnost materiálu, ztraceného opalem – tab.19:

kovaná hmotnost	do3000kg	5000	8000	10000	25000	přes 25000
% opalu	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0

Tab.19 Ztráty opalem při kování kotoučů a kruhových desek

Součet $G_1 + G_2 + G_3 = G_Š$ **- špalková hmotnost**

G_4)
Hmotnost materiálu ztraceného prokrojem je hmotnost kotouče o průměru špalku a výšce, která se rovná šířce použitého nože v počtu (n -1), kde n je počet špalků v ingotu.

G_5)
ztráta opalem ingotu v žárech (ohřevech) před krájením špalku (1%)

Potřebná hmostnost $G = (G_1 + G_2 + G_3) \cdot n + G_4 \cdot (n-1) + G_5$
nemá překročit povolené využití ingotu

Určení vložené hmotnosti pro výkovek

a) pro ingot, využitý na určitý počet stejných výkovků – je to hmotnost ingotu dělená počtem kusů z ingotu:
vlož. hmotnost výkovku = hmotnost ingotu / počet kusů

b) pro ingot, využitý na určitý počet různých výkovků, je vložená hmotnost dána vztahem :
vlož. hmotnost výkovku = hmotnost ingotu / součet hmotností špalků ▪ hmotnost špalku

c) v případě nevyužitého ingotu je vložená hmotnost určena vynásobením hmotnosti špalku příslušným koeficientem K podle tab.20:

Ingot [t]	1,2-3,7	4,7-8	10-16	20-30	30-55	70-95	110-195
K	1,45	1,5	1,55	1,6	1,65	1,75	1,85

Tab.20 Koeficient pro výpočet vložené hmotnosti výkovku u nevyužitého ingotu

Výpočet stupně prokování kotoučů a kruhových desek

H ... kovaná výška kotouče (kruh.desky)
D … kovaný průměr kotouče (kruh.desky)
Fš … průřez špalku
Fk … průřez kotouče (kruh.desky)
Fo … střední průřez ingotu
Fp … průřez napěchovaného ingotu

a) <u>Je-li H/D ≥ 0,4 :</u>

Pk = Fo/Fš · Fk/Fš ≥ 4

při splnění podmínky Fo/Fš≥2,5 pro max. I25 (ingot 25t)
Fo/Fš≥3 pro ingoty nad 25t

b) <u>Je-li H/D < 0,4 :</u>

Pk = Fo/Fš · Fk/Fš ≥ 4,5

při splnění podmínky Fk/Fš ≥ 3

U pěchovaných ingotů se místo Fo dosadí Fp.

<u>V případě dvojího pěchování se poměry napěchovaného průřezu a průřezu před pěchováním mezi sebou násobí.</u>

2.4. Výpočet potřebné hmotnosti kruhů
(příklad technologického postupu – viz.příloha č.3)

Potřebná hmotnost G je stanovena jako součet položek **G_1** až **G_5 :**

G_1)
Hmotnost výkovku vypočtená z čistých rozměrů zvětšených o kovářský přídavek dle přiložené tabulky (jmenovitá hmotnost) a povýšena o 5% na nerovnosti (kovaná hmotnost)

G_2)
Hmotnost materiálu ztraceného vyděrováním – kotouče o průměru děrovacího trnu a třetině výšky napěchovaného špalku.

G_3)
Hmotnost materiálu ztraceného opalem podle tab. 21:

Kov. hmotnost	do 3000	5000	8000	10000	25000	Přes 25000
% opalu	1,66	1,6	1,4	1,2	1,1	1,05

Tab.21 Ztráty opalem při kování kotoučů a kruhových desek

Součet $G_1 + G_2 + G_3 = G_Š$ **- špalková hmotnost**

G_4)
hmotnost materiálu ztraceného prokrojem je hmotnost kotouče o průměru špalku a výšce, která se rovná šířce použitého nože v počtu (n-1), kde <u>n</u> je počet špalků v ingotu

G_5)
ztráta opalem ingotu v žárech (ohřevech) před krájením špalku : ~1%

Potřebná hmostnost $G = (G_1 + G_2 + G_3) \cdot n + G_4 \cdot (n-1) + G_5$

<u>Určení vložené hmotnosti pro výkovek</u>

a) pro ingot využitý na určitý počet stejných výkovků – je to hmotnost ingotu dělená počtem kusů z ingotu

vlož. hmotnost výkovku = hmotnost ingotu / počet kusů

b) pro ingot využitý na určitý počet různých výkovků je vložená hmotnost dána vztahem :

vlož. hmotnost výkovku = hmotnost ingotu / součet hmotností špalků · hmotnost špalku

c) v případě nevyužitého ingotu je vložená hmotnost určena vynásobením hmotnosti špalku příslušným koeficientem K – tab.22:

Ingot [t]	1,2-3,7	4,7-8	10-16	20-30	30-55	70-95	110-195
K	1,45	1,5	1,55	1,6	1,65	1,75	1,85

Tab.22 Koeficient pro výpočet vložené hmotnosti výkovku u nevyužitého ingotu

Výpočet stupně prokování Pk

Fo … střední průřez ingotu
Fš … průřez špalku
Fnš … průřez napěch.špalku
Sp … tloušťka stěny předkovku
S … tloušťka stěny výkovku

$Pk = Fo/Fš \cdot Fnš/Fš \cdot Sp/S \geq 5$

při splnění podmínky $Fo/Fš * Sp/S \geq 2,5$

U pěchovaných ingotů se místo Fo dosadí Fp

2.5.Výpočet potřebné hmotnosti dutých těles

Potřebná hmotnost G je stanovena jako součet položek G_1) až G_4) :

G_1)
Hmotnost stanovená z čistých rozměrů zvětšených o kovářský přídavek dle tabulky a hrubovací přídavek dle ŠN 014974 (jmenovitá hmotnost) povýšená v závislosti na poměru L/D (kovaná hmotnost):

pro neosazené $L/D \leq 1,5$ ….. +8%
pro neosazené $L/D > 1,5$ ….. +9%
pro osazené $L/D > 1,5$ …+10%

L ... délka výkovku
D … vnější průměr výkovku

Vnitřní průměr je stanoven v závisloti na průměru prodlužovacího trnu.

G_2)
Hmotnost materiálu ztraceného vyděrováním je hmotnost kotouče o průměru děrovacího trnu a 1/3 výšky napěchovaného špalku.

G_3)
Hmotnost materiálu ztraceného opalem – tab.23:

Kov. hmotnost [kg]	do 3000	5000	8000	10000	25000	Přes 25000
% opalu	1,65	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4

Tab.23 Ztráty opalem při dutého tělesa

G_4)
Přídavek na délku na zarovnání konců (pálení nebo zakrojení)
$G_1 + G_2 + G_3 + G_4 = Gš$ .....hmotnost špalku

G_5)
Ztráta opalem ingotu v žárech před krájením špalku (1%)

Potřebná hmostnost $G=Gš + G_5$ nemá překročit dovolené využití ingotu.

