

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA NOSIČE TVÁŘENÍM

PRODUCTION OF CARRIER BY FORMING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Martin Pluskal

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Miloslav Kopřiva

BRNO 2008

ABSTRAKT

PLUSKAL Martin: Výroba nosiče tvářením

Projekt, vypracovaný v rámci inženýrského studia oboru N2326 předkládá návrh technologie výroby výkovku nosiče z oceli 14 220. Na základě literární studie problematiky objemového tváření kovů za tepla byla navržena výroba zápustkovým kovááním s výronkem na 3 kovací operace. Všechny operace se uskuteční na svislém klikovém kovacím lisu LZK 4000 B výrobce ŠMERAL BRNO a.s. o síle 40 MN. Ohřev polotovaru na kovací teplotu 1100 °C bude probíhat v elektrické indukční peci výrobce ROBOTERM s.r.o. typ KSO 800 kW, ostřih výronku na ostřihovacím lisu LDO 315 A/S o síle 3,15 MN. Zápustky jsou vyrobeny z nástrojové oceli 19 552.9 a upnuty v držáku zápustek QLZK 4000/UC. Součástí projektu je technicko-ekonomické zhodnocení a vypracování výrobních výkresů. Předpokládaná roční série je 100 000 kusů.

Klíčová slova: Objemové tváření za tepla, zápustkové kováání, výkovek, klikový kovací lis

ABSTRACT

PLUSKAL Martin: Production of carrier by forming

The project elaborated in frame of the engineering studies branch N2326 presenting the design of manufacturing technology of forging carrier of steel 14 220. Pursuant to the literary pursuit a problem of solid hot forming was proposed to product by drop forging with flash on 3 forging operations. All the operations are realized on the vertical crank forging press LZK 4000 B produced by ŠMERAL BRNO a.s. with nominal forming force 40 NM. Heating material on the forging temperature 1100 °C will proceed in the electric induction furnace produced by ROBOTERM s.r.o. type KSO 800kW, the flash trimming on the trimming press LDO 315 A/S with nominal forming force 3,15 MN. Dies are made from tool steel 19 552.9 and strapped in die holder QLZK 4000/UC. A part of the project is technical economic analysis evaluation and elaboration of production scheme. Expected annual volume is 100 000 pieces.

Keywords: Solid hot forming, drop forging, forging, crank forging press

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PLUSKAL, M. *Výroba nosiče tvářením*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 80 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Miloslav Kopřiva.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Výroba nosiče tváření, vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 20. 05. 2008

Bc. Martin Pluskal
Jméno a příjmení diplomanta

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Miloslavu Kopřivovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

Obsah

Abstrakt.....	5
Prohlášení.....	9
Poděkování	11
Obsah	13
Úvod.....	16
1 Literární rešerše problému	17
1.1 Materiálový model výkovku.....	17
1.2 Konstrukce výkovku	17
1.2.1 Zařazení výkovku podle ČSN 42 9002.....	18
1.2.2 Volba přesnosti provedení výkovku.....	20
1.2.3 Technologické přídavky na obrábění	21
1.2.4 Minimální poloměry zaoblení.....	21
1.2.5 Minimální tloušťka žebra, dna a blány.....	22
1.2.6 Volba úkosů	23
1.2.7 Rozměrové a tvarové úchytky zápusťkových výkovků	23
1.2.8 Úchytky tvaru	25
1.2.9 Poloha dělicí roviny	26
1.3 Konstrukce zápusťek na klikový kovací lis.....	26
1.3.1 Tvar a rozměr výronkové drážky	26
1.3.2 Upínání zápusťek na klikový lis	27
1.3.3 Konstrukce předkovací a dokončovací dutiny.....	28
1.3.4 Vyhazování výkovků ze zápusťky.....	29
1.3.5 Nejmenší vzdálenost dutiny od okraje zápusťky	30
1.3.6 Zápusťkové oceli.....	30
1.4 Mazání	32
1.4.1 Maziva a jejich rozdělení	32
1.5 Hmotnost a rozměry výchozího materiálu	33
1.6 Dělení materiálu	34
1.6.1 Způsob dělení materiálu.....	34
1.6.2 Určení síly pro dělení materiálu.....	34
1.6.3 Konstrukce stříhacích nožů	35
1.7 Ohřev materiálu.....	35
1.7.1 Průvodní jevy ohřevu.....	36
1.7.2 Ohřívací zařízení	37
1.8 Svislé kovací lisy	38
1.8.1 Výpočet kovací síly podle Rebelského.....	38
1.8.2 Výpočet kovací síly podle ČSN 22 8306	38
1.9 Ostřihování a děrování.....	42
1.9.1 Určení velikosti stroje	42
1.9.2 Ostřihovací nástroj.....	42
1.9.3 Konstrukce střížníku	43
1.9.4 Ostřihovací lisy	44
1.10 Kalibrování a rovnání pokřivených výkovků	44
1.11 Tepelné zpracování	44
1.11.1 Pece pro tepelné zpracování.....	45
1.12 Povrchová úprava	45
1.13 Vady výkovků a jejich příčiny	46

1.13.1 Zjišťování vad	46
1.14 Zkouška tvrdosti	46
2 Stávající možnosti výroby.....	47
2.1 Odlévání	47
2.2 Obrábění	47
2.3 Objemové tváření za tepla	48
2.4 Zvolená výroba.....	48
3 Návrh technologie výroby zadané součásti	49
3.1 Kování na bucharech	49
3.2 Kování na vřetenových lisech	49
3.3 Kování na klikových kovacíh lisech.....	50
3.4 Porovnání vhodnosti bucharu a lisu.....	50
3.5 Zvolená technologie	50
4 Stanovení veškerých technologických dat a vypracování	51
4.1 Zařazení výkovku podle složitosti tvaru	51
4.2 Stanovení přídavek na obrábění.....	51
4.3 Minimální poloměry zaoblení	51
4.4 Mezní úchytky zaoblení přechodů	51
4.5 Minimální tloušťka	51
4.6 Volba úkosu	51
4.7 Určení mezní úchytky, tolerance a tvarů výkovku	52
4.7.1 Mezní úchytky a tolerance	52
4.7.2 Mezní úchytky tvarů výkovku.....	52
4.8 Poloha dělicí roviny.....	52
4.9 Tvar a rozměr výronkové drážky	53
4.9.1 Hloubka zásobníku	53
4.9.2 Objem výronku	53
4.9.3 Zaoblení hran výronkové drážky	53
4.10 Výpočet hmotnosti výkovku	53
4.11 Hmotnost výchozího polotovaru	55
4.12 Výchozí rozměr materiálu	55
4.13 Dělení materiálu	56
4.14 Ohřev materiálu na kovací teplotu	56
4.14.1 Kontrola zvoleného ohříváče.....	56
4.14.2 Doba ohřevu	57
4.14.3 Induktor.....	57
4.15 Výpočet kovací síly na svislém kovacím lisu	57
4.15.1 Určení kovací síly podle Rebelského	57
4.15.2 Určení kovací síly podle ČSN 22 3806	57
4.15.3 Výběr lisu	60
4.15.4 Upínání zápustek.....	60
4.16 Ostřihovací síla	62
4.16.1 Výpočet střížné síly pro ostřihování za tepla.....	62
4.16.2 Výběr ostřihovacího lisu	62
4.17 Tepelné zpracování	63
4.18 Kontrola vad a úpravy výkovků.....	63
4.19 Kontrola tvrdosti	63
4.20 Tryskání	63
4.21 Konstrukční návrh tvářecího nástroje	64

4.21.1 Rozměry zápustek.....	64
4.21.2 Prstencový vyhazovač.....	64
4.22 Postupový list.....	66
5 Ekonomické zhodnocení	67
5.1 Kapacitní normy	67
5.1.1 Kalendářní časový fond.....	67
5.1.2 Nominální časový fond	67
5.1.3 Efektivní (využitelný) časový fond	67
5.1.4 Pracnost operace	67
5.1.5 Plánovaná výrobní kapacita pracoviště (skutečná).....	67
5.1.6 Počet strojních pracovišť pro dosažení požadované kapacity.....	68
5.1.7 Využití výrobní kapacity	68
5.2 Výpočet spotřeby materiálu	68
5.2.1 Hmotnost 1m kruhové tyče.....	68
5.2.2 Počet kusů z jedné tyče.....	68
5.2.3 Ztráta nevyužitého konce	68
5.2.4 Počet kusů tyčí na výrobní dávku.....	69
5.2.5 Spotřeba materiálu celkem na výrobní dávku	69
5.2.6 Spotřeba materiálu součásti na výrobní dávku	69
5.2.7 Ztráty materiálu z nevyužitých konců tyčí	69
5.2.8 Ztráty materiálu na výrobu součásti	69
5.2.9 Ztráty celkem materiálu na výrobní dávku	69
5.2.10 Koeficient využití materiálu.....	69
5.3 Variabilní náklady	70
5.3.1 Přímé náklady na materiál.....	70
5.3.2 Přímé náklady na mzdy	70
5.3.3 Ostatní přímé náklady	70
5.4 Nepřímé náklady	71
5.5 Zisk	71
5.6 Celkové ekonomické údaje o výrobku	71
5.7 Fixní náklady	71
5.8 Volba technologické varianty	72
5.8.1 Analýza bodu zvratu	72
5.8.2 Tržby.....	72
5.8.3 Náklady.....	72
5.8.4 Hledané množství.....	72
5.9 Průběžná doba výroby	72
5.9.1 Výrobní dávka.....	72
5.9.2 Využitelný efektivní časový fond	72
5.9.3 Dopravní dávka	72
5.9.4 Výpočtové vyjádření průběžné doby	73
Závěr.....	74
Seznam použitých zdrojů	75
Seznam použitých zkratk a symbolů	77
Seznam příloh.....	80

ÚVOD

Tváření kovů patří k nejproduktivnějším oborům technologie. Dnes si již neumíme představit sériovou a hromadnou výrobu automobilů, letadel, elektrických strojů, přístrojů apod. bez součástí vyrobených objemovým tvářením za tepla.

Je to metoda velmi produktivní, hospodárná a perspektivní. Výrobky jsou přesné, tím vyměnitelné, pevné a lehké. Využití materiálu je velmi hospodárné, s nejmenším odpadem. Při obrábění odpadá 20 až 40%, kdežto při tvářením jen asi 5 až 10% materiálu. Výkonnost strojního zařízení je velká. Výrobní pochody lze velmi dobře mechanizovat a automatizovat. Snižují se tak podstatně výrobní náklady. Velkou překážkou většího a rychlejšího rozšiřování jsou poměrně vysoké náklady na tvářecí nástroje.

Bezporuchový chod nástrojů a výsledná kvalita je ovlivněna použitím kvalitních materiálů na funkční části nástrojů, vlastní konstrukce nástroje s ohledem na vyměnitelnost a opravy nejvíce namáhaných částí nástroje. Dále záleží na zvolené technologii a přesnosti výroby nástroje. (22)

1 LITERÁRNÍ REŠERŠE PROBLÉMU

1.1 Materiálový model výkovku

Jakost materiálu (31):

- Ocel 14 220 (16MnCr5)
- Konstrukční ocel, nízkolegovaná, s obsahem uhlíku do 0,25%
- Pevnost v tahu $R_m = 800 \text{ MPa}$
- Mez kluzu $R_e = 600 \text{ MPa}$

Tab. 1.1 Tepelné zpracování (31)

Normalizační žihání [°C]	Žihání na měkko [°C]	Cementování [°C]	Kalení [°C/olej a voda]	Popouštění [°C/1h]
850 – 880	70	840 – 870	780 – 880	160

Tab. 1.2 Chemické složení (hm. %) (31)

Materiál		Fe	C	Cr	Cu	Mn	P	S	Si
14 220	min.	zbyt.	0,14	0,8		1,1			0,17
	max.		0,19	1,1		1,4	0,035	0,035	0,37

Vlastnosti:

Ocel je vhodná k cementování, k objemovému tváření, dobře tvárná za tepla a po žihání i za studena, dobře obrobitelná, dobrá svařitelnost, strojní součásti s velmi tvrdou cementovanou vrstvou a velkou pevností v jádře po kalení. (31)

Použití:

Menší hřídele, ozubená kola, šneky, vačkové hřídele, vřetena obráběcích strojů, pístní čepy, pera, zubové spojky, trny, upínací nářadí apod. (31)

1.2 Konstrukce výkovku

Při konstrukci výkovku vycházíme z výkresu součásti viz příloha 1, jakosti kovaného materiálu, zadané přesnosti výroby a zadaného tvářecího stroje. (1)

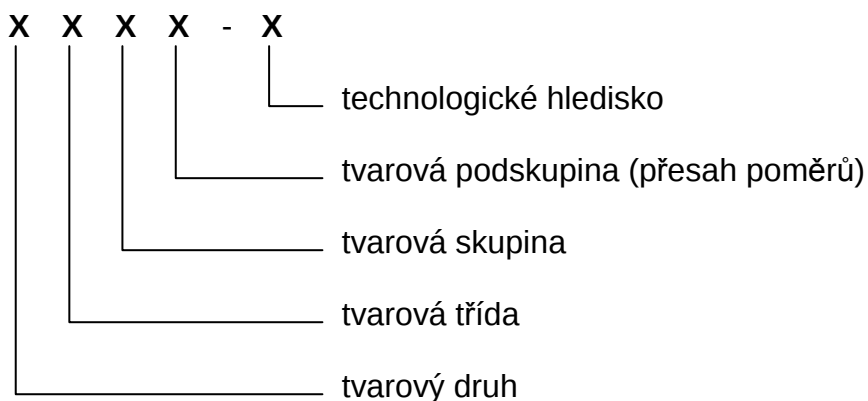
Při návrhu tvaru výkovku stanovujeme (1):

- a) zařazení výkovku dle složitosti tvaru,
- b) technologické přídatky a přídatky na obrábění,
- c) minimální hodnoty zaoblení hran a přechodů,
- d) hodnoty úkosů vnější a vnitřní,
- e) minimální tloušťky stěn, dna a blány,
- f) mezní úchytky a tolerance rozměrů a tvarů na základě tvarové složitosti,
- g) polohu dělicí roviny.

1.2.1 Zařazení výkovku podle ČSN 42 9002

Zařazení výkovku podle složitosti tvaru (17), (18):

Označení výkovku:



Tvarový druh – první číslice v číselném označení výkovku

X x x x – x

- 4 výkovky kruhového průřezu plné
- 5 výkovky kruhového průřezu duté
- 6 výkovky hranolovitých tvarů plné i duté
- 7 výkovky kombinovaných tvarů plné i duté
- 8 výkovky s ohnutou osou
- 9 výkovky složitých tvarů s přímkou dělicí plochou
- 0 výkovky s lomenou dělicí plochou

Tvarová třída – druhá číslice v číselném označení výkovku

x X x x – x

Výkovky tvarového druhu 4, 5, 6, 7 a 8 se dále rozdělují do tvarových tříd:

- 1 konstantní průřez
- 2 kuželovité (jehlanovité, klínovité)
- 3 jednostranně osazené
- 4 oboustranně osazené
- 5 osazené s kuželem (jehlanem, klínem)
- 6 prosazené
- 7 kombinované
- 8 kombinované s kuželem (jehlanem, klínem)
- 9 členité (u tvarového druhu 8 – výkovky háků)

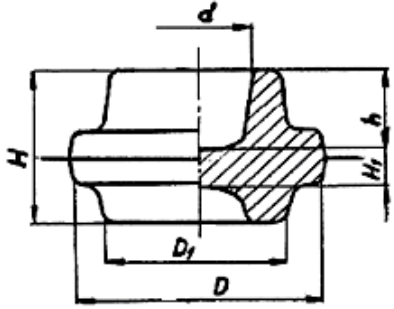
0 neobsazeno

Tvarová skupina – třetí číslice v číselném označení výkovku

$x \times X \times - x$

U výkovků zařazených do jednotlivých tříd jsou čísla 1 až 8 dále tříděny výkovky podle štíhlostních a jiných dále uvedených poměrů. Výkovky druhu 4, 6 a 7 s dělicí plochou ve směru hlavní osy (technologické hledisko 1, 2) jsou zásadně děleny na výkovky bez otvoru (označené čísla 1 až 4) a na výkovky s otvorem (označené čísla 5 až 8). Výkovky s dělicí plochou kolmo na hlavní osu (technologické hledisko 3, 4, 5) a výkovky zhotovené na vodorovných kovacích lisech (technologické hledisko 6, 7, 8) jsou zásadně děleny na výkovky plné (označené čísla 1 až 4) a na výkovky duté (označené čísla 5 až 8).

Jinak se výkovky rozdělují na výkovky nízké a vysoké nebo na výkovky krátké a dlouhé. Dále se třídí výkovky podle vzájemných poměrů, výšek, průměrů, šířek, velikosti úhlu ohybu nebo počtem ohybů, velikostí rozvidlení, počtu zalomení, úhlu polohy jednotlivých ramen zalomených hřídelí a velikosti úhlu natočení listů lopatek.

Druh a třída 54	VÝKOVKY KRUHOVÉHO PRŮŘEZU DUTÉ Oboustranně osazené	
	$H_{\max} = 5D$ $D_{\max} = 4D_1$ $H_{\max} = 10H_1$	
	Skupina	
1	$H \leq D$	$H \leq 2H_1$
2	$H \leq D$	$H > 2H_1$
3	$H > D$	$D \leq 2D_1$
4	$H > D$	$D > 2D_1$

Obr. 1.1 Označení složitosti výkovku (18)

Tvarová podskupina – čtvrtá číslice v číselném označení výkovku

$x \times x \times X - x$

Zápustkové výkovky, které přesahují stanovený maximální poměr dvou na sobě závislých veličin, se označují podle jednotlivých vzájemných poměrů čísla 1 až 9. Zápustkové výkovky, které nepřesahují stanovený maximální poměr dvou na sobě závislých veličin, se označují číslem 0.

- 1 přesah v poloměru $L : B$ (D) nebo $H : B$ (D)
- 2 přesah v poloměru $H : H_1$ ($D : D_1$)
- 3 přesah v poloměru $B : B_1$
- 4 přesah v poloměru $F : F_1$
- 5 přesah v hloubce dutiny $h : d$ nebo úhlu listů lopatek β
- 6 přesah v tloušťce dna nebo blány H_1

- 7 přesah v tloušťce stěny s nebo velikosti rozvidlení $l : b$
- 8 přesah v zaoblení přechodů a hran R, r
- 9 kombinace několika přesahů
- 0 bez přesahu

Technologické hledisko – pátá číslice v číselném označení výkovku

$x x x x - X$

- 1 výkovky s dělicí plochou ve směru hlavní osy souměrné
- 2 výkovky s dělicí plochou ve směru hlavní osy nesouměrné
- 3 výkovky s dělicí plochou kolmou na hlavní osu souměrné
- 4 výkovky s dělicí plochou kolmou na hlavní osu nesouměrné
- 5 výkovky s dělicí plochou kolmou na hlavní osu s ozubením
- 6 výkovky zhotovené na vodorovných kovacíh lisech souměrné
- 7 výkovky zhotovené na vodorovných kovacíh lisech nesouměrné
- 8 výkovky zhotovené na vodorovných kovacíh lisech s ozubením
- 9 výkovky s více dělicími plochami
- 0 neobsazeno

1.2.2 Volba přesnosti provedení výkovku

Tab. 1.3 Stupně přesnosti pro obvyklé, přesné a velmi přesné provedení (17)

Rozdělení podle ČSN 42 9002					Stupeň přesnosti pro provedení					
tvarový druh	tvarová třída	tvarová skupina	tvarová podsk.	technol. hledisko	obvyklé		přesné		velmi přesné	
					⊥		⊥		⊥	
4; 6; 7	1 až 9	1; 5	0 až 9	1 až 2	5	5	4	4	3	3
		2; 3; 6; 7			5	6	4	5	3	4
		4; 8			6	7	5	6	4	5
4; 5; 6; 7	1 až 5; 9	1; 5	0 až 9	3; 4; 5	5	5	4	4	3	3
		2; 3; 4			5	6	4	5	3	4
		6; 7; 8			6	7	5	6	4	5
4; 5; 6; 7	1 až 5; 9	1 až 8	0 až 9	6; 7; 8; 9	6	7	5	6	4	5
4; 5; 6; 7	6 až 8	1 až 8	0 až 9	6; 7; 8; 9	7	7	6	6	5	5
8	1 až 8	1; 2; 3; 4	0 až 9	1 až 9	6	7	5	6	4	5
8	1 až 8	5; 6	0 až 9	1 až 9	7	7	6	6	5	5
8	9	1; 2	0 až 9	1 až 9	6	7	5	6	4	5
8	9	3; 4; 5; 6; 7	0 až 9	1 až 9	7	7	6	6	5	5
9; 0	1 až 9	1; 2; 3; 4	0 až 9	1 až 9	6	6	5	5	4	4
9; 0	1 až 9	5; 6; 7; 8	0 až 9	1 až 9	7	7	6	6	5	5

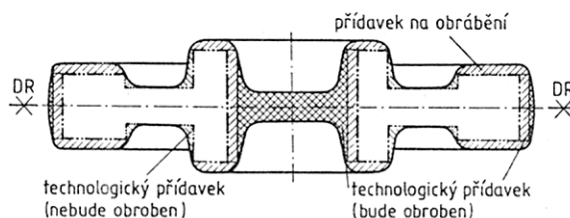
Význam označení v tabulce: ⊥ - kolmo k rázu, || - ve směru rázu.