Určení vložené hmotnosti pro výkovek

Obvykle se volí ingot pro jeden výkovek s využitelností nejblíže vyšší než je vypočtená potřebná hmotnost. V případě nevyužitého ingotu je vložená hmotnost určena vynásobením hmotnosti špalku příslušným koeficientem K – viz tab.24

Ingot [t]	1,2-3,7	4,7-8	10-16	20-30	30-55	70-95	110-195

K	1,45	1,5	1,55	1,6	1,65	1,75	1,85

Tab.24 Koeficient pro výpočet vložené hmotnosti výkovku u nevyužitého ingotu

Výpočet stupně prokování dutých těles

Fo … střední průřez ingotu
Fš … průřez špalku
Fnš … průřez napěch. špalku
Sp … tloušťka stěny předkovku
S … tloušťka stěny výkovku

$Pk = Fo/Fš \cdot Fnš/Fš \cdot Sp/S \geq 5$

U pěchovaných ingotů se místo Fo dosadí Fp

2.5. Součinitel využití ingotu

Využití ingoru vypočítáme z podílu potřebné hmotnosti výkovku G a celkové hmotnosti ingotu Gi podle vztahu :

$\eta_i = G/Gi$

3. Výpočet maximální kovací síly.

Nejnáročnější operaci z hlediska síly, potřebné pro její provedení, je operace pěchování. Při navrhování technologického postupu je nutno zvolit kovací stroj (buchar, lis), který je dostatečně dimenzován tak, aby bylo možno napěchování provést. Pro orientační výpočet maximální kovací síly je možno využít tzv. Siebelova vztahu ve tvaru:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p \cdot \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{d}{h}\right)$$

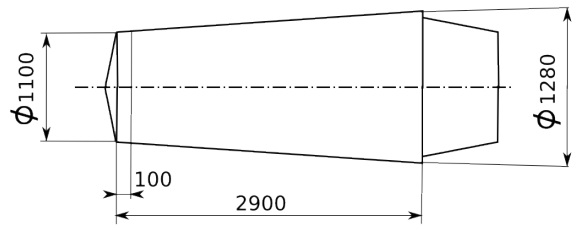
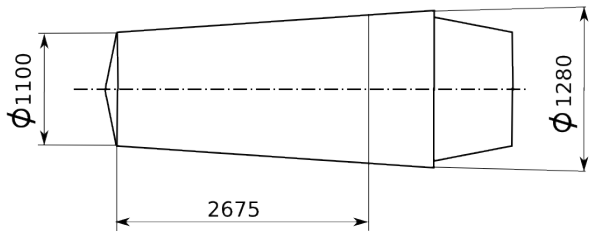
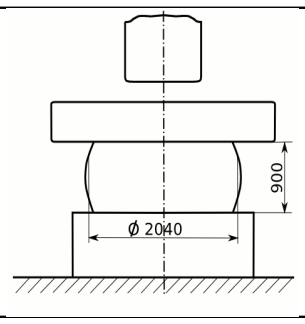
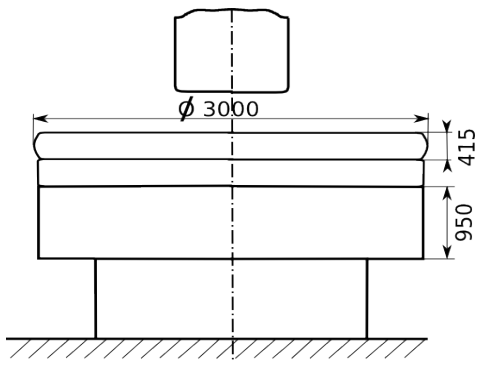
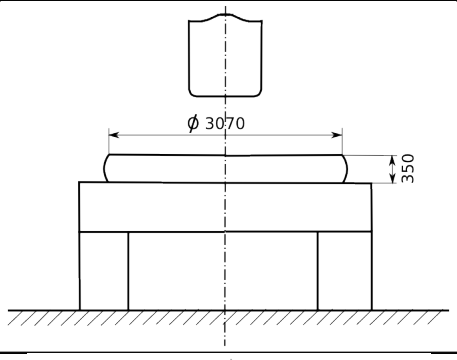
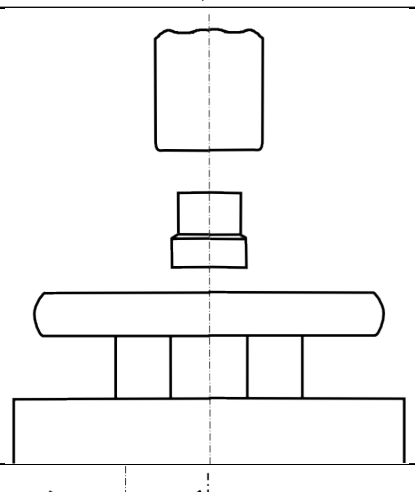
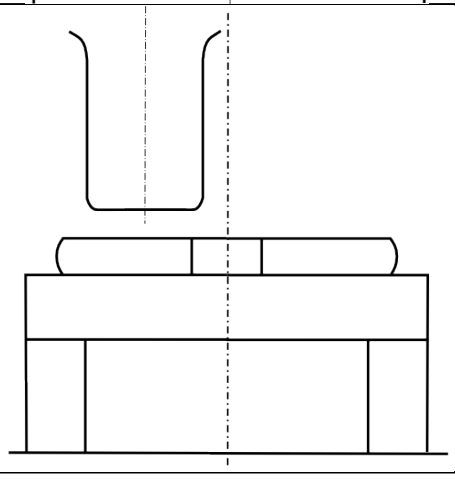
kde d je průměr napěchovaného ingotu nebo špalku, h odpovídající výška, μ je součinitel tření, který se v případě tváření za tepla bez použití mazání pohybuje v rozmezí cca 0,3 až 0,5. Symbolem p je značen tzv. přirozený deformační odpor (přetvárná pevnost). V praxi je pozorováno, že tento přirozený deformační odpor při pěchování klesá s velikostí ingotu (tab. 25).