Stupně přesnosti výkovku se určují na základě zařazení výkovku podle složitosti tvaru dle ČSN 42 9002 a dělí se dle ČSN 42 9030 (17):

- a) odvyklé provedení,
- b) přesné provedení,
- c) velmi přesné provedení,
- d) provedení dle dohody.

1.2.3 Technologické přídavky na obrábění

Přídavek na obrábění je přídavek materiálu na plochy, které se mají obrábět. Přídavky na obrábění ploch výkovků se určují podle ČSN 42 9030. Jsou stejné pro všechny rozměry výkovku a určují se podle přesnosti výroby největšího rozměru hotového výrobku ve směru kolmo k rázu a podle největší výšky hotového výrobku. (17)



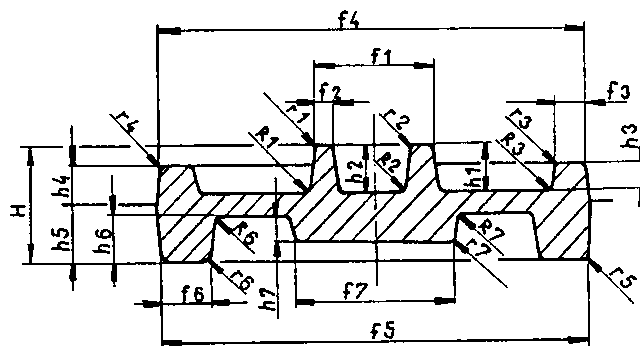
Obr. 1.2 Polotovár (20)

Tab. 1.4 Přídavky na obrábění ploch pro obvyklé provedení (rozměry v mm) (2)

Největší průměr, střední hodnota šířky a délky výrobku ve směru kolmo k rázu		Největší výška hotového výrobku					
		přes	25	40	63	100	160
		do 25	40	63	100	160	250
přes	do	Přídavky na obrábění ploch					
	25	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	
25	40	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
40	63	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
63	100	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0
100	160	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5
160	250	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	3,5
250	400	2,5	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0

1.2.4 Minimální poloměry zaoblení

Poloměry zaoblení jsou vnější (poloměr zaoblení hran r), nebo vnitřní (poloměr zaoblení přechodů R). (19)



Obr. 1.3 Zaoblení hran (2)

Poloměry zaoblení hran r uvedené v tabulce 1.5 platí pro neobráběné hrany výkovku. Pro obráběné hrany výkovku se mezní hodnota r stanoví z podmínky zachování přídavků na obrábění v oblasti hrany. (19)

Poloměry zaoblení přechodů R uvedené v tabulce 1.5 platí pro neobráběné přechody na výkovku a pro stanovení technologického přídavku pro obráběné přechody na výkovku. (19)

Pro výpočet poloměru h/f se výška výkovku odečítá v přilehlé části otvoru (vybrání). (19)

Tab. 1.5 Zaoblení hran r a přechodů R výkovků dle ČSN 42 9030 (rozměry v mm) (2)

Výška (hloubka)		Poloměry zaoblení hran a přechodů při poměru					
h		$\frac{h}{f}$ do 2		$\frac{h}{f}$ přes 2 do 4		$\frac{h}{f}$ přes 4	
Přes	do	r	R	r	R	r	R
	25	2	6	2	8	3	10
25	40	3	8	3	10	4	12
40	63	4	10	4	12	5	20
63	100	5	12	6	20	8	25
100	160	8	20	8	25	16	40

1.2.5 Minimální tloušťka žebra, dna a blány

Požadavek minimální tloušťky žebra, blány, disku či dna je dán hlavně velikostí vznikajících tlaků nebo možností jejich vyplnění materiálem. Při určování nejmenší tloušťky disku H_1 se za největší výšku výkovku ve směru rázu H považuje výška v přilehlé vnější části disku. Otvory se předkovávají pouze, pokud je průměr otvoru větší než 10 mm. (19)

Tab. 1.6 Nejmenší tloušťka dna, blány, disku H_1 a stěny s výkovku dle ČSN 42 9030 (rozměry v mm) (2)

Největší rozměr výkovku ve směru kolmo k rázu (D, B)		Největší výška výkovku H					
		přes	10	20	40	63	100
		do 10	25	40	63	100	160
přes	do	Nejmenší tloušťka dna, blány H_1 a stěny s					
	40	4	5	6	7	9	
40	63	5	5	6	7	9	11
63	100	5	6	7	9	11	13
100	160	6	7	9	11	13	15
160	250	8	9	11	13	15	17
250	400	10	13	15	17	20	25

Úchytky rozměrů a tvarů zahrnují:

- a) úchytky rozměru,
- b) přesazení,
- c) otřep,
- d) prohnutí.

Tab. 1.8 Mezní úchytky a tolerance rozměrů (ČSN 42 9030) (19)

Největší průměr výkovku D nebo $0,5 \times (L + B)$ ve smě- ru kolmo k rázu		Rozměr výkovku ve směru rázu (H)							
		přes	25	40	63	100	160	250	400
		do 25	40	63	100	160	250	400	630
přes do 25	Mezní úchyl- ky	+0,6 -0,3	+0,6 -0,4	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+1,0 -0,4			
	Tolerance	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4			
přes 25 do 40	Mezní úchyl- ky	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,1 -0,5	+1,2 -0,6		
	Tolerance	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8		
přes 40 do 63	Mezní úchyl- ky	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,1 -0,5	+1,2 -0,6	+1,4 -0,6		
	Tolerance	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0		
přes 63 do 100	Mezní úchyl- ky	+1,0 -0,5	+1,1 -0,5	+1,1 -0,6	+1,2 -0,6	+1,4 -0,6	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	
	Tolerance	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	
přes 100 do 160	Mezní úchyl- ky	+1,1 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,6	+1,4 -0,6	+1,5 -0,7	+1,6 -0,8	+1,8 -0,9	
	Tolerance	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,7	
přes 160 do 250	Mezní úchyl- ky	+1,4 -0,6	+1,4 -0,7	+1,5 -0,7	+1,5 -0,8	+1,7 -0,8	+1,8 -0,9	+2,0 -1,0	+2,3 -1,2
	Tolerance	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0	3,5
přes 250 do 400	Mezní úchyl- ky	+1,6 -0,8	+1,7 -0,8	+1,8 -0,8	+1,8 -0,9	+1,9 -1,0	+2,1 -1,0	+2,3 -1,1	+2,6 -1,3
	Tolerance	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,9

Mezní úchytky a tolerance rozměru výkovků pro stupeň přesnosti 5

Tab. 1.9 Mezní úchytky a tolerance rozměrů (ČSN 42 9030) (19)

Největší průměr výkovku D nebo $0,5 \times (L + B)$ ve smě- ru kolmo k rázu		Rozměr výkovku ve směru rázu (H)							
		přes	25	40	63	100	160	250	400
		do 25	40	63	100	160	250	400	630
přes do 25	Mezní úchyl- ky	+1,0 -0,5	+1,1 -0,5	+1,1 -0,6	+1,3 -0,6	+1,4 -0,7			
	Tolerance	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1			
přes 25 do 40	Mezní úchyl- ky	+1,1 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,6	+1,4 -0,7	+1,6 -0,7	+1,8 -0,8		
	Tolerance	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,6		
přes 40 do 63	Mezní úchyl- ky	+1,4 0,6	+1,4 -0,7	+1,5 -0,7	+1,6 -0,8	+1,8 -0,8	+1,9 -1,0		
	Tolerance	2,0	2,1	2,2	2,4	2,6	2,9		
přes 63 do 100	Mezní úchyl- ky	+1,6 -0,8	+1,7 -0,8	+1,8 -0,8	+1,9 -0,9	+2,0 -1,0	+2,2 -1,1	+2,5 -1,2	
	Tolerance	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,3	3,7	
přes 100 do 160	Mezní úchyl- ky	+1,9 -0,9	+1,9 -1,0	+2,0 -1,0	+2,1 -1,1	+2,3 -1,1	+2,5 -1,2	+2,7 -1,4	
	Tolerance	2,8	2,9	3,0	3,2	3,4	3,7	4,1	
přes 160 do 250	Mezní úchyl- ky	+2,1 -1,1	+2,2 -1,1	+2,3 -1,1	+2,4 -1,2	+2,5 -1,3	+2,7 -1,4	+3,0 -1,5	+3,4 -1,7
	Tolerance	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1	4,5	5,1
přes 250 do 400	Mezní úchyl- ky	+2,5 -1,3	+2,6 -1,3	+2,7 -1,3	+2,8 -1,4	+2,9 -1,5	+3,1 -1,6	+3,4 -1,7	+3,8 -1,9
	Tolerance	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	5,1	5,7

Mezní úchytky a tolerance rozměru výkovků pro stupeň přesnosti 6

Mezní úchytky a tolerance rozměrů výkovků se stanoví podle stupně přesnosti výkovku z největšího rozměru výkovku ve směru kolmo k rázu a ve směru rázu. Z celkové tolerance jsou 2/3 mezní plusová úchytky a 1/3 mezní minusová úchytky. Pro vnitřní rozměry platí tytéž hodnoty, ale s opačnými znaménky. (19)

1.2.8 Úchytky tvaru

Dovolené přesazení (p) je rozměr, o který jsou body po jedné straně dělicí plochy posunuty oproti odpovídajícím bodům na druhé straně dělicí plochy ve směru rovnoběžném s hlavní dělicí plochou. Hodnoty dovoleného přesazení jsou rovny minusové mezní úchytky stanovené pro daný výkovek a daný rozměr z úchytek kolmo k rázu. (19)

Dovolený otřep (g) je zbytek výronku, který může zůstat na výkovku. Hodnoty dovoleného otřepu jsou rovny minusové mezní úchytky stanovené pro daný výkovek a daný rozměr z úchytek kolmo k rázu. (19)

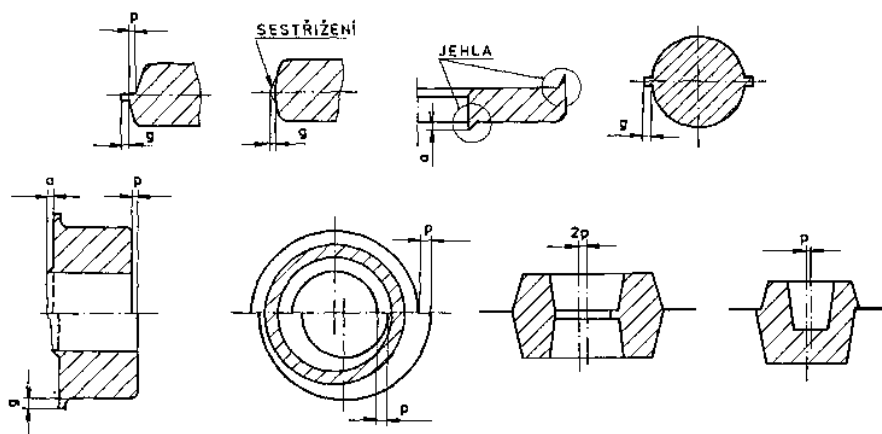
Dovolené sestřižení (g) je stopa na výkovku po ostříhovacím nástroji. Hodnoty dovoleného sestřižení jsou rovny minusové mezní úchytky stanovené pro daný výkovek a daný rozměr z úchytek kolmo k rázu. (19)

Dovolená jehla (a) je ostří, které může, vzniknou na okraji střížné plochy. Hodnota dovolené jehly je rovna plusové mezní úchytky rozměru daného výkovku ve směru rázu. (19)

Dovolený průhyb je úchytky střední přímky výkovku od roviny. Dovolený průhyb je roven minusové mezní úchytky stanovené pro daný výkovek tepelně nezpracovaný. U výkovků s netvářenou částí je možné hodnotu průhybu zvětšit. (19)

Dovolená úchytky rovinnosti je úchytky povrchové plochy výkovku od roviny. Mezní úchytky rovinnosti je rovna minusové mezní úchytky stanovené pro daný výkovek tepelně nezpracovaný. U výkovků s netvářenou částí je možné hodnotu průhybu zvětšit. Dovolený průhyb a mezní úchytky rovinnosti se připočítávají k ostatním mezním úchytkám. Platí, že součet všech úchytek pro daný rozměr nesmí přesáhnout minimální přídavek na opracování. (19)

Dovolená úchytky souososti kovaných otvorů je rovna hodnotám přesazení. Dovolená úchytky souososti děrovaných otvorů je rovna dvojnásobku hodnotě přesazení. (19)



Obr. 1.6 Chyby výkovků (p – přesazení, a – jehla, g – otřep a sestřižení) (1)

1.2.9 Poloha dělicí roviny

Volba polohy dělicí roviny ovlivňuje především tok materiálu v dutině zápustky. Podle tvaru výkovku může být dělicí rovina přímá, lomená, zakřivená v jednom či ve více směrech. (4)

Hlavní zásady pro volbu dělicí roviny jsou následující (17):

- a) dělicí rovina musí zajistit snadné vyjímání výkovku ze zápustky,
- b) dělicí rovina se obvykle umísťuje do roviny dvou největších vzájemně kolmých rozměrů výkovku, nebo do roviny souměrnosti výkovku,
- c) dělicí rovina by měla umožnit dokonalé ostřížení výronku,
- d) vyšší část výkovku se umísťuje do horního dílu zápustky,
- e) poloha dělicí roviny by měla kladně ovlivnit průběh vláken a tím i pevnost součástí,
- f) dělicí rovina se volí s ohledem na možnost kontroly vzájemného přesazení zápustek,
- g) polohu dělicí roviny volíme také z hlediska oprav a využití zápustek.

1.3 Konstrukce zápustek na klikový kovací lis

Zásady pro konstrukci zápustek na klikový lis (4):

- a) v každé zápustce je jen jedna dutina a její zaplnění se děje na jeden zdvih,
- b) dělicí plochy se při kování nedotýkají,
- c) konstrukce dutin musí být taková, aby docházelo ke tváření pěchováním,
- d) použití vyhazovačů umožňuje menší úkosity,
- e) větší přesnost kování (lepší vedení beranu, vodící sloupky v držáku zápustek) dovoluje používat menších přídavek na opracování a užší toleranci rozměrů,
- f) u hlubokých dutin se doporučuje dělat od vzdušňovací kanál.

1.3.1 Tvar a rozměr výronkové drážky

Určení průmětu plochy výronku s můstkem pro kovací lisy (21):

$$D_c = D_v + 2 \times s \quad [\text{mm}] \quad (1.1)$$

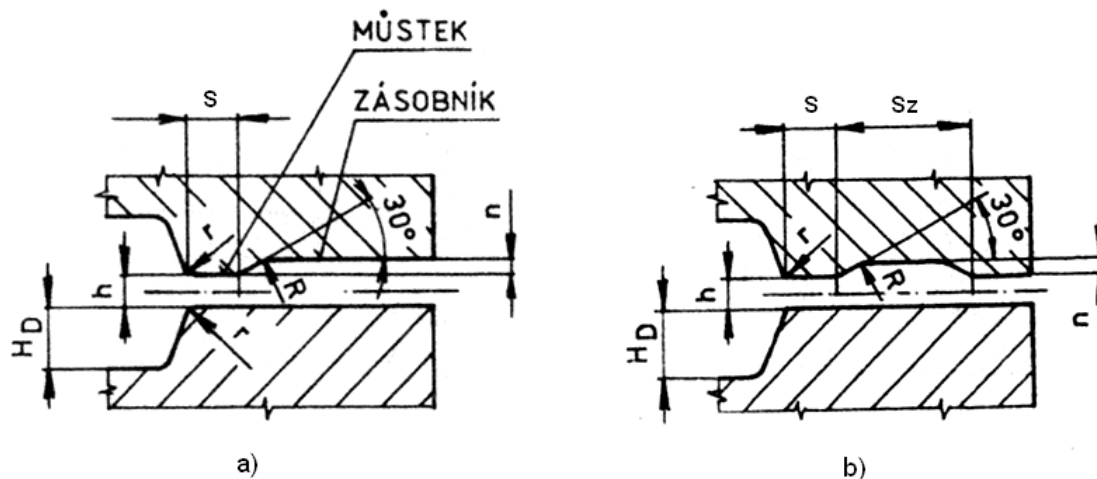
Výpočet objemu výronku (21):

$$S_c = \frac{\pi \times D_c^2}{4} \quad [\text{mm}^2] \quad (1.2)$$

$$o = \pi \times D_v \quad [\text{mm}] \quad (1.3)$$

$$n = 0,4 \times h + 2 \quad [\text{mm}] \quad (1.4)$$

$$V_{\text{vyr}} = 0 \times \left[s \times h + \left((n+h) + \frac{h}{2} \right) \times S_z \right] \quad [\text{mm}^3] \quad (1.5)$$



Obr. 1.7 Používané typy drážek pro svislé kovací lisy: a) Obvyklé, b) Používaný při velkém přebytku materiálu (3)

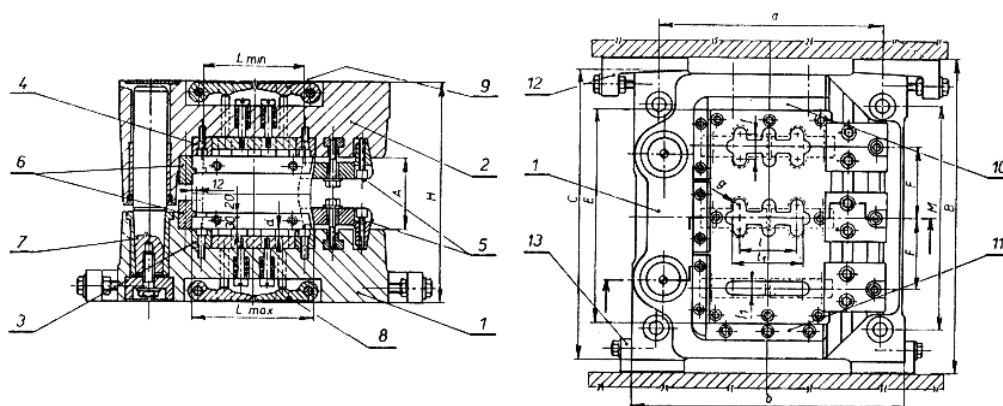
Tab. 1.10 Rozměry výronkové, drážky pro kovací lisy (21)

F [MN]	h [mm]	s [mm]	S _z [mm]	r [mm]
2,5	1 – 1,5	3 – 5	25	1 – 1,5
6,3	1 – 2	3 – 7	25	
10	1,5 – 2,5	4 – 7,5	30	
16	2 – 3	5 – 8	32	1,5 – 2,5
25	2,5 – 4	6 – 10	38	
31,5	2,5 – 4,5	6 – 11	40	2 – 3
40	3,5 – 5,5	7 – 12	42	
63	4,5 – 8	9 – 15	50	2 – 5

1.3.2 Upínání zápustek na klikový lis

Zápustky se upínají do držáku zápustek (např. pro lis LZK 4000 B je to upínač QLZK 4000/UC). Tvar zápustek bývá kruhový nebo obdélníkový. Rozměr zápustek je dán použitým držákem zápustek, jejich výška je určena sevřenou výškou držáku (výška H), rozměr A je dán sevřenou výškou lisu (obr. 1.8). (3)

Zápustkové vložky se nesmějí při sevření dotýkat. Mezi spodní a horní zápustkovou vložkou musí být vždy mezera, která nesmí být nikdy menší než tloušťka výronku. (3)



Obr. 1.8 Držák zápustek: 1 – Spodní díl upínače, 2 – Horní díl upínače, 3 – Opěrná deska spodní, 4 – Opěrná deska horní, 5 – Přední upínací systém, 6 – Zadní upínací systém, 7 – Uložení vodících sloupků, 8 – Spodní vyrážecí systém, 9 – Horní vyrážecí systém, 10 – Boční opěrná lišta, 11 – Boční upínací lišta, 12 – Zajišťovací klín, 13 – Boční opěrná vložka (36)

1.3.3 Konstrukce předkovací a dokončovací dutiny

Při konstrukci zápustky se nejprve řeší dokončovací dutina, potom dutiny přípravné a jejich vzájemná poloha. Nakonec se určí velikost zápustkového bloku. (3)

Konstrukce dokončovací dutiny

Při konstrukci dokončovací dutiny se vychází z výkresu výkovku. Všechny rozměry dokončovací dutiny přesahující 10 mm se zvětší vůči jmenovitým rozměrům o hodnotu smrštění. Hodnoty smrštění se stanoví ze součinitelů tepelné délkové roztažnosti a teploty kování pro konkrétní materiál podle údajů výrobce materiálu nebo materiálových listů. Hodnoty smrštění pro jednotlivé druhy materiálu jsou tab. 1.11. (21)

Tab. 1.11 Hodnoty smrštění u jednotlivých materiálů (21)

Materiál	Smrštění	Materiál	Smrštění
Běžné oceli	1,0 až 1,3	Mosaz	1,0 až 1,7
Ložiskové oceli	1,5	Slitiny Al	0,6 až 1,0
Austenitické oceli	1,5 až 2,0	Al Brnoz	1,0 až 1,3

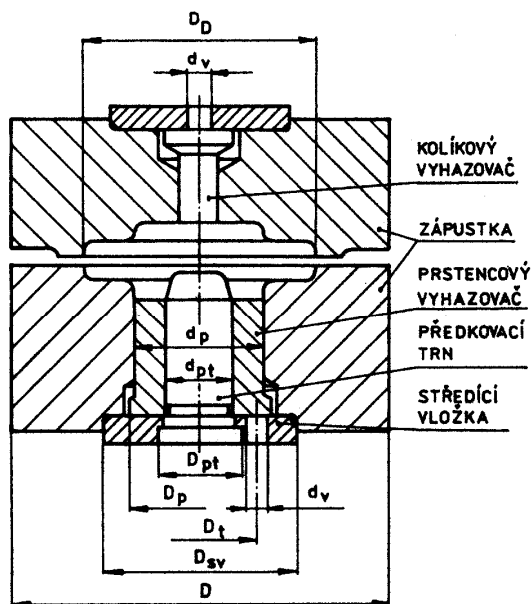
Konstrukce předkovací dutiny

Tvar výkovku musí být takový, aby zakládání do následující dokončovací dutiny bylo jednoznačné. Z toho důvodu je nutno předkovek dělat užší, ale vyšší než budoucí výkovek. Tvar předkovací dutiny se má podobat co nejvíce tvaru výkovku v dokovací dutině z důvodu zvětšení životnosti dokončovací zápustky. Mezní úchytky rozměru předkovací dutiny jsou přibližně dvojnásobné vzhledem k mezním rozměrům dokončovací dutiny. (4)

1.3.4 Vyhazování výkovků ze zápustky

Podle tvaru funkčních částí vyhazovače rozlišujeme:

- kolíkový vyhazovač,
- prstencový vyhazovač.