Hmotnost pěchovaného špalku (ingotu) [t]		Přetvárná pevnost [MPa]
nad	do	
	20	70
20	30	60
30	40	50
40	50	40
50	60	30
60	80	20
80		10

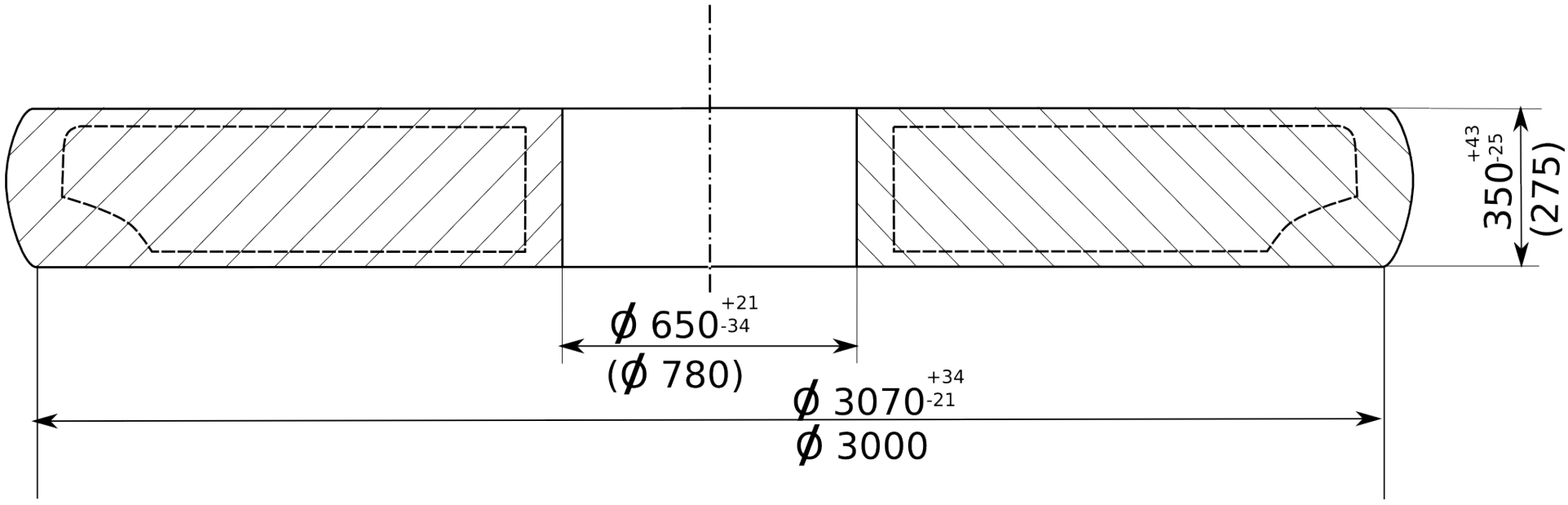
Tab.25 Přetvárná pevnost (deformační odpor) při pěchování ingotů a špalků

Příloha č.1

1.Technologický postup kování děrované kruhové desky

Číslo operace	Kovací teploty [°C]	Popis operace	Náčrt	Kovací nářadí	Pozn.
1	1200 až 800	Ingot I35 překovat úběry max. 70mm pro rozrušení licí struktury na osmihrar.cagl, zkulatit na kuželový cagl o průměru u půdy 1100mm, u hlavy 1280mm. Značkovacím prutem vyznačit od půdy 100mm – půdní odpad z těla ingotu.		Kovadlo horní rovné š=1000mm Kovadlo spodní rovné š=1000mm Kovadlo spodní úhlové š=1000mm značkovací prut	
2		Z caglu upálit kuželový špalek o délce 2675mm. Půdní a hlavový odpad označit číslem odpadu. Špalek založit do kovářské pece při teplotě min.500°C			min. tepl. 600° C
3	1220 až 800	Kuželový špalek postavit na spodní stůl hlavovou částí ingotu a napěchovat na výšku 900mm, založit na kovářskou pec		Kovadlo horní rovné š=1000mm Horní pěchovací deska průměr Φ= 3000mm Spodní stůl 2400 x 2400mm	Ohřev po 3.operaci 1220°C – výdrž 12 hod.
4	1200 až 800	a) Radiálně rozkovat na otočném stole na průměr 3000 x415mm.		Kovadlo horní rovné š=1000mm, 3700mm dlouhé Otočný stůl prům. Φ =3000mm Rozpěrné těleso 950mm vysoké Spodní stůl 2400 x 2400mm	
		b) Na spodním stole o průměru 3700mm rozkovat příčně na kovanou výšku 350mm. Založit do kovářské pece.		Spodní deska prům. Φ =3700 x výška 600mm	Ohřev po 4.operaci 1200° C – výdrž 7 hod.
5	900 až 800	Děrovat trnem prům.650mm při teplotě 900° C. Spodní děrovanou plochu dle potřeby opálit.		Kovadlo horní rovné š=1000mm Děrovací trn prům. Φ =650mm Děrovací matrice Spodní deska prům. Φ =3700mm Rozpěrné těleso 950mm vysoké	Ohřev po 5.operaci 900° C – výdrž 3 hodiny
6	1050 až 800	Srovnat kovadlem na spodním stole prům.3700mm na konečnou výšku 350mm. Výkovek označit číslem tavby, založit do žíhací pece		Kovadlo horní rovné š=1000mm Spodní deska prům. Φ =3700 x výška 600mm Rozpěrné těleso 950mm vysoké	Ohřev po 6.operaci 1050° C – výdrž 3 hodiny