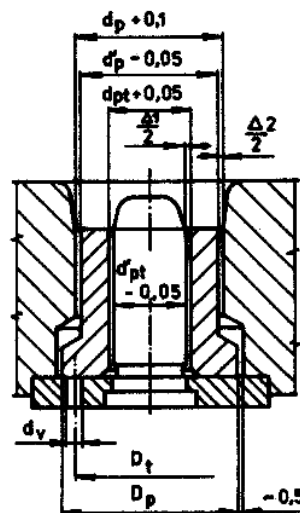
Obr. 1.9 Základní řada kolíkových vyhazovačů (3)

Prstencový vyhazovač

Prstencové vyhazovače se používají pro výkovky s charakteristickým zahloubením ve středu výkovku – nábojem a případným trnem pro předkování otvoru ve výkovku. (21)

VŮLE V PRSTENCOVÉM VYHAZOVAČI

mm		Vůle	
d_p			
přes	do	vnitřní Δ_1	vnější Δ_2
50	50	0,2	0,2
100	100	0,3	0,2
200	200	0,4	0,3
		0,5	0,4



Obr. 1.10 Prstencový vyhazovač a hodnoty vůle v prstencovém vyhazovači (2)

Průměr předkovacího trnu se stanoví s ohledem na zajištění přístupových tlaků v dosedacích plochách z těchto poměrných vztahů, ze kterých plyne (21):

$$\frac{d_{pt}^2}{D_{pt}^2} \leq 0,85 \quad (1.6)$$

Vůle v prstencovém vyhazovači se určí podle tabulky obr. 1.10.

Průměr prstence D_p musí vyhovět podmínkám (21):

$$D_p \geq d_p + 5 \quad [\text{mm}] \quad (1.7)$$

$$D_p \geq D_t + d_v + 5 \quad [\text{mm}] \quad (1.8)$$

Při mazání vodními emulzemi nutno vůle zvětšit o 0,1 mm

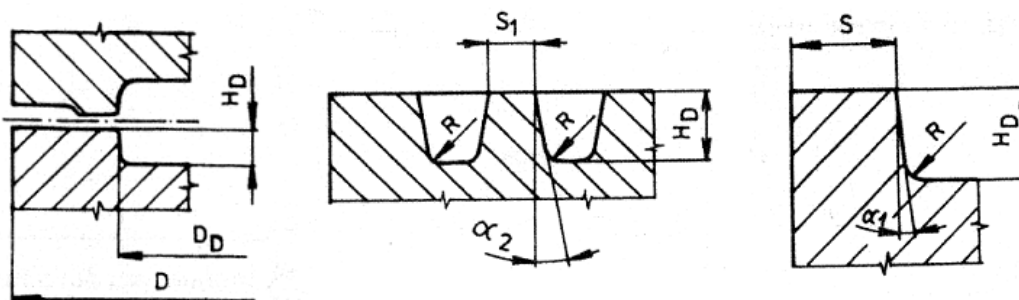
$$d'_p = d_p - \Delta_2 \quad [\text{mm}] \quad (1.9)$$

$$d'_{pt} = d_{pt} - \Delta_1 \quad [\text{mm}] \quad (1.10)$$

1.3.5 Nejmenší vzdálenost dutiny od okraje zápustky

Pomocná veličina (21):

$$T = \frac{11 \times H_D \times \cos \alpha_1}{\sqrt{(H_D + 0,4 \times R)}} \quad [\text{mm}] \quad (1.11)$$



Obr. 1.11 Nejmenší vzdálenost dutiny od okraje zápustky (2)

Pro kruhové zápustky (21):

- předkovací zápustky

$$D \geq D_D + 0,2 \times (D_D + H_D) + 5 \pm 0,2 \quad [\text{mm}] \quad (1.12)$$

- dokončovací zápustky

$$D \geq D_D + 0,4 \times (D_D + H_D) + 10 \pm 0,1 \quad [\text{mm}] \quad (1.13)$$

1.3.6 Zápustkové oceli

Podle hlavních legujících prvků můžeme nástrojové oceli pro práci za tepla rozdělit na wolframové, chrómmolybdenové, niklové, chrómové a uhlíkové. (4)

Při kování jsou zápustky vystaveny, jednak mechanickému namáhání kde síly působící při kování vyvolávají stlačování a roztahování zápustky, způsobují úder – ráz a jednak tepelnému namáhání kdy příliš vysoká provozní teplota snižuje pevnost zápustek na funkčních částech a zvyšuje plastické vlastnosti oceli

což má za následek deformaci zápustkové dutiny, zvyšuje se opotřebení otěrem a rychlejší ztráta rozměrů. (4)

Požadavky na zápustkové oceli (1):

- a) vysoká pevnost a houževnatost v celém rozmezí kovacích teplot,
- b) dobrá prokalitelnost a co nejvyšší popouštěcí teplota,
- c) nízká teplotní roztažnost a co nejvyšší tepelná vodivost,
- d) vysoká otěruvzdornost,
- e) odolnost proti trhlinám tepelné únavy,
- f) dobrá obrobiteľnosť a příznivá cena.

Ocel pro výrobu zápustek

Nástrojová ocel: 19 552.3 (X37CrMoV5-1)

Použití:

Ocel pro velmi namáhané nástroje pro práci za tepla jako lisovací trny a matrice, nástroje na protlačování, nástroje pro výrobu šroubů a matic za tepla, nástroje pro tlakové lití, lisovací nářadí, zápustky, nože pro stříhání za tepla. (31)

Charakteristika:

Středně legovaná nástrojová ocel pro práci za tepla s dobrou houževnatostí, vysoká pevnost za zvýšených teplot, odolnost proti popouštění, odolnost proti tvorbě trhlin z tepelné únavy, odolnost proti chemickému působení roztažených kovů, dobrá tepelná vodivost a nízký součinitel tepelné roztažnosti, dostatečná prokalitelnost, stálost rozměrů po kalení a popouštění, dobrá obrobitelnost a lešitelnost. (31)

Dodávaný stav:

Ocel žíhaná na měkko, max. 229 HB (31)

Tab. 1.12 Chemické složení (31)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,33-0,41	0,80-1,20	0,25-0,50	4,80-5,50	1,10-1,50	0,30-0,50

Tab. 1.13 Tepelné zpracování (31)

Tváření za tepla Teplota °C	Žihání na měkko		Kalení		Popouštění					
	Teplota °C	Tvrdost HB max.	Teplota °C	Tvrdost HRC	Tvrdost HRC po popouštění °C					Dopor. teplota °C
					400	500	550	600	650	
1100 – 900	780 – 820	235	1000 – 1040	53	53	54	52	48	38	560 – 650

Popouštění:

Popustit minimálně 2×, vždy 2 hod. mezitím ochladit na cca 20 °C. Pokud bude při druhém popouštění zvolena stejná teplota, dojde ke snížení tvrdosti. (31)

Kalení:

Podle velikosti součásti ochlazovat v oleji, na vzduchu nebo ve slané lázni. Ocel je dobře prokalitelná při kalení v oleji nebo lázni u všech nejběžnějších průřezů. Na vzduchu kalit pouze součást do tloušťky do cca 80 mm. (31)

Údržba zápustek

V zápustkách se kovají polotovary o teplotách až 1 200 °C. Kvůli snížení nebezpečí praskání, je nutné předeheřt nástroj před tvářením na teplotu vyšší než je přechodová teplota. Přechodová teplota většiny zápustkových ocelí leží mezi 200 až 300 °C a po odstranění výkovku je zase zchladit stlačeným vzduchem nebo vodou. (4)

Pro snadnější odstranění výkovku a snížení tření při zaplňování dutiny materiálem se dutina maže. Okuje značně snižují trvanlivost zápustek, proto se odstraňují před každým kováním z dutiny zápustky, a to buď ocelovým kartáčem, nebo stlačeným vzduchem. (4)

Opotřebované zápustky se opravují (4):

- a) novým zapuštěním dutiny v bloku,
- b) dodatečným vyvločkováním,
- c) výměnou opotřebovaných vložek,
- d) navařením opotřebovaných částí.

1.4 Mazání

Mazivo má při tváření materiálu dva hlavní úkoly (34):

- a) zabránit kovovému styku mezi nástrojem a polotovarem,
- b) snížení třecích ztrát.

Kritéria pro výběr maziva (34):

- a) spojení mazacího a chladicího účinku,
- b) ovlivnění toku materiálu při tváření,
- c) obtížnost tváření,
- d) jednoduchost nanášení a odstranění maziva,
- e) ochranný účinek maziva proti korozi,
- f) požadavky na bezpečnost a hygienu práce,
- g) vhodnost maziva souvislosti s dalším zpracováním polotovaru,
- h) hospodárnost.

1.4.1 Maziva a jejich rozdělení

Oleje mohou být minerální nebo syntetické, v současné době se dává přednost syntetickým olejům, k zlepšení jejich dělicí schopnosti se do nich přidávají přísady (kovová mýdla, aditiva na bázi S, P a Cl), lze přidat i pevná maziva jako je grafit nebo MoS₂. (34)

Maziva na bázi mýdel vznikají reakcí s kovovými oxidy na povrchu kovů a zajišťují odolnost proti vysokým tlakům. Nejvíce je používán stearát sodný, který se nanáší ponorem polotovaru po fosfátování do horkého mýdlového roztoku. (34)

Pevná maziva grafit, používá se nejvíce v disperzi s vodou nebo olejem. Dalším mazivem je syrník molibdečný MoS_2 , WS_2 . Sklo jako prášek nebo natavená vrstva se používá při tváření za poloohřevu a za tepla. Mezi pevná maziva patří těžké a lehké kovy. (34)

Vodní emulze se používají při menších nárocích na mazání a větších nárocích na chlazení při rychlých tvářecích procesech při malých deformacích. (34)

1.5 Hmotnost a rozměry výchozího materiálu

Hmotnost výkovku se stanoví výpočtem nebo vážením. Při výpočtu se vychází z jmenovitých rozměrů výkovku a poloviny horní mezní úchytky u vnějších rozměrů a poloviny dolní mezní úchytky u vnitřních rozměrů a z měrné hmotnosti příslušného materiálu. Z hmotnosti polotovaru pak určíme jeho objem a z objemu určíme rozměry polotovaru. (1)

Celková hmotnost polotovaru (1):

$$m = m_v + m_{ov} + m_p \quad [\text{kg}] \quad (1.14)$$

$$m_p = \frac{\delta}{100} \times (m_v + m_{ov}) \quad [\text{kg}] \quad (1.15)$$

$$m_{ov} = \rho \times V_{v\ddot{y}r} \quad [\text{kg}] \quad (1.16)$$

$$\rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 7,85 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3} \quad (1.17)$$

Tab. 1.14 Opal v % podle způsobu ohřevu (1)

Ohřívací zařízení	Propal kovu δ (%)
Komorová plynová pec	2,5 až 3
Komorová elektrická pec	1 až 1,5
Indukční a odporový ohřev	0,5 až 1

Rozměry polotovaru pro kování vypočítáme takto (1):

- objem polotovaru:

$$V_p = \frac{m}{\rho} \quad [\text{mm}^3] \quad (1.18)$$

- průměr tyče:

$$D_p \geq 108 \times \sqrt[3]{\frac{V_p}{S_0}} \quad [\text{mm}] \quad (1.19)$$

- délka tyče:

$$L_p = \frac{V_p}{S_p} = \frac{4V_p}{\pi D_p^2} \quad [\text{mm}] \quad (1.20)$$

Štíhlostní poměr s_0

Konečný rozměr polotovaru se zaokrouhlí podle vyráběných rozměrů. U kruhového průřezu se volí maximálně (1):

$$\frac{L_p}{D_p} \leq 2,5 \quad [\text{mm}] \quad (1.21)$$

Při větších L_p je nebezpečí zakřivení polotovaru nebo vzniku přeloženin.

1.6 Dělení materiálu

V kovárnách se využívají většinou polotovary zhotovené válcováním za tepla a to zejména sochory čtvercové a kruhové, tyče čtvercové či kruhové. Výchozí rozměrnější polotovary je nutno dělit na přířezy konkrétní délky. (1)

1.6.1 Způsob dělení materiálu

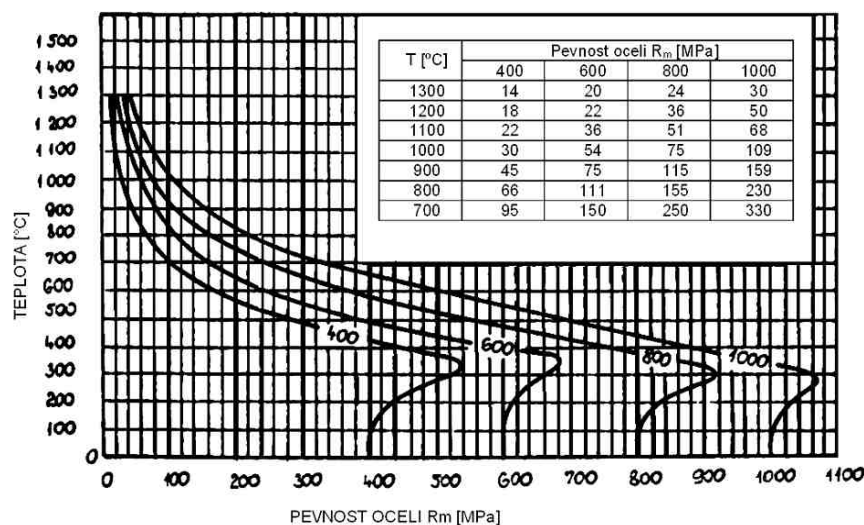
Řezání se uplatňuje zejména u neželezných kovů a slitin na rámových nebo pásových pilách. V současné době se stále více uplatňují nekonvenční způsoby elektrojiskrové laserem. (30)

Stříhání je nejlevnější a nejvýkonnější způsob dělení, nevýhodou je snížení jakosti střížné plochy. Nízkouhlíkové a nízkolegované oceli se stříhají za studena, vysokouhlíkové a vysokolegované oceli za tepla (ohřev 300 – 450 °C), dochází ke snížení střížné síly a vzniku trhlin. (30)

Lámání se provádí beranem lisu ohýbajícím silou např. kruhovou tyč opatřenou vrubem. (30)

1.6.2 Určení síly pro dělení materiálu

Velikost potřebné síly při stříhání je dána materiálem, průřezem tyče S a teplotou, při které se stříhá. (1)



Obr. 1.12 Hodnoty pretvárného odporu při různých teplotách (2)

Pro stříhání za tepla platí (1):

$$F = (12 - 15) \times S \times \sigma_p \quad [\text{N}] \quad (1.22)$$

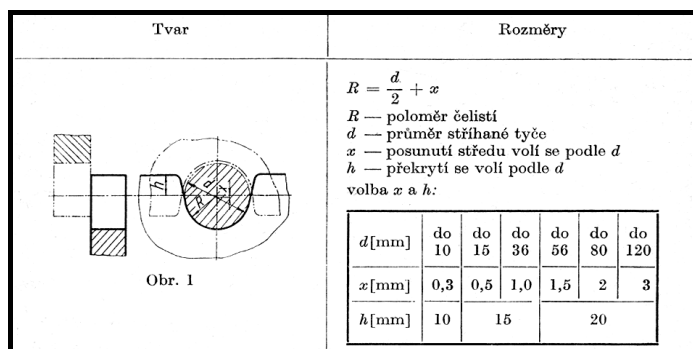
Při stříhání za tepla dosazujeme mez pevnosti R_{mt} při dané teplotě (obr. 1.12). Pro dělení stříháním se běžně používají strojní nůžky ScK. V tab. 1.15 je pro daný typ (označení značí sílu v t) je udán maximální průměr stříhané tyče. Pro jinou pevnost či tvar je nutné hodnoty přepočítat. (1)

Tab. 1.15 Přiřazení maximálního průměru stříhané tyče typu nůžek

Typ stroje	ScK 315	ScK 500	ScKU 800	ScK 1000	ScK 1600
průměr [mm] (při $R_{mt800} = 450 \text{ MPa}$)	77	97	122	137	173

1.6.3 Konstrukce stříhacích nožů

Nože i stříhací čelisti se vyrábějí z nástrojových ocelí. Například pro stříhání za tepla 19 721 nebo 19 732. Kalí se a popouštějí podle příslušných materiálových litů. (4)



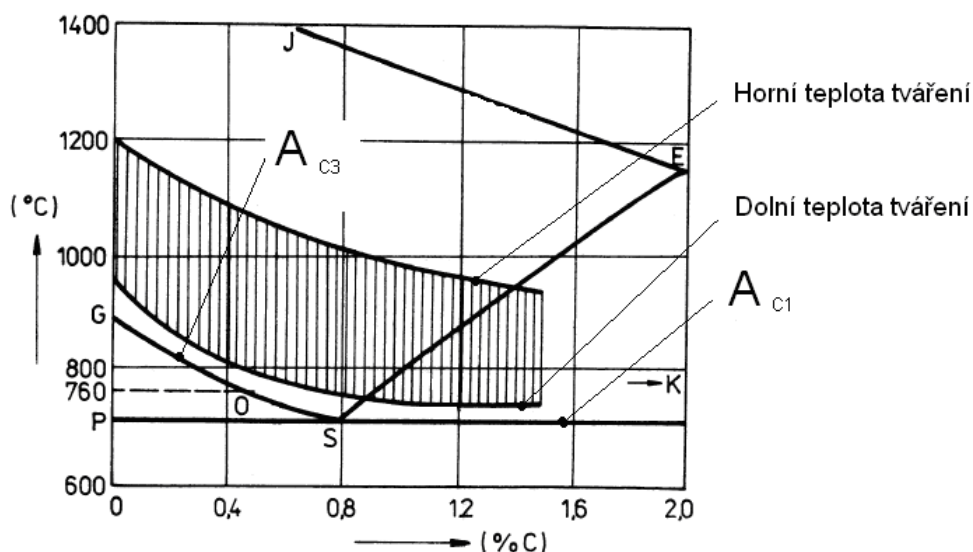
Obr. 1.13 Konstrukce tvarů stříhacích nožů – čelistí (4)

1.7 Ohřev materiálu

Pro volbu teplot při tváření ocelí platí (22):

- čím je teplota tváření vyšší, tím menší jsou odpory proti deformaci, tím více hrubne zrna a klesá houževnatost,
- vysoké teploty způsobují značný opal (okuje), který je při jednom ohřevu 0,5 až 5%,
- nesmí se překročit horní teplota tváření (pozor na spalení oceli) a končit se má na dolní teplotě tváření,
- rozhodující pro vlastnosti tvářené oceli je hlavně konečná teplota, při které tváření skončilo. Je to přibližně teplota 50°C nad čarou A_{c3} nebo A_{c1} . Tváření pod těmito čarami, je vlastně tváření za studena, kdy nastává zpevňování oceli,
- není-li práce při dolní teplotě tváření ještě skončena, je nutné materiál znovu přiměřeně ohřát. Pak se tváří na jedno nebo více ohřátí,

f) ocel je nejlépe tvárná v oblasti austenitu.



Obr. 1.14 Oblast tvářecích teplot (22)

1.7.1 Průvodní jevy ohřevu

Opal

Opal vzniká oxidací povrchových vrstev ohřívaného tělesa v pecní atmosféře obsahující volný kyslík, CO_2 a vodní páru. Oxidace se urychluje neustálým opadáváním okujů z povrchu ohřívaného tělesa následkem teplotní roztažnosti okujů a základního kovu. (1)

Nepříznivé důsledky opalu (1):

- a) ztráta kovu (1 až 3%),
- b) snížení životnosti pecí následkem nalepování okujů,
- c) odkujením před tvářením,
- d) snížení životnosti tvářecích nástrojů,
- e) možnost zatlačení okujů do povrchu tvářených výrobků.

Oduhličení

Působením CO_2 , H_2O a v menší míře O_2 , H_2 se ocel oduhličuje, což se projevuje snížením pevnosti, povrchové tvrdosti a dalších vlastností závislých na obsahu uhlíku. Za horní tvářecí teplotě převládá oxidace, kdežto při dolní tvářecí teplotě oduhličení. (1)

Přehřátí a spálení

Přehřátí oceli nastává při ohřevu těsně nad horní tvářecí teplotou, kdy hrubne austenitické zrna. Toto první stádium přehřátí se označuje jako přehřátí bez ovlivnění hranic zrn a napravuje se normalizačním žíháním. (1)

Druhé stádium přehřátí s ovlivněním hranic zrn, trvale znehodnocuje ocel. Za příčinu se považuje síra, která difunduje na hranice zhrublého austenitického zrna s nižší povrchovou energií. Při následném ochlazování se síra vylučuje na

hranici austenitického zrna v podobě sulfidů, které ve zvýšené koncentraci oslabují soudržnost feritického síťování, čímž se snižují plastické vlastnosti ocelí. (1)

1.7.2 Ohřívací zařízení

Indukční ohřev se používá hlavně v sériové a hromadné výrobě nebo na automatických linkách. Výhodou je čistota a rychlost ohřátí a možnost ohřívát jen určité místo součásti. Ohřívání polotovaru je umístěn uvnitř indukční cívky napojené na zdroj střídavého proudu vhodné frekvence (zvolené podle průřezu polotovaru – tab. 1.16), se vyvolá střídavé magnetické pole a vířivé proudy. Příslušné magnetické a elektrické ztráty se přemění v teplo. Výhodou tohoto způsobu je rychlý ohřev celku nebo jen části polotovaru. Velikost frekvence ovlivňuje značně dobu ohřevu i spotřebu proudu. Se zřetelem na dobrou účinnost ohřevu všeobecně platí, že malé rozměry ohřívaného materiálu vyžadují vyšší frekvenci a velké průřezy menší frekvenci. (1)

Tab. 1.16 Doporučené kmitočty v závislosti na průřezu ohřívané oceli (20)

Doporučená frekvence [kHz]	Průměr ohřívané oceli (mm)
100	5 až 20
10	14 až 40
8	15 až 50
4	22 až 70
3	24 až 90
2,5	28 až 100
1	50 až 180
0,5	80 až 280
0,05	190 až 500

Doba ohřevu má být v souladu s dobou potřebnou k vyrobení výkovku, tj. s taktem tvářecího stroje. Délka indukční cívky musí proto odpovídat potřebnému počtu přířezů (nebo předmětů) současně v cívce ohříváných. (1)

Legenda

-  Přednostní volba induktoru
-  2 x přednostní volba induktoru
-  Ekonomický ohřev - náročný na kvalitu dělení přířezů a rovinnost
-  Běžný ohřev - běžná kvalita dělení přířezů
-  Špatně dělené, nerovné přířezy nebo malé série, kdy se nevyplatí jiný induktor

Tabulka pro volbu vhodného induktoru

Charakteristický rozměr přířezu $\varnothing$ (mm) \ Jmenovitý rozměr induktoru

	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	160	180	200
100																				
105																				
110																				
115																				
120																				
125																				

Obr. 1.15 Volba induktoru (28)

Tab. 1.17 Základní technické parametry (28)

Ohřivač		KSO					
Výkonová řada		160 kW	250 kW	400 kW	500 kW	630 kW	800 kW
Ohříváný materiál		magnetická ocel					
Rozměry přířezů	Ø D, 4HR o straně D [mm]	15 – 60	20 – 80	30 – 100	30 – 120	50 – 130	60 – 120
	délka l [mm]	1,2 D – 300			1,2 D – 500		1,2 D – 400
Max. teplota ohřívání přířezů [°C]		1250					
Maximální ohřáté množství [kg/h]		360	625	1020	1300	1600	2000
Výkon [kW]		160	250	400	500	630	800
Kmitočet [kHz]		4 – 10	2 – 6	1,5 – 4	1 – 3	0,5 – 1,5	1
Příkon [kVA]		200	315	480	600	800	1000

1.8 Svislé kovací lisy

Charakteristické mohutným setrvačnickem, pneumatickou lamelovou spojkou a mohutnými stojany. Staví se až do síly 120 MN, a to jako dvoustojanové. Práce při jednom zdvihu je dána jen částí energie nashromážděné v otáčejícím se setrvačnicku. Maximální síla je omezena pevností stojanu a konstrukcí lisu. Tyto stroje pracují rovnoměrným pohybem (tlakem) a mají prakticky stálý zdvih, nastavitelný podle prováděné operace, která musí být ukončena při jednom zdvihu beranu. Rychlost pohybu beranu je 0,5 až 2 m.s⁻¹, počet zdvihů 15 až 100 min⁻¹. (32)

Tab. 1.18 Klikové kovací lisy (32)

Technické parametry / Řada lisů LMZ / LZK		LMZ 2500	LZK 3150 B	LZK 4000 B	LMZ 4000	LMZ 6500
Jmenovitá tvářecí síla	MN	25	31,5	40	40	65
Zdvih	mm	320	360	380	380	450
Sevření	mm	910	1000	1000	1000	1250
Přestavení beranu	mm	10	20	20	20	20
Počet zdvihů	1/min	70	65	60	60	45
Počet využitelných zdvihů	1/min	28	21	20	20	20
Průchod	mm	1740	1580	1580	1850	2300
Rozměr stolu	mm	1420x1400	1520x1520	1520x1600	1800x1700	2200x2000
Rozměr beranu	mm	1350x1250	1450x1450	1470x1500	1550x1700	2100x1890
Výška lisu	mm	6720	7340	9150	7950	8570
Výkon elektromotoru	kW	130	160	200	200	2x160
Systém řízení		SIEMENS – SIMATIC S 7				
Mazací systém		DELIMON				
Hydraulický systém		HYDRAULIK				

1.8.1 Výpočet kovací síly podle Rebelského

Kovací síla podle Rebelského (1):

$$F = 8 \times (1 - 0,001 \times D_v) \times \left(11 + \frac{20}{D_v} \right)^2 \times S \times \sigma_p \quad [\text{N}] \quad (1.23)$$

1.8.2 Výpočet kovací síly podle ČSN 22 8306

Koeficient C_0 určuje kolikrát je přirozený přetvárný odpor v závislosti na hmotnosti výkovku větší ve výronku (vlivem rychlejšího poklesu teploty) než uvnitř výkovku. Pro výkovky členité a tenkostěnné se bere hodnota vyšší než

pro výkovky tlustostěnné těže hmotnosti. Hodnoty součinitele C_0 jsou v tab. 1.19. Hodnoty přetvárného odporu σ_p za kovací teploty jsou v tab. 1.20. (23)

Tab. 1.19 Koeficient C_0 pro ocel (23)

Hmotnost výkovku v kg	Teplota výronku °C	Součinitel C_0
do 5	750 – 850	5,0 – 4,0
přes 5 do 10	800 – 900	4,5 – 3,5
přes 10 do 25	850 – 950	4,0 – 3,0
přes 25 do 50	900 – 1000	3,5 – 2,5
přes 50 do 100	950 – 1050	3,0 – 2,0

Tab. 1.20 Přetvárný odpor za kovací teploty (5)

Pevnost oceli R_m [MPa]	T [°C]						
	700	800	900	1000	1100	1200	1300
800	250	155	115	75	51	36	24

Výpočet přetvárných odporů (5):

σ_p = určí se z tabulky 1.20

$$\psi = 1 + 0,73 \times \mu \quad (1.24)$$

$$\sigma'_p = \sigma_p \times C_0 \quad (1.25)$$

$$\sigma_{d0} = \psi \times \sigma'_p = 1,285 \times \sigma'_p \quad (1.26)$$

$$\sigma_{d1} = \sigma_{d0} + \sigma'_p \times \frac{\Delta r_1}{Z_1} \quad (1.27)$$

$$\sigma_{d2} = \sigma_{d1} + \sigma'_p \times \frac{\Delta r_2}{Z_2} \quad (1.28)$$

$$\sigma_{dn} = \sigma_{dn-1} + \sigma'_p \times \frac{\Delta r_n}{Z_n} \quad (1.29)$$

Hodnoty σ_{d0} až σ_{dn} vyneseme do grafu $\sigma - x$ obr. 1.16.

Určení souřadnic těžišť r_j (5):

$$r_j = \frac{D_n}{2} + \frac{\Delta r_n}{2} \quad x - \text{řadnice obdélníka} \quad (1.30)$$

$$r_j = \frac{D_n}{2} + \frac{1}{3} \times \Delta r_n \quad x - \text{souřadnice trojúhelníka} \quad (1.31)$$

Výpočet dílčích ploch pod čarou průběhu přetvárných odporů (5):

$$S_j = \sigma_{dn} \times \Delta r_n \quad (1.32)$$

$$S_{j+1} = (\sigma_{dn+1} - \sigma_{dn}) \times \frac{\Delta r_n}{2} \quad (1.33)$$

Kovací síla působící ve směru pohybu zápustky (5):

$$F_N = 2\pi \times \sum_{j=1}^n S_j \times r_j \quad (1.34)$$

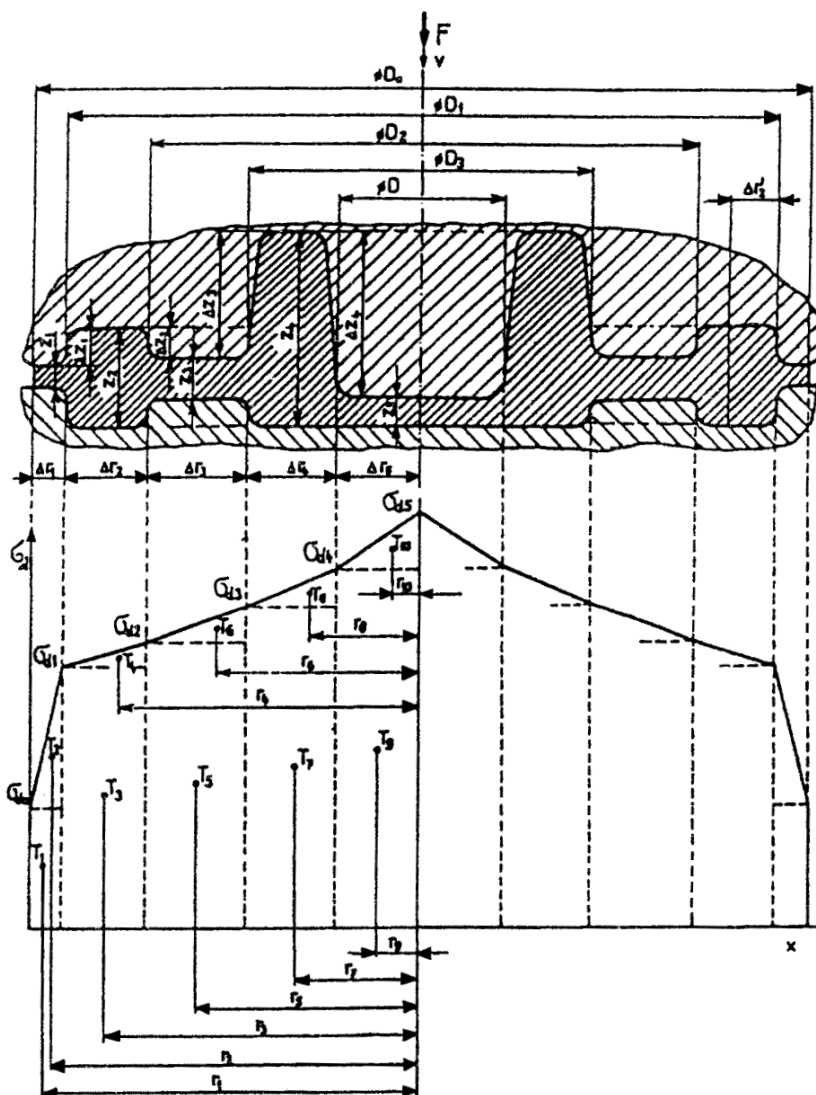
Složka kovací síly vznikající od smykových napětí na zkosených stěnách (5):

$$F_T = \frac{\sigma_p}{2} \times \pi \times \sum_{j=1}^n D_j \times \Delta z_j = \frac{\sigma_p}{2} \times \pi \times \sum_{j=1}^n \Delta S'_j \quad (1.35)$$

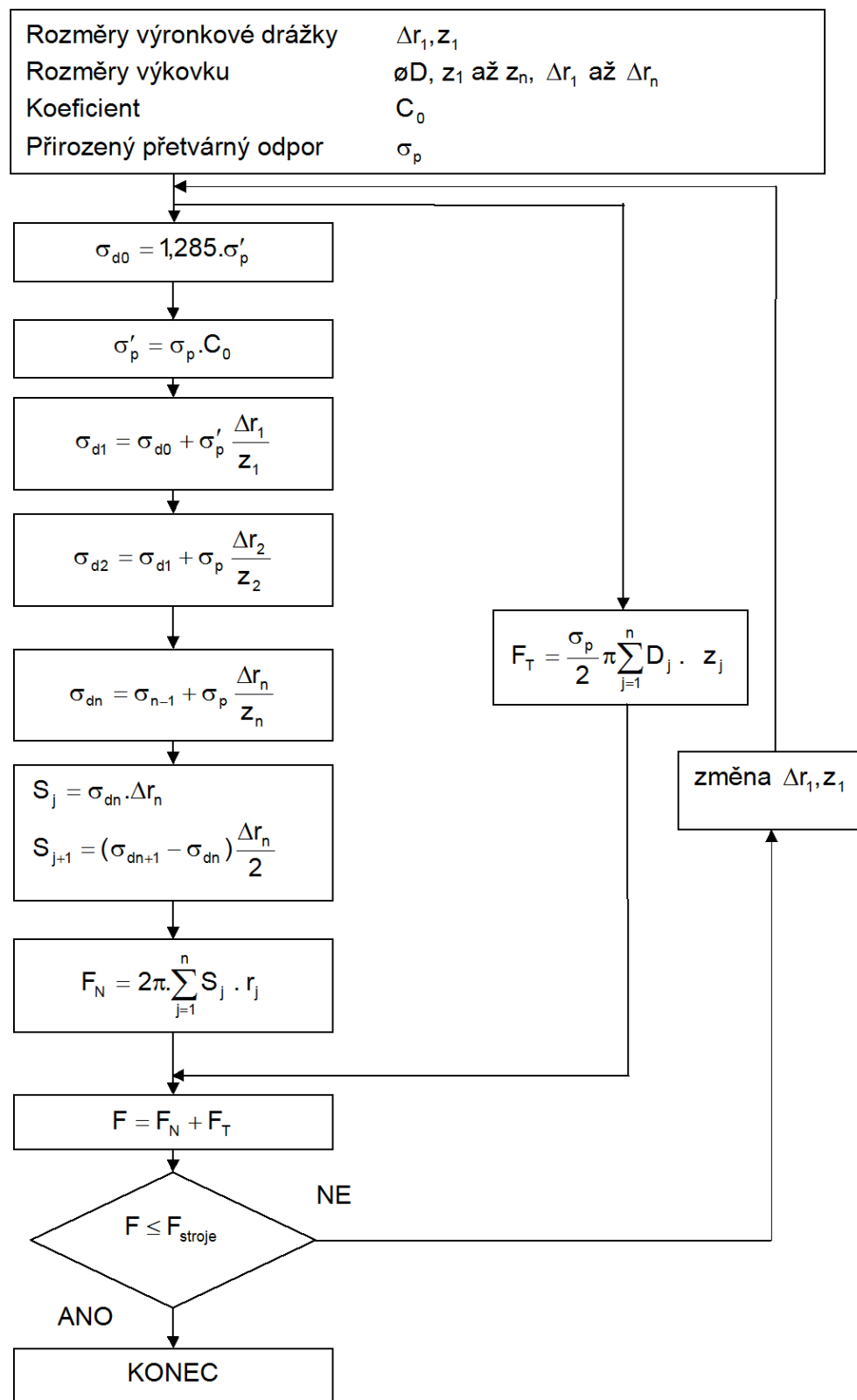
$$\sum_{j=1}^n \Delta S'_j = \Delta S'_n + \Delta S'_{n+1} = \pi \times D_n \times \Delta z_n + \pi \times D_{n+1} \times \Delta z_{n+1} \quad (1.36)$$

Výsledná kovací síla (5):

$$F = F_N + F_T \quad [N] \quad (1.37)$$



Obr. 1.16 Schéma výkovku a průběh přetvárného odporu (5)



Obr. 1.17 Vývojový diagram výpočtu kovací síly (24)

1.9 Ostřihování a děrování

Po vykování se výkovek nejprve děruje (pokud se předkovává díra) a potom se odstřihuje vnější výronek. Dělá se to většinou v postupovém nástroji upnutém na ostřihovacím lise. (1)

1.9.1 Určení velikosti stroje

Ostřihovací síla se vypočítává odděleně pro vnější a vnitřní výkovek (blánu). Protože se jedná o ostřihování, při kterém střížník nedosedá na střížnici, ale tlačí na výkovek, zvětšuje se síla až 1,7x. (2)

Pro ostřihování vnějšího výronku za tepla platí (2):

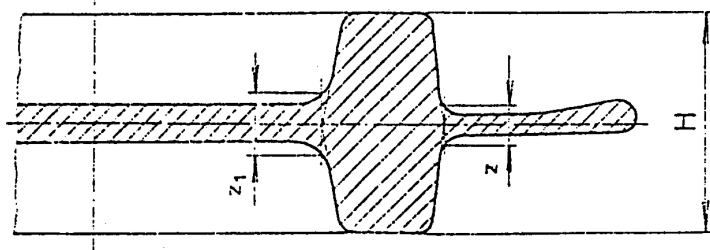
$$F_s = 17 \times O_v \times h_m \times \sigma_{pt} \quad [N] \quad (1.38)$$

Při současném ostřihování a děrování v kombinovaném nástroji celková síla bude (2):

$$F = F_s + F_{s1} \quad [N] \quad (1.39)$$

Pro určení velikosti lisu se vypočtená síla F s ohledem na opotřebení zápusťek a tím zvětšení tloušťky výronku zvyšují o 25%. (2)

$$F_c = 1,25 \times F \quad [N] \quad (1.40)$$



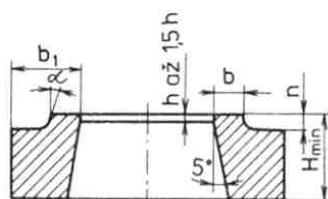
Obr. 1.18 Určení rozměru stříhané vrstvy (2)

1.9.2 Ostřihovací nástroj

Ostřihovací nástroj se skládá ze střížníku a střížnice.

Střížnice

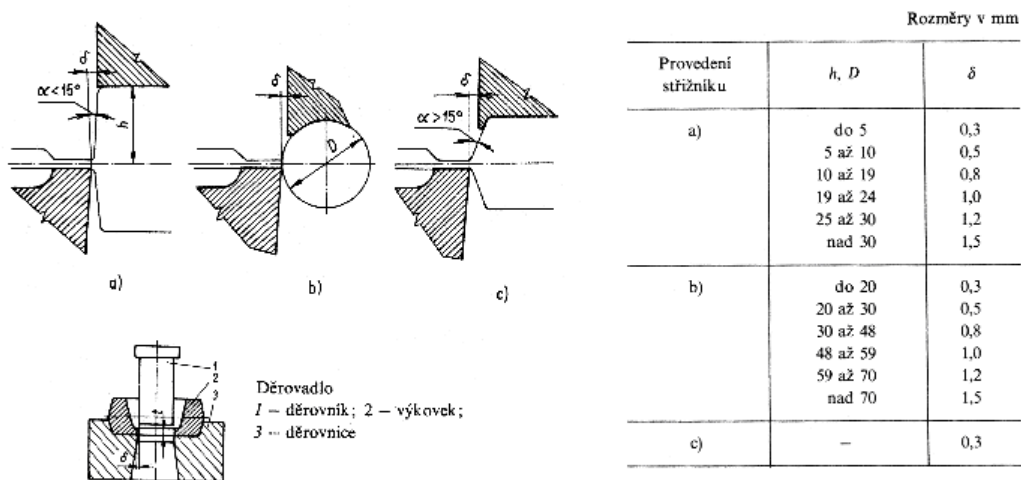
Střížnice se zhotovuje podle obrysu výkovku v dělicí rovině z jednoho kusu nebo dělené vzhledem k snadnější výrobě a ostření. Střížnice má sklon 5°, aby jí výkovek snadno propadl po ostřihování výronku. U kruhové střížnice se vrchní část ponechána válcová, čímž vzniká okraj po celém obvodu vysoký 1 až 1,5 tloušťky ostřihovaného výronku h . To umožňuje dodržení rozměru střížnice i po broušení. Brousí se pouze čelo střížnice. (1)



Základní rozměry střížnice:

Výronek [mm]	H_{min} [mm]	h [mm]	b_1 [mm]	b [mm]
do 16	50	10	35	volí se podle šířky mostku výronku
od 16 do 35	55	12	40	
nad 35	60	15	50	

Obr. 1.19 Základní rozměry střížnice (24)

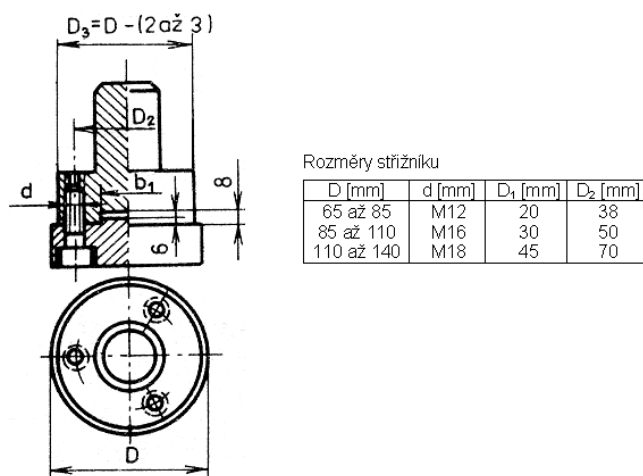


Obr. 1.20 Různé provedení střížníku a střížnice (1)

Střížník

Tvar střížníku je podle skutečných rozměrů a tvaru výkovku. Vůle je vždy na úkor střížníku a rozhodující mírou ovlivňuje kvalitu stříhu. Středící plochy je třeba volit podle tvaru výkovku tak, aby deformace výkovku při ostříhování byla co nejmenší. (2)

Způsob upevnění střížníku jsou znázorněné na obr. 1.21.