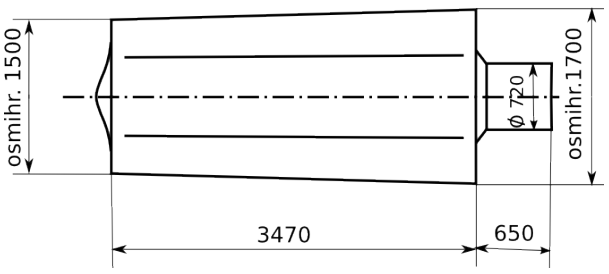
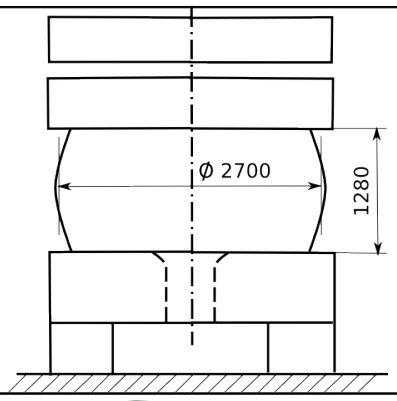
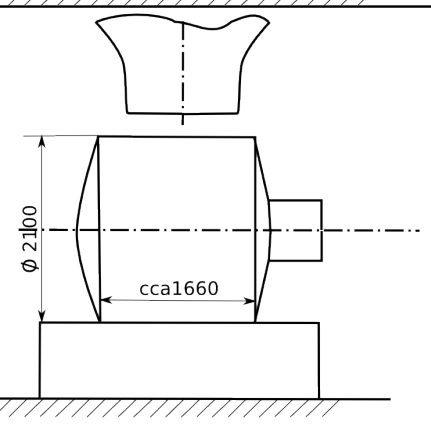
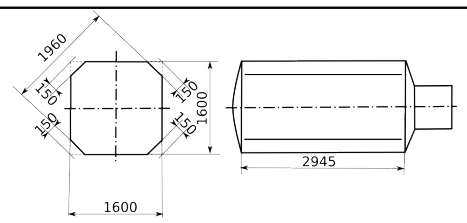
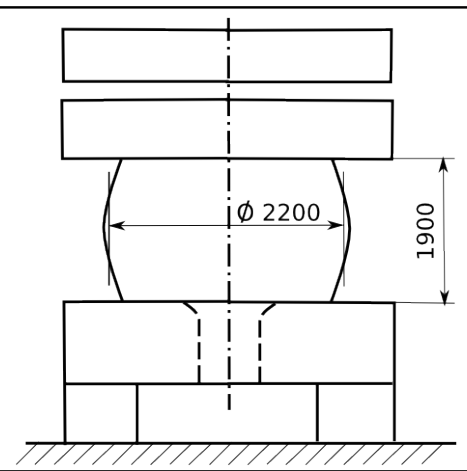
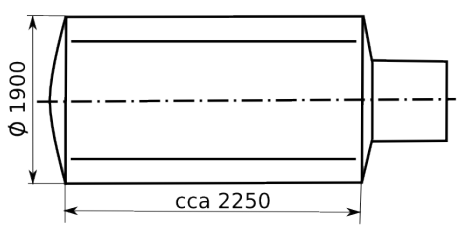
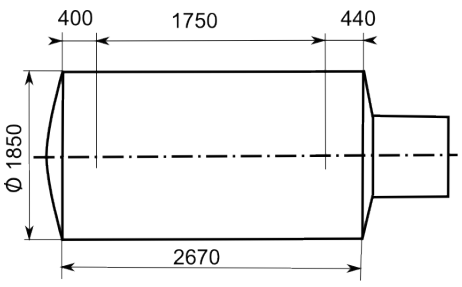
Výkres výkovku

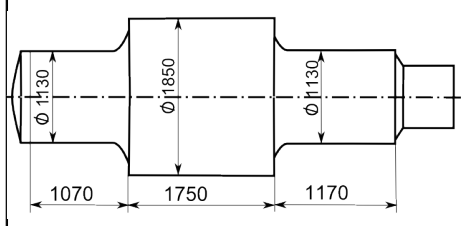
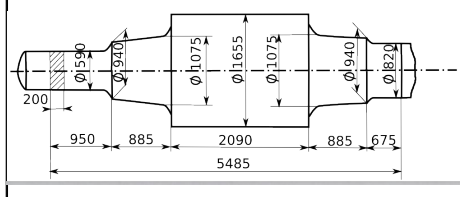
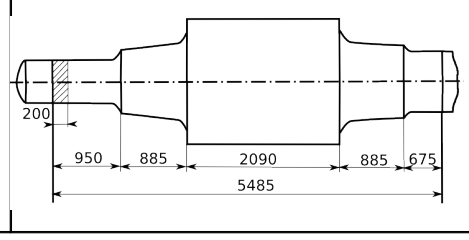


Kuželový špalek Φ 1280/ Φ 1100 x 2675mm = 23360kg kovaná hmotnost 21500kg
Děrovat trnem Φ 650mm
Výděrek Φ 650x350mm = 910kg

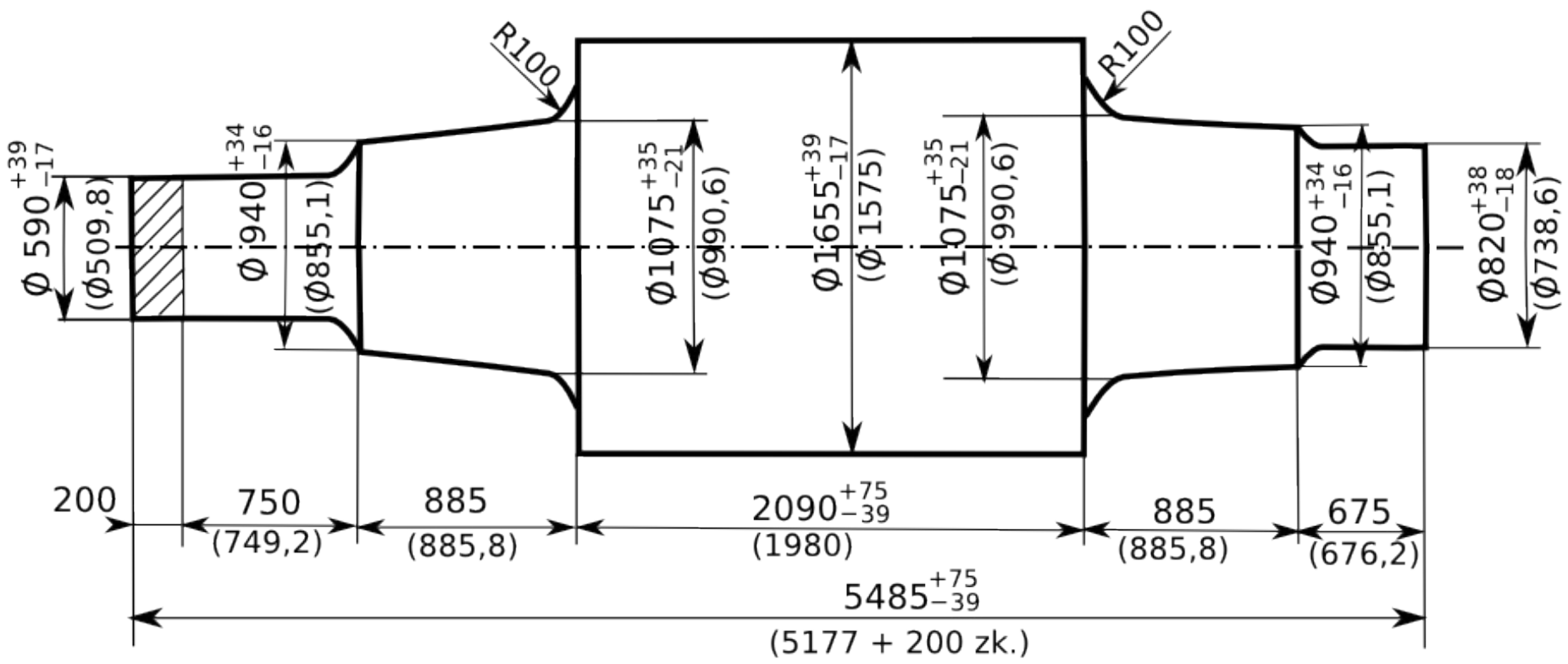
Příloha č.2

Technologický postup kování podélného výkovku (hřídele a)

Číslo operace	Kovací teploty °C	Popis operace	Náčrt	Kovací nářadí	Pozn.
1	1150-850	Ingot I70 překovat úběry max.70mm pro rozrušení licí struktury na osmihranný cagl, u půdy osmihran1500mm, u hlavy 1700mm. Z hlavy ingotu vykovat čep do pěchovací matrice o rozměrech Φ720x650mm, zbytek hlavy ukrojit. Odpad označit číslem odpadu. Ingot založit do kovářské pece.		kovadlo horní rovné kovadlo spodní rovné kovadlo spodní úhlové š=1000mm Krájecí nůž	
2a	1180-850	Ingot napěchovat na výšku 1280mm		Pěchovací matrice horní a spodní prům.=3000mm Deska spodní prům.=3000mm	
2b		Překovat na čtyřhran 2100mm. Pak založit do kovářské pece.			Ohřev po 2.operaci 1180° C – výdrž 17 hodin
3	1150-850	Překovat na čtyřhran 1600mm, srazit hrany 150mm.Založit do kovářské pece.		Kovadlo horní rovné Kovadlo spodní rovné š=1000mm	Ohřev po 3.operaci 1150° C – výdrž 21 hodin
4a	1180 - 850	Napěchovat na výšku 1900mm		Deska horní prům.=3000mm Pěchovací matrice horní a spodní prům.=3000mm Rozpěrný stůl 950mmvysoký	
4b		Překovat na kvadrát 1900mm. Založit do kovářské pece		Kovadlo horní rovné Kovadlo spodní rovné	Ohřev po 4.operaci 1180° C – výdrž 17 hodin
5a	1150-850	Překovat na osmihran 1850mm a zkulatit na průměr 1850mm,		Kovadlo horní rovné š=1000mm Kovadlo spodní rovné š=100mm	

Číslo operace	Kovací teploty °C	Popis operace	Náčrt	Kovací nářadí	Pozn.
5b		Naznačit zabírací míry a vykovat předkovek. Založit do kovářské pece.		Značkovací tyč prům.16mm	Ohřev po 5 operaci 1150° C – výdrž 19 hodin
6	1150 - 850	Vykovat na konečné rozměry dle výkresu výkovku		Kovadlo horní rovné Kovadlo spodní úhlové š=1000mm	Ohřev po 6.operaci 1150° C – výdrž 18 hodin
7		Upálit konce na konečnou délku dle výkresu výkovku. Odpad označit číslem odpadu. Výkovek označit číslem tavby a založit do žíhací pece při teplotě min.500° C		Pálicí stroj	min.600° C

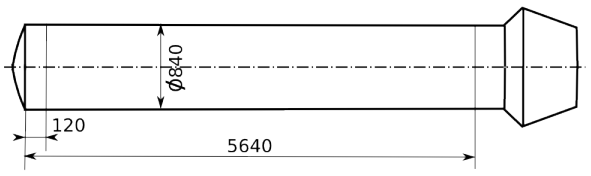
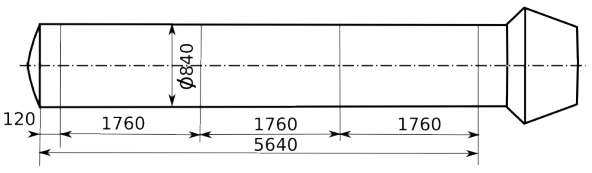
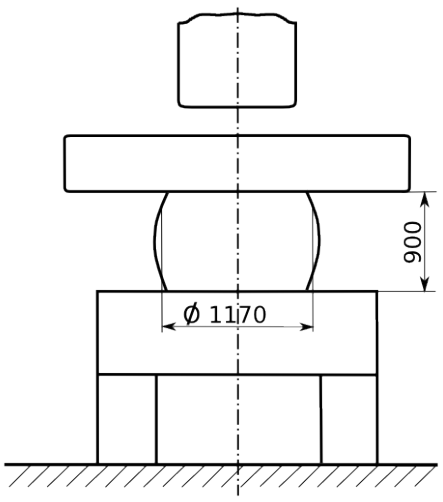
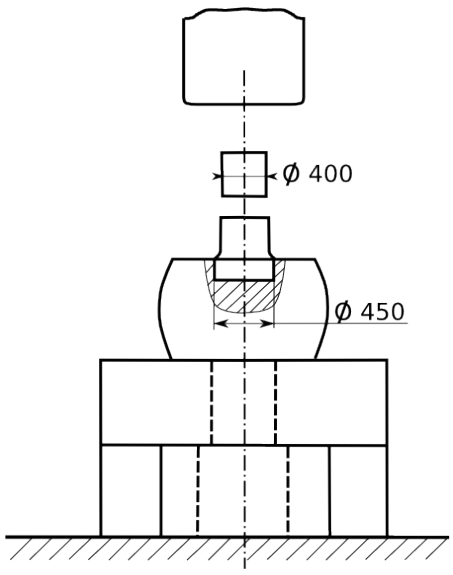
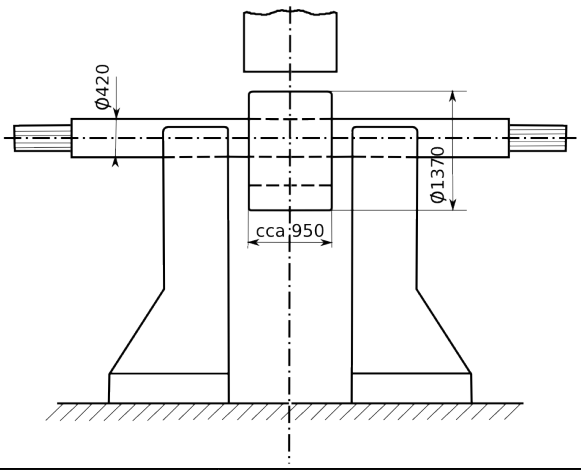
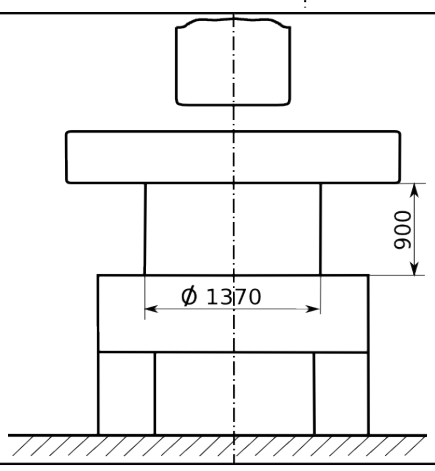
Výkres výkovku