Obr. 1.21 Upevnění střížníku (24)

1.9.3 Konstrukce střížníku

Pokyny pro konstrukci střížníku (2):

- zajistit dobré středění výkovku v střížnici, aby nedocházelo k deformaci a snažit se zachovat jednoduché tvary k snadné výrobě,
- održet pokud možno nejmenší vnější rozměry střížnice, je-li možno použít jen středící části tvaru výkovku,
- používá-li se otvoru v průstřížnici jako propadového, musí být usnadněné snadné propadávání prostřížené blány,

- d) vyhnout se tenkým žebřům a výčnělkům v střižnici a středění co nejvíce zjednodušit,
- e) postranní vůle Δ mezi výkovkem a střižnicí ve středícím obrysu se má rovnat polovině kladné tolerance na příslušný rozměr výkovku. Plochy, které nestředí výkovek, je třeba dělat s vůlí $t = \Delta + 5$ [mm].

1.9.4 Ostříhovací lisy

Jsou to jednoduché klikové lisy s velkým otvorem ve stole a bočním beranem. Používají se hlavně pro ostříhování výronků výkovků a také pro ohýbání předkovků. (32)

Tab. 1.21 Ostříhovací lisy (32)

Technické parametry / Typy – řada LKOA/LDO		LKOA 200	LDO 315 A/S	LDO 500 A/S	LDO 800 A/S	LDO 1250 A/S
Jmenovitá tvářecí síla	kN	2000	3150	5000	8000	12500
Zdvih	mm	180	200	250	320	500
Sevření	mm	600	600	680	880	1000
Přestavení beranu	mm	100	140	160	180	200
Počet zdvihů	1/min	55	44	38	32	26
Počet využitelných zdvihů	1/min	25	22	20	17	15
Průchod	mm	1420	1400	1600	1900	2350
Rozměr stolu	mm	1415x1000	1380x950	1570x1100	1870x1350	2300x1500
Rozměr beranu	mm	1300x800	1380x950	1570x1100	1870x1300	2300x1500
Výška lisu	mm	4070	5140	5680	7000	9000
Výkon elektromotoru	kW	15	30	40	55	75
Systém řízení		HERION - SIMATIC S 7				
Mazací systém		DELIMON				
Hydraulický systém		SIEMENS- NORGREN - HOERBIGER				

1.10 Kalibrování a rovnání pokřivených výkovků

Zakřivení výkovků může nastat při kování v zápustce nebo při odstraňování ze zápustky nebo při odstraňování výronku. Rovnání se provádí po odstřížení v zápustce nebo na ocelové desce, na podložkách, popř. v rovnacím přípravku. Kalibrování se většinou provádí za studena na kolenových lisech. Výkovky s většími nároky na přesnost se po odstřížení výronku kovou v kalibrovací zápustce za tepla, u tvárnějších kovů i za studena. (1)

1.11 Tepelné zpracování

Tepelné zpracování kovů zlepšuje užité vlastnosti výrobku. Každý cyklus se skládá z ohřevu na požadovanou teplotu, výdrže na této teplotě a ochlazení. Parametry cyklu (rychlost ohřevu i ochlazení, teplota, čas) závisí nejen na účelu zpracování, ale i na materiálu výrobku, jeho tvaru i rozměru. (13)

Žihání normalizační

Spočívá v ohřevu podeutektoidních ocelí na teplotu 30 až 50 °C nad A_{c3} a ochlazování takovou rychlostí, aby se vytvořila struktura ferit + perlit. Normalizačním žiháním se zjemní austenitické zrna a zlepší mechanické vlastnosti. (13)

1.11.1 Pece pro tepelné zpracování

Tab. 1.22 Pece pro tepelné zpracování (33)

Typ LAC	t max	Vnitřní objem	Vnější rozměry (šxvxh)	Vnitřní rozměry (šxvxh)	Příkon	Hmotnost	Napětí
	°C	l	mm	mm	kW	kg	V
VKT 1000/12	1260	1000	2350x2650x3050	900x600x2000	60	1500	400
VKT 1500/12	1260	1500	2450x2500x3500	1000x600x2500	80	2300	400
VKT 2000/12	1260	2000	2250x3100x3500	1000x800x2500	110	2800	400
VKT 3000/12	1260	3000	2650x3250x4000	1000x1000x3000	130	3600	400
VKT 5000/12	1260	5000	2700x4500x4050	1200x1400x3000	180	4300	400
VKT 7000/12	1260	6700	2700x4500x5050	1200x1400x4000	250	5000	400

pro kalení, žhání, popouštění, umělé stárnutí

1.12 Povrchová úprava

Okuje vzniklé ohřevem, nečistoty od mazadel a místní povrchové vady je třeba z povrchu odstranit – mechanickým způsobem (otryskáváním, omíláním) nebo chemickým způsobem (mořením ve vodních roztocích kyselin a zásad, elektrolytické čištění, v taveninách solí, v plynech nebo parách). (4)

Tryskání

Tab. 1.23 Otryskovací stroje (29)

Bubnové metací stroje s nekonečným lamelovým pásem	SG2 NEH	SG4 NEH	SG6 H	SG6 H2	SG8 H2	SG10 H2
Objem vsázky	170 l	400 l	600 l	600 l	800 l	1000 l
Max. celková doporučená hmotnost vsázky	600 kg	1000 kg	2000 kg	2000 kg	2000 kg	2500 kg
Průměr tryskácké komory	800 mm	1000 mm	1200 mm	1200 mm	1350 mm	1350 mm
Šířka tryskácké komory	950 mm	1200 mm	1200 mm	1200 mm	1450 mm	1800 mm
Příkon metacích kol	11 kW	2 x 7,5 kW	30 kW	2 x 15 kW	2 x 22 kW	2 x 30 kW

Stroj je vybaven nekonečným pásem ve tvaru bubnu vyrobeného ze speciálních antiabrazivních ocelových lamel. Elementy jsou vkládány na pás ručně nebo automaticky. Při pohybu pásu se elementy valí po pásu, nad kterým je umístěno metací kolo, které rovnoměrně otryskává vnější povrch všech prvků. Vykládání prvků se provádí zpětným chodem pásu. Tryskací komora je vyložena speciální manganovou ocelí. S motorickým otevíráním dveří. S možností osazení nakladače a magnetického separátoru.

Při otryskávání je povrch výkovku vystaven paprsku otryskavacích prostředků. Jednotlivá zrna, letící značnou rychlostí, při dopadu tlakovým a řezným účinkem drtí a odstraňují okuje. Za předpokladu, že tryškač pracuje ve všech směrech optimálně, závisí doba tryskání především na druhu (materiálu a tvaru) výkovků. Výkovky tvarově složitě s dutinami nebo otvory vyžadují delší čas než výkovky tvarově jednoduché. Výkovky z oceli je nutno tryskat déle než výkovky z neželezných kovů. Nadměrná doba otryskávání vede pravidelně k deformacím a značnému opotřebení exponovaných míst (tj. výstupků a hran atd.). (4)

Omílání

Při omílání se výkovky otáčejí v bubnu za sucha nebo ve vhodné kapalině kde dochází k vzájemnému otírání výkovků a omílacích prostředků. Při omílání se výkovky zbavují okují, švů a otřepů, jednak vyhlazují působením brusných

prostředků. Omílání je vhodné pro menší a drobné výkovky s tenčími a nepříliš přilnavými okujemi, zejména pro výkovky neželezných kovů. (4)

Moření

Náročnost moření je dána rozdílným stupněm naoxidování povrchu. Procesem moření se odstraňují z povrchu materiálu hlavně oxidační zplodiny a některé další nečistoty. Z oxidů se zásadně jedná o FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 . Nejlépe se rozpouští FeO , nejhůře Fe_2O_3 . Pro ocel se používají dvě kyseliny kyselina sírová a kyselina chlorovodíková. (4)

1.13 Vady výkovků a jejich příčiny

Zakované okuje vznikají nedostatečným odstraněním okujů před vlastním kováním, nejčastěji se objevují u lisovaných výkovků. (4)

Vnitřní dutiny se objevují ve středních partiích výkovků v důsledku neúměrně velké deformace, kdy vzniklé napětí překročí mez pevnosti materiálu. Napětí je tím větší, čím je nižší kovácká teplota. (4)

Zákovek je v podstatě přerušení vláken, které může vést ke vzniku trhlin při obrábění. (4)

Trhliny je jejich příčinou přehřátí nebo spálená struktura, nekvalitní materiál polotovaru (u oceli např. velký obsah síry), vysoká rychlost kování nebo přítomnost plynů pod povrchem materiálu. (4)

Vlasové trhliny – v pórovitých místech, kde jsou přítomny vměstky, zavalení a plyny. (4)

Podélné a příčné praskliny vznikají při rychlém ohřevu nebo chladnutí, při nízkých kováckých teplotách, jestliže jsou vnitřní nebo povrchová napětí větší než pevnost materiálu. (4)

Nedokovaný výkovek je v důsledku nedostatečného nebo příliš velkého přebytku kovu. (4)

1.13.1 Zjišťování vad

Na povrchu (4):

- a) zkouškou elektromagnetickou polévací,
- b) zkouškou kapilární.

Vnitřních vad (4):

- a) zkouškou prozařováním rentgenovým zářením a gama zářením,
- b) zkouška ultrazvukem.

1.14 Zkouška tvrdosti

Zkouška tvrdosti podle Brinella (ČSN EN 10003–1) je vtlačování vnikacího tělesa ve tvaru kuličky do povrchu zkušebního tělesa a změření průměru vtisku, který zůstane na povrchu zkušebního tělesa po odlehčení zkušebního zatížení. (14)

2 STÁVAJÍCÍ MOŽNOSTI VÝROBY

- Odlévání
- Obrábění
- Objemové tváření za tepla

2.1 Odlévání

Odlitky mají ve srovnání s tvářenými polotovary obdobného složení zpravidla horší hodnoty mechanických vlastností, což bývá dáno jejich hrubší strukturou, nehomogenitou a přítomností některých vad. V litém stavu je také u odlitků třeba počítat s přítomností vnitřních pnutí. U většiny slitin jsou jejich vlastnosti silně závislé na podmínkách lití a chladnutí odlitků (licí teplotě a tlaku při plnění formy, materiálu a teplotě formy a dále na tloušťce stěny odlitku, jejíž vliv na vytváření struktury bývá často opomíjen). (17)

Výhody (17):

- a) přímá cesta od surovin k výrobku,
- b) možnost odlévání většiny kovů a slitin,
- c) možnost zhotovovat díly v široké škále hmotnosti,
- d) dosažení poměrně jednoduchými postupy složitých tvarů,
- e) hospodárnost v kusové i velkosériové výrobě.

Nevýhody (17):

- a) vznik hrubozrnné struktury u silnostěnných odlitků,
- b) nebezpečí vzniku vnitřních vad (staženina, bublin apod.),
- c) nerovnoměrné chladnutí a rozdíly stěn odlitků vedou ke vzniku pnutí, deformací a poruch souososti,
- d) energetická náročnost,
- e) řešení ekologických a hygienických dopadů výroby,
- f) přizpůsobení konstrukce odlitku především formovací technice a smršťování při tuhnutí a chladnutí,
- g) pro odstranění nedostatků licí struktury a dosažení v normách uváděných hodnot mechanických vlastností vyžaduje řada odlitků tepelné zpracování.

2.2 Obrábění

Používá se pro výrobu hotových kusů nebo výrobu nástrojů pro jiné výrobní technologie, jako jsou technologie tváření, slévání, stříhání, svařování, nekonvenční metody obrábění atd. (10)

Výhody (10):

- a) provést různé operace při jednom upnutí obrobku,
- b) není potřeba speciálních nástrojů oproti kování,

- c) vysoká pružnost a automatizace technologických procesů,
- d) využití počítačové podpory,
- e) umožňují řešit velmi složité technologické operace,
- f) obrábění tvarových ploch rovinných i prostorových (např. formy pro tlakové lití, zápustky, vačky, křivkové kotouče atd.),
- g) nejrozšířenější metoda zpracování hutních polotovarů,
- h) tvarová a rozměrová přesnost.

Nevýhody (10):

- a) velký odpad materiálu oproti kování,
- b) delší čas na výrobu součásti oproti kování.

2.3 Objemové tváření za tepla

Objemové tváření materiálu za tepla, které je charakterizováno řízeným tečením kovu dle tvaru dutiny zápustky. Užívá se při velkém počtu tvarově stejných součástí. (5)

Výhody tváření za tepla (5):

- a) malé přetvárné odpory za vysokých teplot tváření, které se s rostoucím stupněm přetvoření nemění,
- b) potřeba menších tvářecích sil a tím i menší přetvárné práce,
- c) menší silové namáhání nástroje,
- d) pro velké série výkovků,
- e) krátký pracovní čas.

Nevýhody tváření za tepla (5):

- a) velká spotřeba energie na ohřev, vyšší investiční náklady,
- b) značné tepelné namáhání nástroje a stroje,
- c) menší tvarová a rozměrová přesnost (větší přídavky),
- d) horší kvalita povrchu (oduhličení a okuje),
- e) vláknitá struktura výkovku s rozdílnými mechanickými vlastnostmi podél a napříč.

2.4 Zvolená výroba

Vzhledem k množství vyráběných kusů součásti (100 000 ks), požadovaných mechanických a fyzikálních vlastností součásti (stupně prokování) a na základě porovnání výroby podobných součástí s podobnou sériovostí, kde se takové součásti obvykle vyrábějí objemovým tvářením za tepla. Z těchto důvodů je nejvhodnější výroba dané součásti objemové tváření za tepla. Jiná možnost výroby je velmi pracná, materiálově náročná a tím i ekonomicky nevýhodná.

3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANÉ SOUČÁTI

- Kování na bucharu
- Kování na vřetenovém lisu
- Kováním na klikovém kovací lisu

3.1 Kování na bucharech

Buchary jsou vhodné pro výrobu výškově členitých výkovků, protože stoupavost materiálu je vzhledem k padací rychlosti beranu bucharu lepší než u lisů. Složitější část výkovku se umísťuje do horní poloviny nástroje. (5), (32)

Buchary pracují rázem a výkovek se zhotovuje vždy na několik úderů z předkovku nebo postupným kováním. Buchar je výhodný pro výrobu malých výkovků, tj. s malou tepelnou kapacitou, protože umožňuje docílení deformace za kratší dobu. Spotřeba materiálu je při kování na bucharu obvykle až o 3% vyšší (větší úkosity a zbytky konců tyče) než při kování na mechanických klikových lisech. Rychlost beranu bucharu je až 9 m.s^{-1} . (5), (32)

Výhody (5):

- a) univerzálnější,
- b) možno provádět i pomocné operace,
- c) čas styku nástroje s výkovkem je kratší než na lisu, což má vliv na životnost nástrojů,
- d) materiál lépe zatéká proti směru a ve směru rázu,
- e) jsou rozměrově a váhově menší než lisy.

Nevýhody (5):

- a) kování na bucharu se uskuteční na několik úderů,
- b) materiál málo zatéká do šířky,
- c) použití v automatizované výrobě je náročnější,
- d) vysoká hlučnost a otřesy,
- e) zápustky jsou více namáhané a rychleji se opotřebovávají,
- f) vyšší kvalifikace obsluhy.

3.2 Kování na vřetenových lisech

Používají se v malosériové výrobě při kování v otevřených i uzavřených zápustkách, při rovnání, děrování, kalibrování, protlačování do maximální hmotnosti výkovku cca 50 kg. (5), (32)

Vřetenové lisy pracují stejně jako buchary rázem, ale s poměrně malou rychlostí pohybu beranu ($0,3 - 0,6 \text{ m.s}^{-1}$), což odpovídá spíše klikovým lisům. Kove se v jednodutinové zápustce jedním úderem, pouze v ojedinělých případech u členitých výkovků se nelze vyhnout kování větším počtem úderů. Kování v postupových zápustkách se na vřetenových lisech nepoužívá, protože při mimostředném zatížení by došlo ke křížení beranu. V nevyhnutelných případech je možno do zápustky umístit jednu méně náročnou přípravnou operaci. Kon-

strukce umožňuje využití vyhazovače, umístěného v dolním dílu zápustky. (5), (32)

3.3 Kování na klikových kovacíh lisech

Používají se v moderních kovárnách, vyrábějících velké série zápustkových výkovků pro strojírenský průmysl. Z hlediska mechanizace a automatizace kovacího cyklu jsou klikové lisy mnohem výhodnější než buchary.

Mechanické klikové lisy pracují klidným tlakem a jejich zdvih je konstantní. Při procesu kování na klikových lisech musí být provedena na jeden zdvih v jedné zápustkové dutině jedna operace. Nevýhodou kování klidným tlakem na kovacíh lisech je okolnost, že okuje, vznikající při ohřevu na kovací teplotu se zalisovávají do výkovku. Z těchto příčin je nutno před kovááním buď okuje odstranit, nebo volit takový režim ohřevu, při kterém je vznik okují snížen na minimální možnou míru. Rychlost pohybu beranu je $0,5$ až 2 m.s^{-1} , počet zdvihů 15 až 100 min^{-1} . (5), (32)

Výhody (5):

- a) nižší hlučnost a menší otřesy,
- b) nevyžadují kvalifikovanou obsluhu při kováání,
- c) každá operace se uskuteční na jeden zdvih lisu,
- d) vyšší přesnost výkovku (přesnější vedení zápustek),
- e) možnost použití vyhazovačů (snížení úkosů výkovku),
- f) použití v automatizované výrobě,
- g) výkonnost je až třikrát větší než u bucharů.

Nevýhody (5):

- a) u mechanických lisů s poměrně velkou silou se vykovávají malé výkovky (oproti bucharu),
- b) nehodí se pro kováání výškově členitých výkovků.

3.4 Porovnání vhodnosti bucharu a lisu

Odlišnost ve způsobu zatékání kovu do dutiny zápustky jsou základní faktorem ovlivňující jak volbu druhu tvářecího stroje pro danou součást, tak rozsah předběžného předkování výchozího polotovaru. Rázový účinek u bucharu způsobuje větší rychlost tečení a snadnější zaplňování hlubších dutin ve směru rázu a naopak, klidné působení síly lisu způsobuje lepší tečení kovu ve směru kolmém k působící síle. Mimo to dutina horní zápustky se u bucharu zaplňuje lépe než spodní. Je to způsobeno následkem setrvačných sil ve tvářeném materiálu a v důsledku většího ochlazení polotovaru ve spodní části, kde je delší dobu v dotyku se zápustkou než v její horní části. (5)

3.5 Zvolená technologie

Zadaná součást výkovku je výškově méně členitá a více se kove ve směru kolmém k působící síle. Z tohoto důvodu bude nejlepší technologie pro výrobu součásti použít zápustkové kováání na svislém kovacím lisu.

4 STANOVENÍ VEŠKERÝCH TECHNOLOGICKÝCH DAT A VYPRACOVÁNÍ

Výkovek je navrhnutý podle kap. 1

- Výkres součásti: viz příloha 1
- Materiál součásti: 14 220
- Pevnost v tahu: $R_m = 800 \text{ MPa}$
- Teplota kování: $1250 - 800 \text{ }^\circ\text{C}$

4.1 Zařazení výkovku podle složitosti tvaru

Tvarový druh	5 – výkovek kruhového průřezu dutý
Tvarová třída	4 – oboustranně osazený
Tvarová skupina	2 – výkovky duté
Tvarová podskupina	0 – bez přesahu
Technologické hledisko	3 – výkovek s dělicí plochou kolmo na hlavní osu, souměrný

Číslo složitosti tvaru: **5420 – 3**

4.2 Stanovení přídavek na obrábění

$D = \varnothing 210 \text{ mm}$

$v = 62 \text{ mm}$

Přídavek na obrábění je stanoven podle tab. 1.4 na **2,5 mm**.

4.3 Minimální poloměry zaoblení

Minimální poloměry zaoblení jsou stanoveny podle kap. 1.2.4 a tab. 1.5:

$R_{1,2} = 8 \text{ mm}$

$r_{1,2} = 3 \text{ mm}$

$R_n = 6 \text{ mm}$

$r_n = 2,5 \text{ mm}$

4.4 Mezní úchytky zaoblení přechodů

Mezní úchytky: $R = \begin{smallmatrix} +0,50 \\ -0,25 \end{smallmatrix}$, $r = \begin{smallmatrix} +0,25 \\ -0,50 \end{smallmatrix}$

4.5 Minimální tloušťka

$H = 67 \text{ mm}$

$D = \varnothing 215 \text{ mm}$

Podle kap. 1.2.5 a tab. 1.6:

$H_1, s = 15 \text{ mm}$

Výkovek vyhovuje.

4.6 Volba úkosu

Pro lis s vyhazovačem jsou boční úkosy určeny podle tab. 1.7:

- vnější plochy $\alpha = 3^\circ$
- vnitřní plochy $\beta = 5^\circ$

4.7 Určení mezní úchytky, tolerance a tvarů výkovku

Podle tab. 1.3 a složitosti tvaru 5420 – 3 vychází stupeň přesnosti:

- Pro rozměry kolmé ve směru k rázu stupeň přesnosti: IT 5
- Pro rozměry rovnoběžné ve směru rázu stupeň přesnosti: IT 6

4.7.1 Mezní úchytky a tolerance

$H = 67\text{ mm}$

$D = \varnothing 215\text{ mm}$

Mezní úchytky a tolerance rozměru jsou určeny z tab. 1.8 a 1.9:

- Kolmé ve směru rázu: $\perp_{-0,8}^{+1,5}\text{ mm}$, tolerance 2,3 mm
- Rovnoběžné ve směru rázu: $II_{-1,2}^{+2,4}\text{ mm}$, tolerance 3,6 mm

Pro vnitřní rozměry jsou stejné mezní úchytky, ale s opačnými znamínky.

4.7.2 Mezní úchytky tvarů výkovku

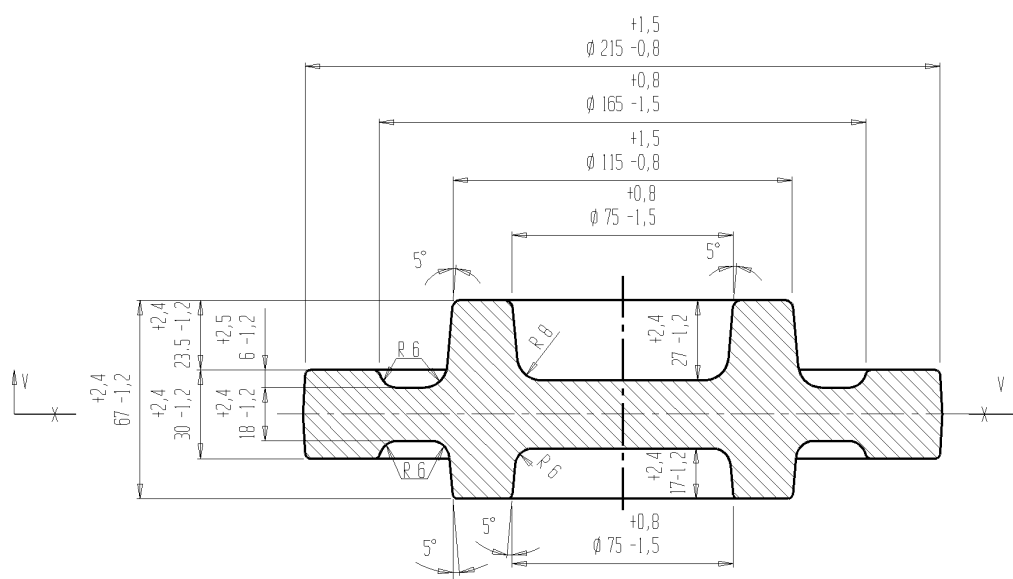
Hodnota dovoleného přesazení p , otřepu, sestřizení g a dovolené jehly a je podle kap. 1.2.8:

$p = g = -0,8\text{ mm}$

$a = +2,4\text{ mm}$

4.8 Poloha dělicí roviny

Poloha dělicí roviny je navrhnutá vzhledem k symetričnosti součásti v polovině výšky výkovku podle kap. 1.2.9.



Obr. 4.1 Návrh výkovku (nekótované úkosy $2,5^\circ$, nekótované poloměry zaoblení $R\ 2,5\text{ mm}$)

4.9 Tvar a rozměr výronkové drážky

Určíme podle kap. 1.3.1 a z tab. 1.10:

Výška můstku: $h = 4,5 \text{ mm}$

Šířka můstku: $s = 8 \text{ mm}$

4.9.1 Hloubka zásobníku

$$n = 0,4 \times h + 2 = 0,4 \times 4,5 + 2 = 4 \text{ mm}$$

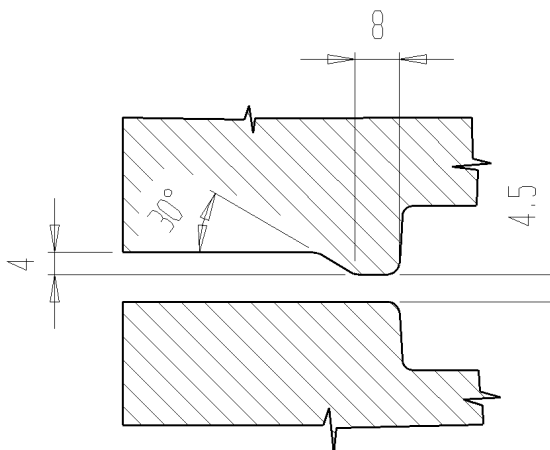
4.9.2 Objem výronku

$$o = \pi \times D_v = \pi \times 216 = 678,584 \text{ mm}$$

$$V_{\text{vyr}} = o \times \left[s \times h + \left(n + \frac{h}{2} \right) \times B \right] = 678,584 \times \left[8 \times 5 + \left(4 + \frac{5}{2} \right) \times 20 \right] = 115359,3 \text{ mm}^3$$

4.9.3 Zaoblení hran výronkové drážky

$$r = 2,5 \text{ mm}$$



Obr. 4.2 Tvar a rozměr výronkové drážky

4.10 Výpočet hmotnosti výkovku

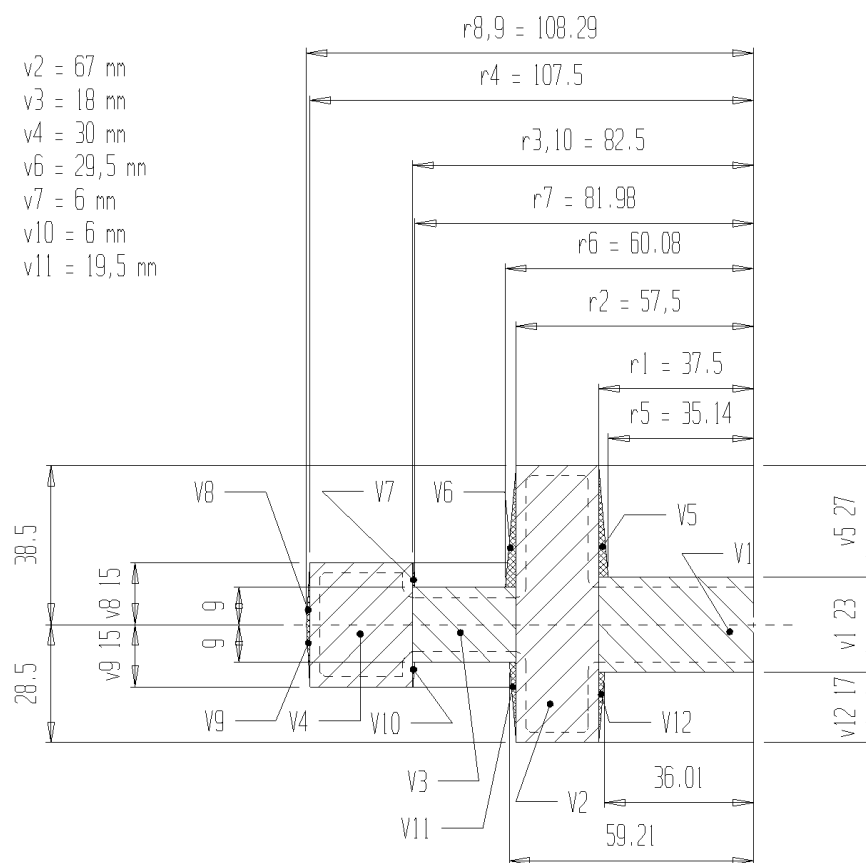
$$V_n = \pm (\pi \times r_{d,n} \times v) \pm \left(\frac{\pi \times v}{3} \times (r_d^2 + r_d \times r_n + r_n^2) \right)$$

$$V_n = \pi \times r_n^2 \times v$$

$$r_d = r_n^2 \pm (\text{tg}_{\alpha,\beta} \times v)$$

Výpočet objemu součásti

Výpočet objemu součástí							
Poloměr [mm]		Výška [mm]		Úhel [°]		Výsledný objem [mm ³]	
r1	37,50	v1	23,00			V1	101 610,89
r2	57,50	v2	67,00			V2	399 924,74
r3	82,50	v3	18,00			V3	197 920,34
r4	107,50	v4	30,00			V4	447 676,95
r5	35,14	v5	27,00	β	5	V5	7 349,36
r6	60,08	v6	29,50	β	5	V6	13 954,26
r7	81,98	v7	6,00	β	5	V7	806,95
r8	108,29	v8	15,00	α	3	V8	4 011,80
r9	108,29	v9	15,00	α	3	V9	4 011,80
r10	81,98	v10	6,00	β	5	V10	806,95
r11	59,21	v11	19,50	β	5	V11	6 083,20
r12	36,01	v12	17,00	β	5	V12	2 944,60
Celkem objem součástí V _c							1 187 101,84



Obr. 4.3 Plochy pro výpočet objemu výkovku

$$\rho = 7,85 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3}$$

$$m = \rho \times V_c$$

$$m = 7,85 \times 10^{-6} \times 1187101,84 = 9,319 \text{ kg}$$

Hmotnost výkovku je 9,319 kg.

4.11 Hmotnost výchozího polotovaru

Podle kap. 1.5

$$m_v = 9,319 \text{ kg}$$

$\delta = 1\%$ (stanoveno z tab. 1.14 pro indukční ohřev)

$$\rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 7,85 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3}$$

Hmotnost odpadu výronku:

$$m_{ov} = V_{vyr} \times \rho = 15359,3 \times 7,85 \times 10^{-6} = 0,906 \text{ kg}$$

Hmotnost odpadu na propal:

$$m_p = \frac{\delta}{100} \times (m_v + m_{ov}) = \frac{1}{100} \times (9,319 + 0,906) = 0,1 \text{ kg}$$

Celková hmotnost polotovaru:

$$m = m_v + m_{ov} + m_p = 9,319 + 0,906 + 0,1 = 10,3 \text{ kg}$$

Objem polotovaru:

$$V_p = \frac{m}{\rho} = \frac{10,3}{7,85 \times 10^{-6}} = 1312102 \text{ mm}^3$$

4.12 Výchozí rozměr materiálu

Průměr tyče:

$$D_p \geq 108 \times \sqrt[3]{\frac{V_p}{S_0}} = 108 \times \sqrt[3]{\frac{1312102}{2,5}} \doteq 87,1 \text{ mm}$$

Z důvodu lepšího zatíkáni kovu v zápustce a dodržení štíhlostního poměru volíme průměr výchozího materiálu $\varnothing 110 \text{ mm}$.

Délka tyče:

$$L_p = \frac{V_p}{S_p} = \frac{4 \times V_p}{\pi \times D_p^2} = \frac{4 \times 1312102}{\pi \times 110^2} \doteq 138 \text{ mm}$$

$$L_{p\max} \leq 2,5 \times D_p$$

Štíhlostní poměr:

$$\frac{L_p}{D_p} \leq 2,5$$

$$\frac{138}{110} = 1,25 \leq 2,5 \quad \text{vyhovuje podmínice}$$

Výchozí rozměr materiálu je $\varnothing 110 \times 138 \text{ mm}$ o hmotnosti 10,3kg.

4.13 Dělení materiálu

Podle kap. 1.6 pro stříhání za tepla platí:

$$F = (12 - 15) \times S \times \sigma_p = 15 \times \frac{\pi \cdot 110^2}{4} \times 450 = 6414740 \div 6,4 \text{ MN}$$

Pro dělení materiálu byly vybrány:

Ohřev: komorová pec (výrobce E-thermTZ)

Doba ohřevu: dle doporučení výrobce pece

Strojní nůžky: ScKU 800

Průměr nožů: $D_n = D_p + 2 \times \Delta = 110 + 2 \times 3 = 116 \text{ mm}$

4.14 Ohřev materiálu na kovací teplotu

Podle kap. 1.7 pro ohřev přířezku $\varnothing 110 \times 138 \text{ mm}$ byl vybrán indukční ohříváč KSO 800kW.

Základní technické parametry indukčního ohříváče z tab. 1.17:

Ohříváč:	KSO 800 kW
Výkonová řada:	800 kW
Ohříváný materiál:	magnetická ocel
Rozměry přířezů:	
$\varnothing D$:	60 – 120 mm
délka l:	1,2 D – 400 mm
Max. teplota ohříváných přířezů:	1250 °C
Maximální ohřáté množství:	2000 kg/h
Výkon:	800 kW
Kmitočet:	1 kHz
Příkon:	1000 kVA

4.14.1 Kontrola zvoleného ohříváče

Průměr tyče:

- Průměr přířezku: $D = \varnothing 110 \text{ mm}$
- Průměr ohříváče: $\varnothing 60 - 120 \text{ mm}$

Průměr tyče vyhovuje.

Délka:

- Délka přířezku $L = 138 \text{ mm}$
- Minimální délka přířezku $L = 1,2 \times 110 = 132 \text{ mm}$

Délka přířezku vyhovuje.

4.14.2 Doba ohřevu

Podle údajů výrobce je maximální ohřáté množství 2000 kg/h na 1200 °C.

$$2000 \text{ kg/h} \Rightarrow \frac{1}{2000} \times 3600 \Rightarrow 1 \text{ kg} = 1,8 \text{ s}$$

$$t = m \times 1,8 = 10,3 \times 1,8 \times 1,2 = 22,3 \div 23 \text{ s}$$

4.14.3 Induktor

Podle údajů výrobce z obr. 1.15 ($\varnothing$ (mm) / Jmenovitý rozměr induktoru):

- pro ekonomický ohřev 110×110 mm

4.15 Výpočet kovací síly na svislém kovacím lisu

Materiál: 14 220

Kovací teplota: 1100 °C

Koeficient z tab. 1.19: $C_0 = 4,7$

Přirozený přetvárný odpor při teplotě 1100 °C z tab. 1.20: $\sigma_p = 51 \text{ MPa}$

Přirozený přetvárný odpor při teplotě 1000 °C z tab. 1.20: $\sigma_p = 75 \text{ MPa}$

4.15.1 Určení kovací síly podle Rebelského

$$\begin{aligned} F &= 8 \times (1 - 0,001 \times D_v) \times \left(11 + \frac{20}{D_v} \right)^2 \times S \times \sigma_{p1000} = \\ &= 8 \times (1 - 0,001 \times 216) \times \left(11 + \frac{20}{216} \right)^2 \times \left(\frac{\pi \times (216 + 2 \times 8)^2}{4} \right) \times 75 = \\ &= 35295371,76 \text{ N} \div 35,3 \text{ MN} \end{aligned}$$

4.15.2 Určení kovací síly podle ČSN 22 3806

Rozměry výkovku:

$z_1 = 4,5 \text{ mm}$	$D_0 = 231 \text{ mm}$	$\Delta r_1 = 8 \text{ mm}$	$\Delta z_1 = 12,5 \text{ mm}$
$z_2 = 30 \text{ mm}$	$D_1 = 215 \text{ mm}$	$\Delta r_2 = 25 \text{ mm}$	$\Delta z_2 = 6 \text{ mm}$
$z_3 = 18 \text{ mm}$	$D_2 = 165 \text{ mm}$	$\Delta r_3 = 25 \text{ mm}$	$\Delta z_3 = 29,5 \text{ mm}$
$z_4 = 67 \text{ mm}$	$D_3 = 115 \text{ mm}$	$\Delta r_4 = 20 \text{ mm}$	$\Delta z_4 = 27 \text{ mm}$
$z_5 = 23 \text{ mm}$	$D_4 = 75 \text{ mm}$	$\Delta r_5 = 37,5 \text{ mm}$	

Výpočet přetvárných odporů:

$$\sigma'_p = \sigma_p \times C_0 = 51 \times 4,7 = 239,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d0} = 1,285 \times \sigma'_p = 1,285 \times 239,7 = 308,01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d1} = \sigma_{d0} + \sigma'_p \times \frac{\Delta r_1}{z_1} = 308,01 + 239,7 \times \frac{8}{4,5} = 734,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d2} = \sigma_{d1} + \sigma_p \times \frac{\Delta r_2}{z_2} = 734,15 + 51 \times \frac{25}{30} = 776,65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d3} = \sigma_{d2} + \sigma_p \times \frac{\Delta r_3}{z_3} = 776,65 + 51 \times \frac{25}{18} = 847,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d4} = \sigma_{d3} + \sigma_p \times \frac{\Delta r_4}{z_4} = 847,48 + 51 \times \frac{20}{67} = 862,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d5} = \sigma_{d4} + \sigma_p \times \frac{\Delta r_5}{z_5} = 862,71 + 51 \times \frac{37,5}{23} = 945,86 \text{ MPa}$$

Určení těžišť:

$$r_1 = \frac{D_1}{2} + \frac{\Delta r_1}{2} = \frac{215}{2} + \frac{8}{2} = 111,5 \text{ mm}$$

$$r_2 = \frac{D_1}{2} + \frac{\Delta r_1}{3} = \frac{215}{2} + \frac{8}{3} = 110,17 \text{ mm}$$

$$r_3 = \frac{D_2}{2} + \frac{\Delta r_2}{2} = \frac{165}{2} + \frac{25}{2} = 95 \text{ mm}$$

$$r_4 = \frac{D_2}{2} + \frac{\Delta r_2}{3} = \frac{165}{2} + \frac{25}{3} = 90,83 \text{ mm}$$

$$r_5 = \frac{D_3}{2} + \frac{\Delta r_3}{2} = \frac{115}{2} + \frac{25}{2} = 70 \text{ mm}$$

$$r_6 = \frac{D_3}{2} + \frac{\Delta r_3}{3} = \frac{115}{2} + \frac{25}{3} = 65,83 \text{ mm}$$

$$r_7 = \frac{D_4}{2} + \frac{\Delta r_4}{2} = \frac{75}{2} + \frac{20}{2} = 47,5 \text{ mm}$$

$$r_8 = \frac{D_4}{2} + \frac{\Delta r_4}{3} = \frac{75}{2} + \frac{20}{3} = 44,17 \text{ mm}$$

$$r_9 = \frac{\Delta r_5}{2} = \frac{37,5}{2} = 18,75 \text{ mm}$$

$$r_{10} = \frac{\Delta r_5}{3} = \frac{37,5}{3} = 12,5 \text{ mm}$$

Výpočet dílčích ploch pod čarou průběhu přetvárných odporů:

$$S_j = \sigma_{dn} \times \Delta r_j$$

$$S_{j+1} = (\sigma_{dn+1} - \sigma_{dn}) \times \frac{\Delta r_n}{2}$$

S_j	r_j	$r_j \times S_j$
$308,01 \times 8 = 2464,12$	111,5	274 748,93
$(734,15 - 308,01) \times \frac{8}{2} = 1704,56$	110,17	187 782,76
$734,15 \times 25 = 18353,70$	95	1 743 601,10
$(776,65 - 734,15) \times \frac{25}{2} = 531,25$	90,83	48 255,21
$776,65 \times 25 = 19416,20$	70	1 359 133,71
$(847,48 - 776,65) \times \frac{25}{2} = 885,42$	65,83	58 289,93
$847,48 \times 20 = 16949,62$	47,5	805 107,11
$(862,71 - 847,48) \times \frac{20}{2} = 152,24$	44,17	6 723,88
$862,71 \times 37,5 = 32351,44$	18,75	606 589,49
$(945,86 - 862,71) \times \frac{37,5}{2} = 1559,1$	12,5	19 488,79
$\sum r_j \times S_j$		5 109 720,91

Kovací síla působící ve směru pohybu zápustky:

$$F_N = 2\pi \times \sum_{j=1}^n r_j \times S_j = 2\pi \times 5109720,91 = 32105302,33 \text{ N} \doteq 32,1 \text{ MN}$$

Složka kovací síly vznikající od smykových napětí na zkosených stěnách:

$$\sum_{j=1}^n \Delta S'_j = \Delta S'_1 + \Delta S'_2 + \Delta S'_3 + \Delta S'_4$$

$$\sum_{j=1}^n \Delta S'_j = \pi \times (D_1 \times \Delta z_1 + D_2 \times \Delta z_2 + D_3 \times \Delta z_3 + D_4 \times \Delta z_4) =$$

$$\sum_{j=1}^n \Delta S'_j = \pi \times (215 \times 12,75 + 165 \times 6 + 115 \times 29,5 + 75 \times 27) = 28741,65 \text{ mm}^2$$

$$F_T = \frac{\sigma_p}{2} \times \pi \times \sum_{j=1}^n D_j \times \Delta z_j = \frac{\sigma_p}{2} \times \pi \times \sum_{j=1}^n \Delta S'_j = \frac{51}{2} \times \pi \times 28741,65 =$$

$$= 2302510,85 \text{ N} \doteq 2,3 \text{ MN}$$

$\Delta S'_j$...plocha kolmého průmětu zkosených stěn

Výsledná kovací síla:

$$F = F_N + F_T = 32,1 + 2,3 = 34,4 \text{ MN}$$

Výsledná kovací síla pro vykování výkovku na lisu je 34,4 MN.