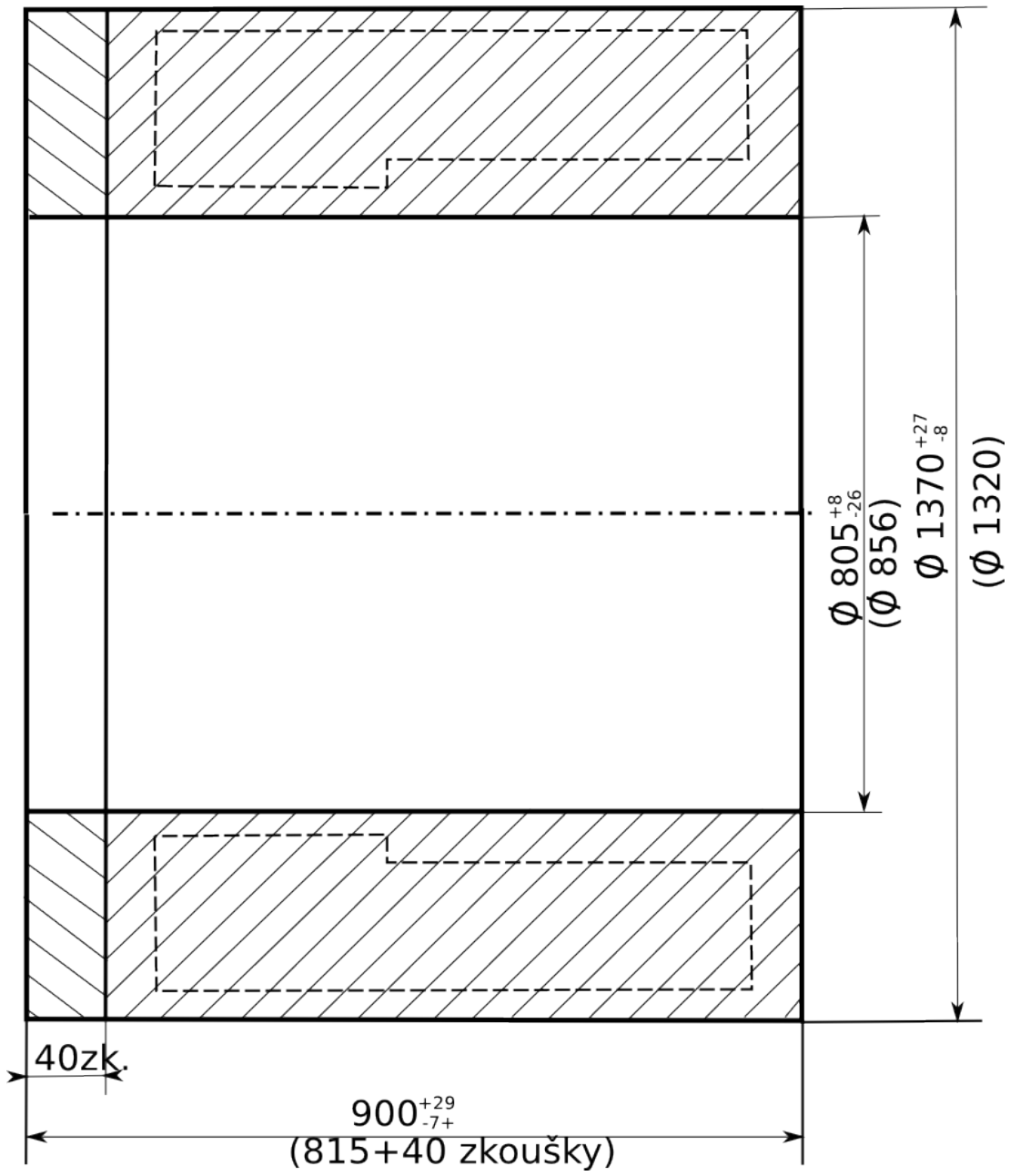
kovaná hmotnost 54 000kg

Příloha č.3

3.Technologický postup kování kroužku

Číslo operace	Kovací teploty °C	Popis operace	Náčrt	Kovací nářadí	Pozn.
1	1200 - 800	Ingot I30 překovat úběry max.70mm pro rozrušení licí struktury, potom překovat úběry až 150mm na kruhový cagl o průměru 840mm. Značkovacím prutem vyznačit od půdy 120mm – půdní odpad z těla ingotu.		Kovadlo horní rovné š=1000mm Kovadlo spodní rovné š = 1000mm Kovadlo spodní úhlové š=1000mm Značkovací prut (Φ 16mm)	
2		Cagl rozpálit na 3 kusy špalků o rozměrech Φ 840x1760mm, Špalky označit směrem od půdy k hlavě pořadovým číslem 1 až 3. Půdní a hlavový odpad označit číslem odpadu. Špalky založit do kovářské pece při tepl.min 500° C		Pálicí stroj	Min.teplota 600° C
3a	1200 až 800	Špalek o Φ 840 x 1760mm napěchovat na výšku 900mm		Kovadlo horní rovné š=1000mm Horní pěchovací deska Φ 3000mm Spodní stůl 2400 x 24000 x 800 mm	
3b		Vyděrovat trnem Φ 450mm. Výděrek Φ450 x 200mm 250kg označit číslem odpadu. Spodní děrovanou plochu dle potřeby opálit, založit do kovářské pece.		Děrovací trn Φ 450mm **Nástavec Φ 400mm** Děrovací matrice Φ450mm Rozpěrné těleso 950mm vysoké	1200° C-výdrž 7.hodin
4	1150 až 800	Nakovat na nakovávacím trnu Φ420mm na vnější průměr 1370mm a vnitřní průměr 805mm		Kovadlo horní rovné š=1000mm Nakovávací trn Φ420 mm Podpěry na trny	Ohřev po 4. operaci 1150° C – výdrž 4.hod
5	1050 až 800	Srovnat na výšku 900mm Výkovek označit číslem tavby. Vychlazení výkovku na klidném vzduchu		Kovadlo horní rovné š=1000mm Horní pěchoací deska Φ3000mm spodní stůl 2400x2400x800mm Rozpěrné těleso 950mm vysoké	Ohřev po 5.operaci 1050°C – výdrž 2 hod.