4.15.3 Výběr lisu

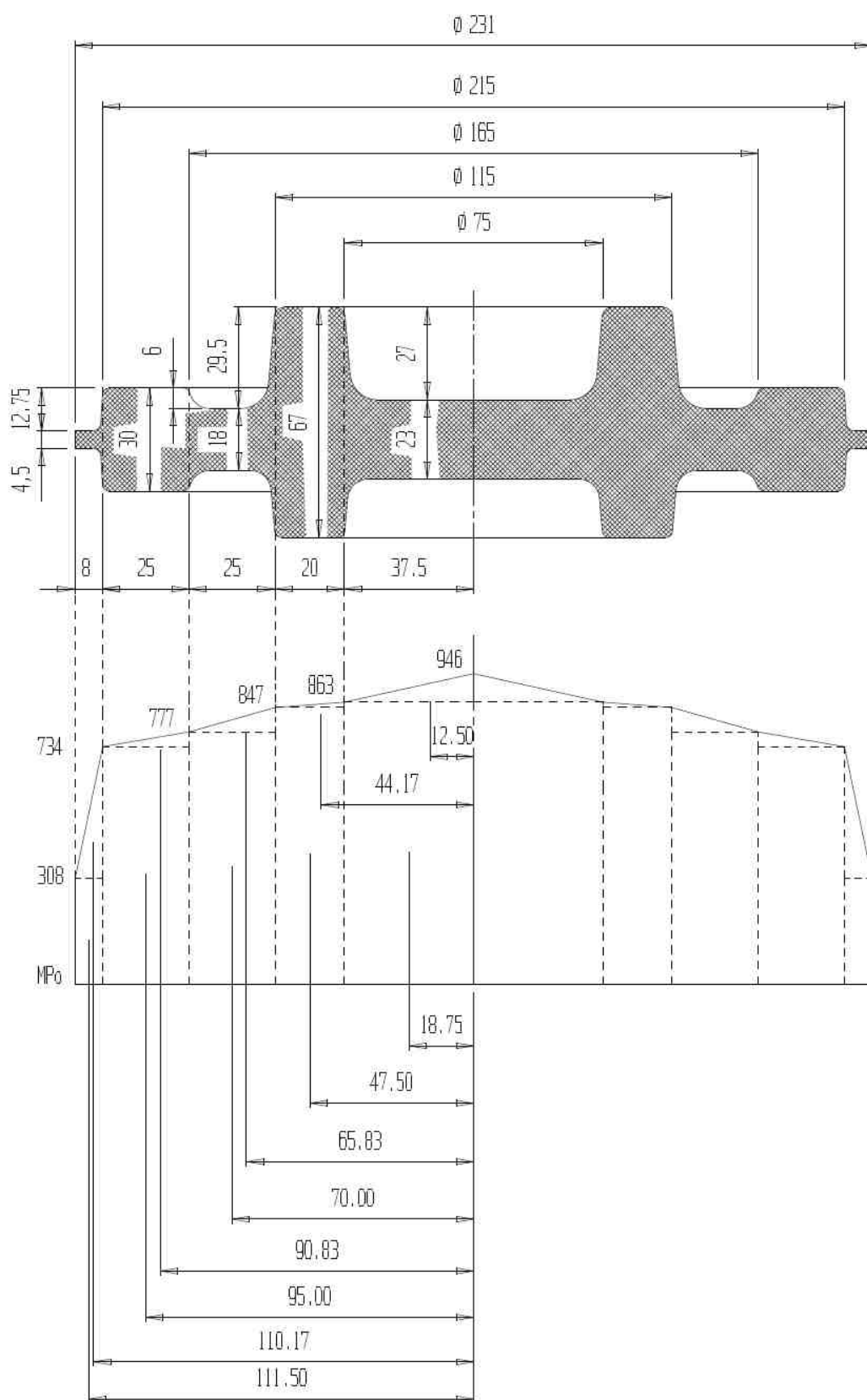
Na základě vypočtené kovací síly byl z tab. 1.18 zvolen svislý kovací lis LZK 4000B s jmenovitou kovací silou 40 MN.

Technické údaje lisu:

Řada lisů LZK:	LZK 4000 B
Jmenovitá tvářecí síla:	40 MN
Zdvih:	380 mm
Sevření:	1000 mm
Přestavení beranu:	20 mm
Počet zdvihů:	60 1/min
Počet využitelných zdvihů:	20 1/min
Průchod:	1580 mm
Rozměr stolu:	1520x1600 mm
Rozměr beranu:	1470x1500 mm
Výška lisu:	9150 mm
Výkon elektromotoru:	200 kW
Systém řízení:	SIEMENS – SIMATIC S 7
Mazací systém:	DELIMON
Hydraulický systém:	HYDRAULIK

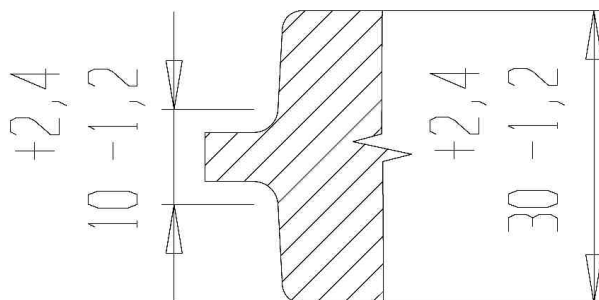
4.15.4 Upínání zápustek

Upínání zápustek do upínače QLZK 4000/UC doporučeného pro lis LZK 4000 B



Obr. 4.4 Schéma výkovku a průběh přetvárného odporu

4.16 Ostřihovací síla



Obr. 4.5 Grafické znázornění výronku pro odstřížení

4.16.1 Výpočet střížné síly pro ostřihování za tepla

$$n = 2,4 \text{ mm}$$

$$z = 10 \text{ mm}$$

$$h_m = 10 + 2,4 = 12,4 \text{ mm}$$

$$\sigma_p = 155 \text{ MPa (800 } ^\circ\text{C)}$$

$$F_s = 17 \times O_v \times h_m \times \sigma_p = 17 \times \pi \times 216 \times 12,4 \times 155 = 2217205 \text{ N} = 2217 \text{ kN}$$

Pro určení velikosti lisu se vypočtená síla F s ohledem na opotřebení zá-pustek a tím zvětšení tloušťky výronku zvyšují o 25%.

$$F_c = 1,25 \times 2217 = 2771 \text{ kN}$$

4.16.2 Výběr ostřihovacího lisu

Na základě výpočtu celkové střížné síly byl pro ostřihování výronku zvolen z tab. 1.21 ostřihovací lis LDO 315 A/S s jmenovitou tvářecí silou 3150 kN.

Technické údaje ostřihovacího lisu:

Typy – řada:	LDO 315 A/S
Jmenovitá tvářecí síla:	3150 kN
Zdvih:	200 mm
Sevření:	600 mm
Přestavení beranu:	140 mm
Počet zdvihů:	44 1/min
Počet využitelných zdvihů:	22 1/min
Průchod:	1400 mm
Rozměr stolu:	1380×950 mm
Rozměr beranu:	1380×950 mm
Výška lisu:	5140 mm
Výkon elektromotoru:	30 kW

Systém řízení:	HERION – SIMATIC S 7
Mazací systém:	DELIMON
Hydraulický systém:	SIEMENS – NORGREN – HOERBIGER

4.17 Tepelné zpracování

Pro odstranění nestejnóměrnosti struktury se výkovek normalizačně žíhá ve vozokomorové peci VKT 7000/12.

Technické údaje peci z tab. 1.22:

Typ LAC	VKT 7000/12
t max.	1260 °C
Vnitřní objem	6700 l
Vnější rozměry (š×v×h)	2700×4500×5050 mm
Vnitřní rozměry (š×v×h)	1200×1400×4000 mm
Příkon	250 kW
Hmotnost	5000 kg
Napětí	400 V

4.18 Kontrola vad a úpravy výkovek

Podle kap. 1.13 se kontrolují tyto možné vady:

- a) zakované okuje,
- b) vnitřní dutiny,
- c) zákovek,
- d) trhliny,
- e) vlasové trhliny,
- f) podélné a příčné praskliny,
- g) nedokovaný výkovek.

4.19 Kontrola tvrdosti

Kontrola podle Brinella ČSN ISO 6506:1993 (ČSN 42 0371)

4.20 Tryskání

Podle kap. 1.12 pro odstranění okují vzniklých ohřevem a nečistot od mazadel bylo jako nejvhodnější vybráno tryskání v otrýskavacím stroji SG8 H2

Technické údaje stroje z tab. 1.23:

Bubnové metací stroje s nekonečným lamelovým pásem	SG8 H2
Objem vsázky	800 l
Max. celková doporučená hmotnost vsázky	2000 kg
Průměr tryskací komory	1350 mm

Šířka tryskací komory

1450 mm

Příkon metacích kol

2×22 kW

4.21 Konstrukční návrh tvářecího nástroje

Tvářecí nástroj je navržen podle kap. 1.3.3. Pro výrobu zápustek volíme ocel 19 552.9.

4.21.1 Rozměry zápustek

Minimální průměr předkovacích zápustek:

$$D_z = \varnothing 350 \text{ mm}$$

$$D_z \geq D_v + 0,2(D_v + H_D) + 5 \pm 0,2 \text{ mm}$$

$$350 \geq 216 + 0,2(216 + 26,5) + 5 = 270 \pm 0,2 \text{ mm}$$

Nejmenší průměr předkovací zápustky podle normy je 270 mm. Průměr navržené předkovací zápustky je 350 mm. Navržený průměr vyhovuje podmínce.

Minimální průměr dokončovacích zápustek:

$$D_z = \varnothing 400 \text{ mm}$$

$$D_v = \varnothing 216 \text{ mm}$$

$$H_D = 26,5 \text{ mm}$$

$$D_z \geq D_v + 0,4(D_v + H_D) + 10 \pm 0,1 \text{ mm}$$

$$400 \geq 216 + 0,4(216 + 26,5) + 10 = 323 \pm 0,1 \text{ mm}$$

Nejmenší průměr dokončovací zápustky podle normy je 323 mm. Průměr navržené dokončovací zápustky je 400 mm. Navržený průměr vyhovuje podmínce.

Tvar dokončovacích zápustek

Tvar dokončovací dutiny je shodný s tvarem výkovku a rozměry se liší pouze rozdílem smrštění materiálu. Hodnoty dokončovací dutiny se zvětší o 1% na smrštění.

Z důvodu menší výškové složitosti výkovku se dají zápustky udělat nižší a o rozdíl snížení vypodložit levnější ocelí např. 12 060. Tím dojde k úspoře nástrojového materiálu.

4.21.2 Prstencový vyhazovač

Předkovací trn

$$d_{pt} = 76 \text{ mm}$$

$$D_{pt} = 95 \text{ mm}$$

$$\frac{d_{pt}^2}{D_{pt}^2} \leq 0,85 \Rightarrow \frac{76^2}{95^2} = 0,64 \leq 0,85$$

Předkovací trn vyhovuje podmínce.

Průměr prstence D_{pp} musí vyhovět podmínkám:

$$D_{pp} = 155 \text{ mm}$$

$$D_t = 121 \text{ mm}$$

$$d_v = 16 \text{ mm}$$

$$D_{pp} \geq D_t + d_v + 5 \text{ mm}$$

$$155 \geq 121 + 16 + 5 = 142 \text{ mm}$$

Průměr prstence D_{pp} vyhovuje podmínce.

Tolerance průměrů

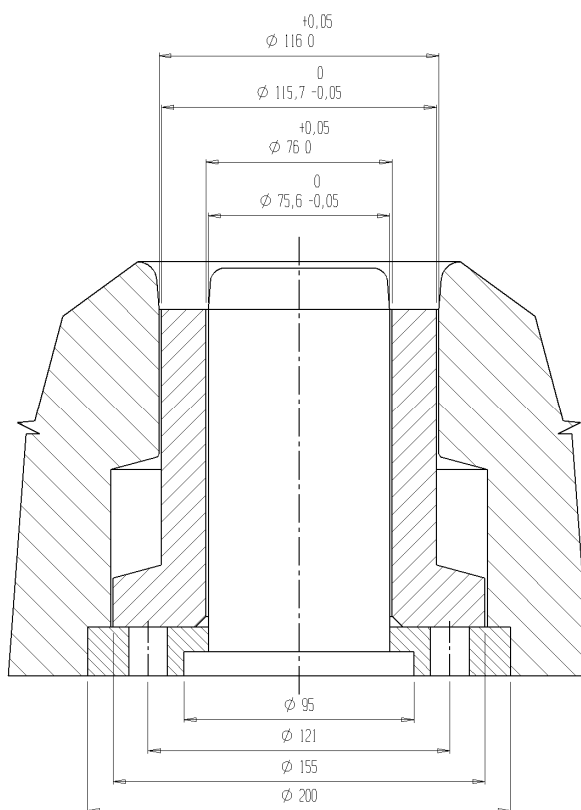
$$d_p = 116 \text{ mm}$$

$$\Delta_1 = 0,4 \text{ mm}$$

$$\Delta_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$d'_p = d_p - \Delta_2 = 116 - 0,3 = 115,7 \text{ mm}$$

$$d'_{pt} = d_{pt} - \Delta_1 = 76 - 0,4 = 75,6 \text{ mm}$$



Obr. 4.6 Konstrukce prstencového vyhazovače

4.22 Postupový list

POSTUPOVÝ LIST					
Název výkovku: NOSIČ		Číslo výkresu výkovku: V – 5 – M68 – 08/20		Č. výkresu součástí: 5 – M68 – 08/20	
Operace č.:	Název operace:				
1	Dělení materiálu – stříhání za tepla				
	Jakost materiálu: 14 220.0	Profil materiálu: ø110 mm	ČSN materiálu: 42 5510.21	Délka ústřížku: 138 mm	Hmotnost ústřížku: 10,3±0,09 kg
	Ohřev materiálu: 500±50 °C		Čas ohřevu: dle doporučení výrobce pece	Tyčí v peci: 12	
	Stroj: ScKU 800	Nože: ø116 mm	Chod nůžek: T	Délka zarovnání: 25	Štíhlostní pom.: 1,25
2	Kontrola ústřížků				
	Způsob kontroly: Kontrola hmotnosti a jakosti po 20 minutách.				
3	Kování v kovací lince				
	A	Indukční ohřev			
		Stroj: KSO 800	Induktor: 110 x 110	Teplota max.: 1200 °C	Takt prac. /ohřev: 20"/23"
	B	Kování			
		Stroj: LZK 4000 B	Kovací teplota: 1050 – 1150 °C	Kovací síla: 34,4 MN	
		1. operace: pěchovat			
		2. operace: předkovat			
		3. operace: dokovat			
	C	Ostřih a děrování			
		Stroj: LDO 315 A/S	Hmotnost výkovku: 10,3 kg	Střížná síla: 2,8 MN	
4	Tepelné zpracování				
	Druh: Normalizační žíhání na 530 – 735 MPa			Agregát: VKT 7000/12	
5	Kontrola tvrdosti				
	Požadovaná tvrdost: 152 – 211 HB				
6	Tryskání				
	Stroj: SG8 H2				
7	Kontrola				
	Kontrola výkovku na oddělení OTK				

5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Výroba zadané součásti nosiče zápustkovým kování na svislém kovací lisu LZK 4000 B s ohřevem na kovací teplotu v indukčním ohříváči KSO 800 kW a odstřížení na lisu LDO315 A/S.

Požadovaný počet kusů: 100 000 ks

Předpokládaný počet kusů při 3% ztrátách: 103 000 ks

Materiál ocel: 14 220

Hmotnost výkovku: 9,32 kg

Výchozí rozměr: $\varnothing 110 \times 138\text{mm}$

Cena oceli: $\varnothing 110$ je 27,34 Kč (bez DPH) (15)

5.1 Kapacitní normy (11)

5.1.1 Kalendářní časový fond

$F_{ke} = 365$ dní (je dán počtem dní v roce)

5.1.2 Nominální časový fond

- sobota, neděle: 104 dní
- placené svátky: 9 dní
- dovolená: 20 dní
- průměrná nemocnost: 12 dní

$F_{ne} = 365 - 145 = 220$ dní

5.1.3 Efektivní (využitelný) časový fond

$F_{ef} = d \times h \times \sigma \times g \times (1 - z/100)$

$F_{ef} = 220 \times 8 \times 2 \times 1 \times (1 - 10/100) = 3168$ hod

Využitelný efektivní časový fond pro je 3168 hodin.

5.1.4 Pracnost operace

Pracnost operace je sestavená na základě norem času předepsané technologické operace. Zodpovědným odhadem je stanoveno ks výkovků za hodinu.

$t = 180 \text{ ks/hod} = 1/180 \text{ Nhod/ks}$

5.1.5 Plánovaná výrobní kapacita pracoviště (skutečná)

$$K_i = \frac{F_{ef}}{t_i}$$

$t = 1/180 \text{ Nhod/ks}$

$K = 3168 / (1/180) = 570\,240 \text{ ks/rok}$

Výrobní kapacita pracoviště je 570 240 ks/rok.

5.1.6 Počet strojních pracovišť pro dosažení požadované kapacity

$$S_i = \frac{(K_{pi} - K_i) \times t_i}{F_{ef}}$$

$$S = ((103000 - 570240) \times (1/180)) / 3168 = -0,82$$

5.1.7 Využití výrobní kapacity

$$K_k = \frac{Q_s}{K}$$

$$K_k = 103000 / 570240 = 0,181$$

Pro zajištění objemu výroby bude potřeba 1 stroj, který bude využit z 18% roční výrobní kapacity pracoviště.

Tab. 5.1 Shrnutí výrobní kapacity

Nominální časový fond	220 dní
Efektivní (využitelný) časový fond	3168 hod.
Pracnost operace	1/180 Nhod/ks
Plánovaná výrobní kapacita pracoviště	570 240 ks/rok
Počet strojních pracovišť pro dosažení požadované kapacity	1 stroj
Využití výrobní kapacity	0,18

5.2 Výpočet spotřeby materiálu (11)

Obsah průřezu tyče v m:

$$S = \frac{\pi \times 0,110^2}{4} = 0,0095 \text{ m}^2$$

5.2.1 Hmotnost 1m kruhové tyče

$$m_{tyč} = S \times l \times \rho$$

$$m_{tyč} = 0,0095 \times 1 \times 7850 = 74,58 \text{ kg}$$

5.2.2 Počet kusů z jedné tyče

$$L_{tyč} = 6 \text{ m}$$

$$n = L_{tyč} / L_p$$

$$n = 6 / 0,138 = 43 \text{ ks}$$

5.2.3 Ztráta nevyužitého konce

$$Z_k = (L_{tyč} - n \times L_p) \times m_{tyč}$$

$$Z_k = (6 - 43 \times 0,138) \times 74,58 = 4,92 \text{ kg}$$

5.2.4 Počet kusů tyčí na výrobní dávku

$$P_t = Q_s/n$$

$$P_{t1} = 103000/43 = 2396 \text{ ks}$$

5.2.5 Spotřeba materiálu celkem na výrobní dávku

$$N_m = L_{tyč} \times m_{tyč} \times P_t$$

$$N_m = 6 \times 74,58 \times 2396 = 1\,072\,162,5 \text{ kg} = 1\,072,2 \text{ t}$$

5.2.6 Spotřeba materiálu součásti na výrobní dávku

$$N_s = m_v \times n \times P_t = (S \times L_p \times \rho) \times n \times P_t$$

$$N_s = (0,0095 \times 0,138 \times 7850) \times 43 \times 2396 = 1\,060\,297,2 \text{ kg} = 1\,060,3 \text{ t}$$

5.2.7 Ztráty materiálu z nevyužitých konců tyčí

$$Z_m = N_m - N_s$$

$$Z_m = 1\,072,2 - 1\,060,3 = 11,9 \text{ t}$$

5.2.8 Ztráty materiálu na výrobu součásti

$$Z_v = (m_{v1} - m_s) \times Q_s$$

$$Z_v = ((0,0095 \times 0,138 \times 7850) - 9,32) \times 103000 = 100\,049 \text{ kg} = 100 \text{ t}$$

5.2.9 Ztráty celkem materiálu na výrobní dávku

$$Z_C = Z_m + Z_v$$

$$Z_C = 11,9 + 100 = 111,9 \text{ t}$$

5.2.10 Koeficient využití materiálu

$$k_{ni} = \frac{(N_m - Z_C)}{N_m}$$

$$k_n = \frac{(1072,2 - 111,9)}{1072,2} = 0,89$$

Tab. 5.2 Spotřeba materiálu

Výrobní dávka	103 000 ks
Počet kusů z jedné tyče (6 m)	43 ks
Ztráta nevyužitého konce	4,92 kg
Počet kusů tyčí	2396 ks
Spotřeba materiálu celkem	1072,2 t
Spotřeba materiálu součásti celkem	1060,3 t
Ztráty materiálu z nevyužitých konců tyčí	11,9 t

Celkové ztráty materiálu	113,4 t
Koeficient využití materiálu	0,89

5.3 Variabilní náklady (11)

Mění se v závislosti na objemu produkce. Patří sem jednicové náklady a část režijních nákladů (předpoklad – lineární vývoj nákladů)

5.3.1 Přímé náklady na materiál

Nákupní cena materiálu

$$C_m = 27,34 \text{ Kč/kg (bez DPH)}$$

Cena materiálu výrobků

$$PN_m = m_v \times C_m \times p$$

$$PN_m = (0,0095 \times 0,138 \times 7850) \times 27,34 \times 103000 = 28\,980\,647 \text{ Kč}$$

Cena materiálu ztráty z nevyužitých konců tyče

$$PZ_m = Z_k \times C_m \times P_t$$

$$PZ_m = 4,92 \times 27,34 \times 2396 = 322\,293 \text{ Kč}$$

Cena materiálu celkem

$$C_k = PN_m + PZ_m$$

$$C_k = 28\,980\,647 + 322\,293 = 29\,302\,940 \text{ Kč}$$

5.3.2 Přímé náklady na mzdy

Ve 4. čtvrtletí 2007 činila průměrná hrubá měsíční nominální mzda 23 435 Kč. (26)

Za jednu hodinu se vyrobí:

$$K_s = 3 \text{ ks} \cdot \text{min}^{-1} \times 60 \text{ min} = 180 \text{ ks/hod.}$$

Hodinová hrubá mzda:

$$M_{zh} = (23\,435 \times 12) / (251 \times 8) = 140,05 \text{ Kč/hod}$$

Mzda na kus

při obsluze třemi pracovníky:

$$M_z = (3 \times 140,05) / 180 = 2,34 \text{ Kč/ks}$$

$$\text{pro sérii } 103\,000 \text{ ks} \times 2,34 = 241\,020 \text{ Kč}$$

5.3.3 Ostatní přímé náklady

Spotřeba elektrická energie

$$C_E = 4,00 \text{ Kč/kWh}$$

Výkon:

- indukční ohřev: $P_1 = 1000 \text{ kWh}$

- kovací lis: $P_2 = 200 \text{ kWh}$

- ostříhovací lis: $P_3 = 30 \text{ kWh}$

$$PN_E = P_i \times V \times t_i \times C_E \times Q_s$$

$$PN_E = (1000 + 200 + 30) \times 0,8 \times (1/180) \times 4 \times 103000 = 2\,250\,267 \text{ Kč}$$

5.4 Nepřímé náklady (11)

Zodpovědným odhadem je stanovena režie 1500% z přímých mezd a správní a odbytová režie je 390% z přímých mezd.

Tab. 5.3 Náklady celkem na výrobní dávku

Výrobní režie	$1500\% \times 241020 = 3\,615\,300 \text{ Kč}$
Správní a odbytová režie	$390\% \times 241020 = 939\,978 \text{ Kč}$
Sociální a zdravotní 35%	$35\% \times 241020 = 84\,357 \text{ Kč}$

5.5 Zisk (11)

$Z = (\text{celkové výrobní náklady} + \text{materiálové náklady}) \times \% \text{zisku (5\%)}$

$$Z = (28\,980\,647 + 322\,293 + 241\,020 + 4\,639\,635 + 2\,250\,267) \times 5\% = 36\,433\,862 \times 0,05 = 1\,821\,693 \text{ Kč}$$

5.6 Celkové ekonomické údaje o výrobku (11)

Tab. 5.4 Ekonomické údaje

		[Kč]
Přímé náklady na materiál	Cena materiálu výrobků	28 980 647
	Cena materiálu ztráty	322 293
Přímé náklady na mzdy	Mzdy	241 020
	Sociální a zdravotní pojištění 35%	84 357
Ostatní přímé náklady – energie		2 250 267
Výrobní režie		3 615 300
Správní a odbytová režie		939 978
Předpokládaný zisk 5%		1 821 693
Celkem cena [bez DPH]		38 255 555
Celkem cena 1 kusu [bez DPH]		383

5.7 Fixní náklady (11)

Zůstávají v určitém intervalu produkce neměnné. Patří sem velká část režii, např. cena nástroje, odpisy, mzdy správních a technicko-hospodářských pracovníků, nájemné, úroky z půjček, leasingové poplatky apod.

Zodpovědným odhadem jsou stanoveny fixní náklady na 1 500 000 Kč, kde hlavní složku tvoří náklady na nástroje.

5.8 Volba technologické varianty (11)

5.8.1 Analýza bodu zvratu

Tab. 5.5 Vstupní údaje

Fixní náklady [Kč/dávku]	1 500 000
Variabilní náklady [Kč/ks]	364
Zisk [Kč/ks]	19

5.8.2 Tržby

(při lineární ceně)

$$T = Q \times C$$

$$T = 103000 \times 383 = 39\,449\,000 \text{ Kč}$$

5.8.3 Náklady

(při lineární ceně)

$$N = FN + Q \times n_v$$

$$N = 1500000 + 103000 \times 364 = 38\,992\,000 \text{ Kč}$$

5.8.4 Hledané množství

(bodu zvratu)

$$T = N$$

$$Q = FN / (C - n_v)$$

$$Q = 1500000 / (383 - 364) = 78\,948 \text{ ks}$$

Bod zvratu je 78 948 ks. Překročením tohoto bodu zvratu je tvořen zisk.

5.9 Průběžná doba výroby (11)

5.9.1 Výrobní dávka

$$d_v = Q_s$$

$$d_v = 103\,000 \text{ ks}$$

5.9.2 Využitelný efektivní časový fond

$$F_{ef} = 3168 \text{ hod}$$

$$F_n = 220 \text{ dní}$$

$$F_{den} = 3168 / 220 = 14,4 \text{ hod}$$

5.9.3 Dopravní dávka

je určitý počet stejných dílů, které se dopravuje společně od jednoho pracoviště k následujícímu pracovišti.

$$\text{takt (dle hlavního pracoviště 2): } 3 \text{ ks/min} = 180 \text{ ks/hod}$$

$$d_d = F_{den} \times t_{akt}$$

$$d_d = 14,4 \times 180 = 2\,592 \text{ ks/den}$$

Je výhodné, aby počet dopravních dávek bylo celé číslo:

$$k = d_v / d_d$$

$$k = 103\,000 / 2592 = 39,78 = 40 \text{ dávek}$$

$$d_d = 103\,000 / 40 = 2\,500 \text{ ks/dávka}$$

5.9.4 Výpočtové vyjádření průběžné doby

Souběžný způsob – předávání dávek dílů z operace na operaci je organizováno tak, že další operace začíná ihned po ukončení předchozí operace. Tento způsob je vhodný tam, kde časy trvání jednotlivých operací jsou stejné (výroba je z hlediska operací synchronizována), po případě na následující operaci je vždy čas zpracování delší než na operaci předcházející. (11)

$$D_{SO} = t_{B1} + d_d \sum_{i=1}^q t_i + d_d(k-1)t_h + \sum_{i,j=1,2}^{q,q+1} D_{Mij}$$

Tab. 5.6 Čas výroby

Operace	Druh operace	t_B	t_i	D_M
1	Dělení materiálu	50 min	0,06min	10 min
2	Kování	200 min	1/3 min	15 min
3	Tepelné zpracování	10 min	0,83 min	20 min
4	Čištění (otrýskání)	10 min	0,2 min	15 min

Nejdelší čas zpracování je u operace $t_3=0,83\text{min}$.

$$D_{SO} = 50 + 2500 \times (0,06 + 1/3 + 0,83 + 0,2) + 2500 \times (40 - 1) \times 0,83 + (15 + 20 + 15) = 84\,584 \text{ min} = 59 \text{ pracovních dní}$$

Výrobu součásti je nutno zahájit 59 pracovních dní před předáním zakázky.

ZÁVĚR

V závěrečném projektu byla zpracována problematika výroby nosiče tváření za tepla. Byla navržena technologie výroby s ohledem na požadované množství 100 000 ks, ekonomičnost výroby a požadovanou přesnost součástí.

Součást se vyrábí zápusťkovým kováním z tyčové ocele 14 220. Tyč je dělena za tepla na strojních nůžkách ScKU 800 na rozměr $\varnothing 110 \times 138$ mm. Na kovací teplotu 1100 °C je ocelový přířezek ohřát v indukčním ohříváči KSO 800KW výrobce ROBOTERM s.r.o. Chotěboř.

Pro výrobu součásti na základě vypočtené kovací síly podle ČSN 22 3806 34 MN byl zvolen svislý kovací lis LZK 4000 B, s jmenovitou tvářecí silou 40 MN, který vyrábí ŠMERAL Brno, a.s. Pro ostřížení výronku je na základě vypočtené střížné síly 2,8 MN navržen ostříhovací lis LDO 315A/S výrobce ŠMERAL Brno, a.s.

Výkovek je normalizačně žhán v elektrické odporové peci VKT 7000/12. Pro odstranění okují vzniklých ohřevem, nečistot od mazadel bylo jako nejvhodnější vybráno tryskání v otrýskavacím stroji SG8 H2.

Zápusťkové kování součásti je prováděno na tři operace přechování, předkování a dokování. Dokončovací zápusťka je navržena s prstencovým vyhazovačem. V případě nutnosti vyjímáním výkovku ve druhé operaci lze navrhnout vyhazovač i v této operaci. Zápusťky jsou vyrobeny z nástrojové oceli 19 552.9 a jsou upnuty v držáku zápusťek QLZK 4000/UC, který se používá pro lis LZK 4000 B. Z důvodu menší výškové složitosti výkovku se dají zápusťky udělat nižší a o rozdíl snížení vypočítat podložkami vyrobené z levnější oceli např. 12 060. Tím dojde k úspoře nástrojového materiálu.

Před zahájením výroby nástroje a výkovku se doporučuje provést simulaci tvářecího procesu. Můžeme tak sledovat chování tvářeného materiálu a průběh technologické operace tváření. V případně vzniku vad výkovku (přeložky, nezačtení atd.) můžeme provést změnu technologie výroby. Tím předejdeme dodatečným úpravám tvářecích nástrojů, které jsou časově a ekonomicky náročné.

Pro výrobu požadovaného množství součástí bude potřeba objednat z hutí 2 396 ks tyčí o rozměru $\varnothing 110 \times 6000$ mm o celkové hmotnosti 1072 tun. Ztráta materiálu z nevyužitých konců tyčí je 12 tun.

Náklady na materiál jsou 29 302 940 Kč. Z této částky je ztráta materiálu z nevyužitých konců tyčí 322 293 Kč, kde část této ztráty se dá snížit odevzdáním materiálu do sběrných surovin. Náklady na mzdy jsou 325 377,00 Kč, ostatní přímé náklady 2 250 267 Kč, výrobní režie 3 615 300 Kč, správní a odbytová režie 939 978 Kč. Celkové náklady na výrobu jsou 36 433 862 Kč. Předpokládaný zisk je 1 821 693 Kč. Vzhledem k výši fixních nákladů a nákladů na výrobu bude tvorba zisku od 78 948 ks. Cena jedné součásti je 383 Kč bez DPH.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ELFMARK, Jiří, et al. Tváření kovů. Ing. Pavel Vávra. 1. vyd. Praha: SNTL, 1992. 524 s. Technický průvodce; sv. 62. ISBN 80-03-00651-1.
2. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1992. 186 str. Edit. VUT Brno. ISBN 80-214-0401-9.
3. FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 str. Edit. VUT Brno. ISBN 80-214-0298-6
4. HAŠEK, V. Kování. Reedice 1997 Praha: SNTL, 732 str. ISBN 04-233-65.
5. DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
6. NOVOTNÝ, Karel. Výrobní stroje – Část I. – tváření. Skripta. 1. vyd., Praha, SNTL Praha, 1984, 112 s.
7. DRASTÍK, F. Výpočty z oboru kování a lisování. 1. vyd., Praha: SNTL Praha, 1991. 192 s. Edit. Makarius, M., L 13-E1-IV-41/22334/XI, DT 621.73
8. BAČA, Jozef. *Objemové tvárnenie : Zápustkové kovanie*. 2003. vyd. 1 : Vydavateľstvo STU v Bratislave, 2003. 141 s. ISBN 80-201-2005.
9. BÍLIK, Jozef, KAPUSTOVÁ, Mária, UHLÍK, Anton. *Technológia tvárnenia : Návod na cvičenia*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo STU v Bratislave, 2003. 171 s. 5116. ISBN 80-227-2099-2.
10. FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1 : Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2006. 217 s. ISBN 80-214-2374-9.
11. JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby I. a II*. Brno: CERM, 2006. 138 s. ISBN 80-214-3134.
12. KOCMANOVÁ, Alena, LUŇÁČEK, Jiří. *Ekonomika podniku I. a II*. Brno: CERM, 2005. 2 sv. 68 s. ISBN 80-214-3016-8.
13. MACHEK, Václav. *Nauka o materiálu*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. 201 s. ISBN 80-01-02424-5.
14. DORAZIL, Eduard. *Nauka o materiálu I*. Praha: SNTL, n. p. Praha, 1983. 168 s
15. FERONA, a.s. [online]. 2008 [cit. 2008-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://62.168.62.45/cze/ceniky/on-line-cenik.php>>.
16. TST servis, a.s. [online]. 2005 [cit. 2008-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.tstservis.cz/cd480.php>>.
17. ČADA, Radek. *Technologie I: Část tváření a slévání*. 2. vyd. Ostrava: VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2007. 188 s. ISBN 978-80-248-0795-9.
18. ČSN 42 9002: *Rozdělení zápustkových výkovků podle složitosti tvaru*. Praha: Český normalizační institut, 1971. 20 s.
19. ČSN 42 9030: *Výkovky ocelové zápustkové*. Praha: Český normalizační institut, 1987. 24 s.
20. HLUCHÝ, Miroslav. *Strojírenská technologie 2 : Polotovary a jejich technologie*. Praha: Scientia, 1999. 316 s. ISBN 80-7183-117-4.

21. ČSN 42 8306: *Tvářecí nástroje. Zápustky pro svislé kovací lisy. Technické požadavky na konstrukci*. Praha: Český normalizační institut, 1991. 40 s.
22. ŘASA, Jaroslav. *Strojírenská technologie 4*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2003. 503 s. ISBN 80-7183-284-7.
23. ŠANOVEC, Jan. *Technologické cvičenia*. 1. vyd. Bratislava: SNTL, 1987. 40 s. ISBN 80-05-00244-0.
24. DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, ŽÁK, Ladislav. *Technologie tváření: Návod do cvičení*. 1. vyd. Brno: PC-DIR Real, s.r.o., 2000. 104 s. ISBN 80-214-17-23.
25. ŽĎAS, a.s. [online]. 2008 [cit. 2008-03-25]. Dostupný z WWW: <http://www.zdas.cz/cz/index.php?res=1024&idx=s3_2_2>.
26. Český statistický úřad [online]. 2008 [cit. 2008-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/cpmz030608.doc>>.
27. BVD PECE spol. s r.o. [online]. 2007-2008 [cit. 2008-02-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.bvd.cz/>>.
28. ROBOTERM s.r.o. [online]. 2008 [cit. 2008-03-23]. Dostupný z WWW: <http://www.roboterm.cz/ohrivace_i/ohrevy/ind_zarizeni.htm>.
29. WISTA s.r.o. [online]. 2007 [cit. 2008-03-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.wista.cz/metaci-stroje.php>>.
30. DVOŘÁK, MAREČKOVÁ. *Technologie tváření* [online]. 2006 [cit. 2008-03-23]. Dostupný z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/kapitola_2.htm#2.1>.
31. Bohdan Bolzano s.r.o. [online]. 1998-2004 [cit. 2008-03-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/techprir/tycovaocel/ocelikcementovani/16MnCr5/>>.
32. ŠMERAL BRNO a.s. [online]. 2008 [cit. 2008-03-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.smeral.cz/data.php?data=home>>.
33. LAC, s. r. o. [online]. 2000-2006 [cit. 2008-03-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.lac.cz/cz/page-3-katalogove-pece-a-susarny.html>>.
34. FSI VUT v Brně [online]. 2008 [cit. 2008-04-10]. Dostupný z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/experimentalni_metody__cviceni__forejt_piska_humar_janicek.pdf>.
35. FSI VUT v Brně [online]. 2008 [cit. 2008-02-20]. Dostupný z WWW: <<http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/nomd/tep%20zprac%20slitiny%20Fe-C.doc>>.
36. ON 21 1420: *Upínání zápustek na svislých klikových kovacích lisech*. Praha: ÚNM Praha, 1971. 17 s.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/ Symbol	Jednotka	Popis
B	[mm]	šířka otřepu v zásobníku
C	[Kč]	cena výrobku
C ₀	[–]	součinitel snížení plasticity materiálu v oblasti výronku vlivem poklesu teplot
d	[den]	počet pracovních dnů v roce
D _c	[mm]	průměr výkovku včetně můstku
D _D	[mm]	rozměr kovací dutiny
d _k	[mm]	průměr otvoru pro vyhazovací kolík
D _{Mij}	[min]	doba manipulační mezi „i-tou“ a následnou „j-tou“ operací
D _p	[mm]	průměr dosedací části prstencového vyhazovače
d _p	[mm]	průměr otvoru pro prstencový vyhazovat
D _{pp}	[mm]	průměr prstence
D _{pt}	[mm]	průměr dosedací části předkovacího trnu
d _{pt}	[mm]	průměr otvoru pro předkovací trn
D _{sv}	[mm]	průměr středící vložky
D _t	[mm]	roztečný průměr otvorů pro vyrážecí kolík upínače
d _k ^t	[mm]	průměr vyhazovacího kolíku
d _p ^t	[mm]	průměr prstencového vyhazovače
d _{pt} ^t	[mm]	průměr předkovacího trnu
D _{tyč}	[mm]	průměr tyče
D _v	[mm]	průměr výkovku bez výronku
d _v	[ks]	počet kusů ve výrobní dávce
d _{vk}	[mm]	průměr otvoru pro vyrážecí kolík
d _{vv}	[mm]	průměr otvoru pro vyhazovací vložku
D _z	[mm]	minimální průměr zápustek
F	[N]	síla
F _c	[N]	celková síla
F _k	[N]	kovací síla
F _L	[N]	síla lisu
F _{max}	[N]	maximální síla
FN	[Kč]	fixní náklady
F _n	[N]	normálová síla
F _s	[N]	síla k ostřížení výronku
F _t	[N]	tangenciální síla
F _T	[N]	třecí síla
g	[–]	počet vzájemně zaměnitelných pracovišť
h	[mm]	výška můstku
H	[mm]	výška výkovku
H _D	[mm]	polovina výšky výkovku
h _e	[hod.]	počet pracovních hodin za jednu směnu
h _k	[mm]	výška hlavy kolíkového vyhazovače
h _m	[mm]	skutečná tloušťka stříhané vrstvy vnějšího vý-

		ronku
k	[ks]	počet výrobních dávek
K_i	[ks]	výrobní kapacita
K_k	[–]	koeficient celkového využití výrobní kapacity
K_{pi}	[ks]	požadovaná kapacita v naturálních jednotkách
L_l	[m]	délka indukční cívky
L_p	[mm]	konečný rozměr polotovaru
m	[kg]	hmotnost materiálu
m_{ov}	[kg]	hmotnost odpadu výronku
m_p	[kg]	hmotnost odpadu na propal
m_v	[kg]	hmotnost výkovku
n	[mm]	kladná tolerance na výškový rozměr H (výkovek)
N	[Kč]	náklady
n_o	[–]	součinitel otupení
n_v	[Kč]	variabilní náklady výrobku
o	[mm]	obvod výkovku v dělicí rovině
O_v	[mm]	obvod ostřížku po čáře ostřížení vnějšího výronku
q	[–]	počet operací
Q	[ks]	počet výrobku
Q_s	[ks]	skutečný objem výroby
R	[mm]	poloměr vnitřní
r	[mm]	poloměr vnější
R_{mt}	[MPa]	pevnost materiálu výkovku při teplotě stříhání
s	[mm]	šířka můstku
S	[m ²]	obsah plochy průřezu
S_0	[–]	štíhlostní poměr výchozího polotovaru
S_c	[mm ²]	obsah plochy výkovku včetně můstku do roviny kolmé ve směru rázu
S_i	[–]	počet pracovišť, které musíme upravit podle znaménka (+ nebo -) abychom dosáhli kapacity stejně velikou jako je požadovaná výrobním programem
S_z	[mm]	hloubka zásobníku
t	[s]	doba ohřevu
T	[Kč]	tržba
T_a	[s]	takt kovacího stroje
t_{Bi}	[min.]	čas dávkové práce (seřízení pracoviště)
t_h	[ks]	maximální zpracovací čas
t_i	[min]	čas zpracování na každé i -té operaci
t_{ps}	[MPa]	pevnost ve stříhu
t_s	[mm]	vůle střížného nástroje
t_{sml}	[mm]	největší tloušťka smluvní tyče
u	[mm]	pro vnější výronek $u = 0$, pro děrování blány podle opotřebení trnů $u = 5 - 10$
V_p	[mm ³]	objem polotovaru
$V_{výr}$	[mm ³]	objem výronku
z	[mm]	skutečný rozměr stříhané vrstvy – určit graficky

Z	[Kč]	zisk
Δ	[mm]	vůle
α	[°]	úkosy vnější
β	[°]	úkosy vnitřní
δ	[%]	opal z váhy výkovku s výronkem
μ	[–]	součinitel tření $\mu = 0,35$ až $0,45$ ($\mu \approx 0,4$)
π	[–]	Poissonovo číslo
ρ	[kg.m ⁻³]	hustota
σ	[–]	směnnost
σ_p	[MPa]	přirozený přetvárný odpor
ψ	[–]	vliv tření na vzrůst napětí

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkresová dokumentace

Příloha 1 – Výkresová dokumentace

Číslo výkresu	Název výkresu
5 – M68 – 08/20	Výkres součásti – Nosič
V – 5 – M68 – 08/20	Výkovek
5 – M68 – 08/44	Postup kování výkovku
5 – M68 – 08/00	Sestava nástroje
K – 5 – M68 – 08/00	Kusovník sestavy nástroje
5 – M68 – 08/01	Zápustka horní
5 – M68 – 08/02	Zápustka dolní
5 – M68 – 08/03	Předkovací zápustka horní
5 – M68 – 08/04	Předkovací zápustka dolní
5 – M68 – 08/05	Pěchovací zápustka horní
5 – M68 – 08/06	Pěchovací zápustka dolní
5 – M68 – 08/08	Prstencový vyhazovač horní
5 – M68 – 08/09	Prstencový vyhazovač dolní