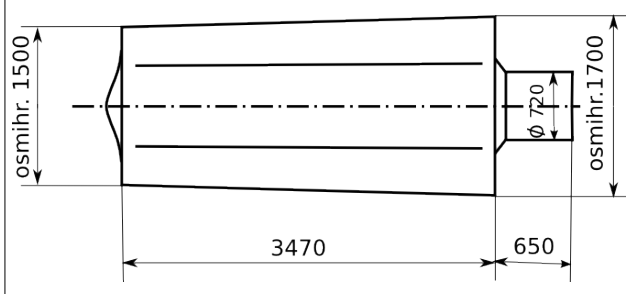
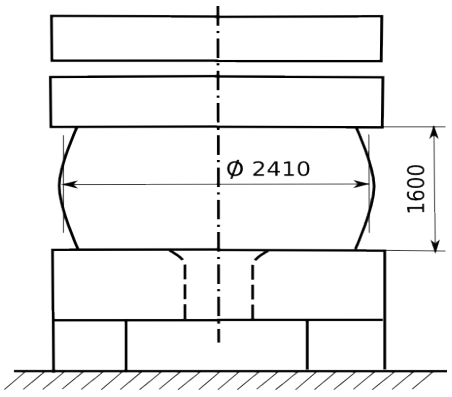
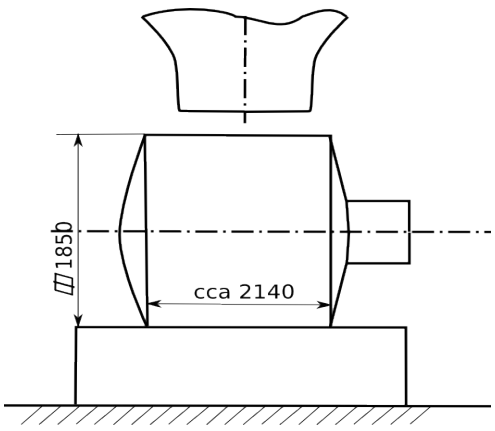
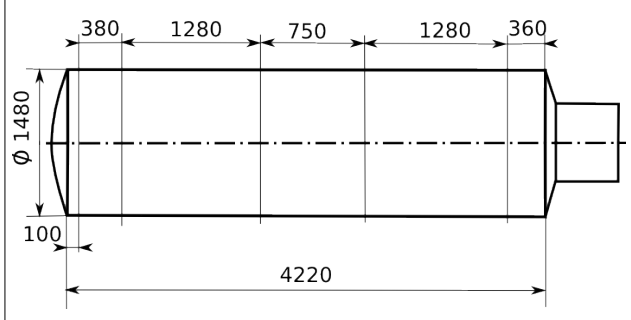
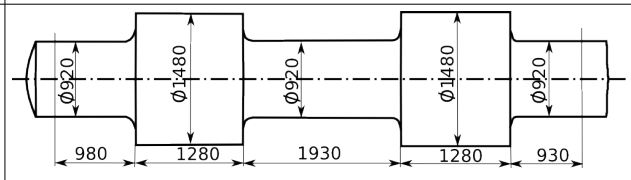
Výkres výkovku

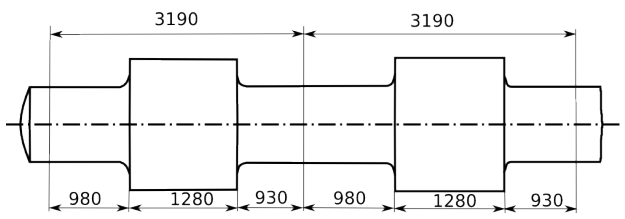
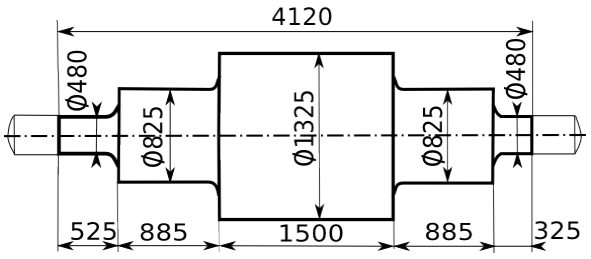
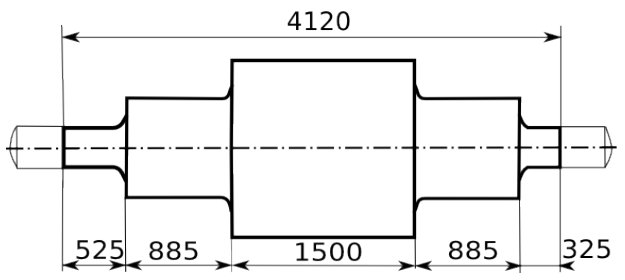


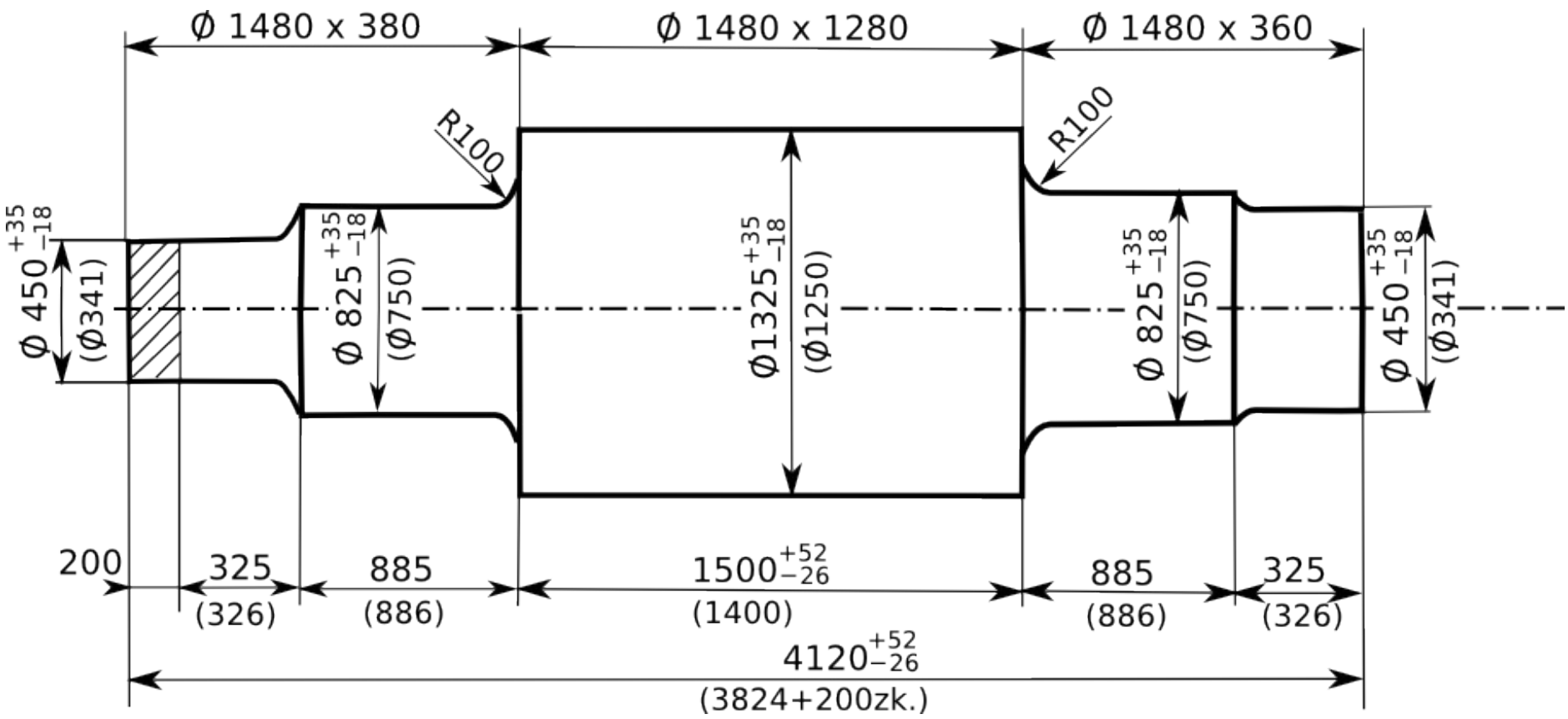
Kovaná hmotnost 7200kg
Špalek Φ840 x 1760mm = 7650kg
Výděrek Φ450 x 200mm = 250kg

Příloha č.4

Technologický postup kování podélného výkovku (hřídele b)

Číslo operace	Kovací teploty °C	Popis operace	Náčrt	Kovací nářadí	Pozn.
1	1150-850	Ingot I70 překovat úběry max. 70mm pro rozrušení licí struktury na osmihranný cagl, u půdy osmihran 1500mm, u hlavy osmihran 1700mm. Z hlavy ingotu vykovat čep do pěchovací matrice o rozměrech Φ720 x 650mm, zbytek hlavy ukrojit. Hlavový odpad ozmačit číslem odpadu. Ingot založit do kovářské pece.		Kovadlo horní rovné Kovadlo spodní rovné š=1000mm Kovadlo spodní úhlové š=1000mm Kovadlo spodní úhlové š=600mm Krájecí nůž	
2a)	1150-850	Překovaný ingot napěchovat na výšku 1600mm		Deska horní Φ3000mm Pěchovací matrice horní a spodní Φ3000mm Spodní deska Φ3000mm	
2b)		Překovat na čtyřhran 1850mm, pak založit do kovářské pece		Kovadlo horní rovné š=1000mm Spodní stůl 2400x2400mm	Ohřev po 2.operaci: 1180°C – výdrž 17 hodin
3a)	1150-850	Překovat na osmihran 1480mm a zkulatit na Φ 1480mm.		Kovadlo horní rovné Kovadlo spodní rovné Kovadlo spodní úhlové š=1000mm	
3b)		Vyznačit zabírací míry a vykovat předkovky.Pro kování předkovků ze zabírací míry 750mm použít kovadla o šířce 600mm.		Kovadlo horní rovné š=600mm Kovadlo spodní úhlové š=600mm Značkovací tyč (Φ16mm)	Ohřev po 3. operaci: 1150°C – výdrž 19 hodin

Číslo operace	Kovací teploty °C	Popis operace	Náčrt	Kovací nářadí	Pozn.
4		Rozpálit na dva předkovky. Předkovky označit pořadovým číslem a 1 a 2 od půdy ingotu. Založit do kovářské pece při min. teplotě 500°C		Pálicí stroj	Min. teplota 600°C
5	1150-850	Z průměru 920mm vykovat čepy o průměru 825 a 450 mm v délkách dle kovářského náčrtku. Tělo válce vykovat na průměr 1325mm.		Kovadlo horní rovné Kovadlo spodní úhlové š=600mm Kovadlo horní rovné Kovadlo spodní úhlové š=1000mm	Ohřev po 5.operaci 1150°C – výdrž 14 hodin
6		Upálit koncové čepy tak, aby celková délka válce byla 4120mm. Odpad označit číslem tavby a pořadovým číslem od půdy ingotu. Výkovek založit do žíhací pece při min. teplotě 500°C		Pálicí stroj	Min. Teplota 600°C



Kovaná hmotnost 27 000 kg

Obsah

Úvod.....3
1.Technologický postup volně kovaného výkovku.....3
1.1.Názvosloví.....3
1.2.Výkres výkovku.....4
1.3.Členění volně kovaných výkovků.....5
1.4. Kované tyče.....5
1.5. Výkovky volné, podélné.....5
1.5.1.Základní průřezy výkovků.....5
1.5.2.Základní tvary výkovků.....5
1.5.3.Rozsah provedení.....6
1.5.4.Zásady pro osazování, prosazování a přírubové výkovky.....9
1.5.5.Boční úkosy.....8
1.5.6.Přídavky na obrábění a mezní úchylky.....9
1.5.7. Hrubovací přídavky.....12
1.6.Kotouče a kruhové desky.....13
1.6.1.Základní tvary výkovků.....13
1.6.2.Rozsah provedení.....14
1.6.3.Přídavky na obrábění a mezní úchylky.....14
1.6.4.Hrubovací přídavky.....18
1.7.Kroužky.....18
1.7.1.Základní tvary výkovků.....18
1.7.2.Rozsah provedení.....20
1.7.3.Přídavky na obrábění a mezní úchylky.....20
1.7.4.Hrubovací přídavky.....20
1.7.5.Průměr trnu pro děrování kroužku.....21
1.8.Dutá tělesa.....22
1.8.1.Základní průřez výkovku.....22
1.8.2.Základní tvary výkovků.....23
1.8.3.Rozsah provedení.....23
1.8.4.Zásady pro osazování, prosazování a přírubové výkovky.....24
1.8.5.Nerovnost konců a boční úkosy.....25
1.8.6.Přídavky na obrábění a mezní úchylky.....26
1.8.7.Hrubovací přídavky.....28
2.Určení hmotnosti výchozího polotovaru, stanovení hmotnosti ingotu 30
2.1.Vysvětlení základních pojmů.....30
2.2.Výpočet potřebné hmotnosti podélných výkovků.....32
2.3. Výpočet potřebné hmotnosti kotoučů a kruhových deset.....33
2.4. Výpočet potřebné hmotnosti kruhů.....34
2.5. Výpočet potřebné hmotnosti dutých těles.....35
Přílohy

Návody na cvičení: Technologický postup volně kovaného výkovku

Ing. Soňa Benešová, Ph.D.

Doc. Ing. Vladimír Bernášek, CSc.

Ing. Pavel Bulín

Vydavatel: Západočeská univerzita v Plzni

Univerzitní knihovna – oddělení vydavatelství a tiskových služeb

Univerzitní 8, 306 14 Plzeň

tel.: 377 637 724

e-mail: vydavatel@uk.zcu.cz

Katedra: materiálu a strojírenské metalurgie

Vedoucí katedry: Prof. Ing. Václav Mentl, CSc.

Určeno: pro studenty 2. ročníku FST

Vyšlo: listopad 2014

Počet stran: 46

Nositelé autorských práv:

Ing. Soňa Benešová, Ph.D.

Doc. Ing. Vladimír Bernášek, CSc.

Ing. Pavel Bulín

Západočeská univerzita v Plzni

Vydání: 1. vydání

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou.