

Zpracoval: Doc. Ing. Jan Čermák, CSc., opravy květen/2004

**Zadání technologického postupu výkovku**

Název:	Materiál:	Přesnost:	Počet kusů:
--------	-----------	-----------	-------------

Postup řešení:

- 1) Pro zvolenou součást z předepsaného materiálu provést rozbor technologičnosti kování s ohledem na danou přesnost a počet kusů a zvolit odpovídající základní tvářecí stroj.
- 2) Na základě výkresu součásti navrhnout tvar výkovku dle ČSN 42 9030: stanovení přídavek na obrábění, technologických přídavek, velikosti úkosů, kontrola minimálních tloušťek a poloměrů zaoblení. Stanovení tolerancí na základě tvarové složitosti dle ČSN 42 9002.
- 3) Stanovení tvaru a rozměrů výchozího polotovaru.
- 4) Určení způsobu dělení materiálu a volba parametrů příslušného stroje.
- 5) Určení rozmezí kovacích teplot, volba způsobu ohřevu a určení doby ohřevu.
- 6) Návrh postupu kování včetně volby příslušného zařízení či stroje a výpočtu potřebných energeticko-silových parametrů pro předkovací operace, kovací operace a dokovací operace.
- 7) Návrh dokončovacích operací včetně tepelného zpracování výkovků.

**Dokumentace k odevzdání:**

- a) Komentář s uvedeným postupem a návrhem tvaru výkovku na základě tvaru součásti podle ČSN 42 9030 se zdůvodněním, včetně potřebných pomocných a hlavních výpočtů.
- b) Výkres výkovku dle ČSN 42 9030 se zadanými tolerancemi hlavních rozměrů.
- c) Technologický postup výroby tabulkovou formou: č.operace - název operace - pracoviště - náskres - použité výrobní zařízení - poznámka. Zde nezapomeňte uvést veškeré požadované kontrolní hodnoty pro jednotlivé operace.

**PODKLADY PRO TECHNOLOGICKÝ POSTUP ZÁPUSTKOVÉHO KOVÁNÍ**

Při rozboru technologičnosti kování a počáteční volbě tvářecího stroje přihlížíme především k základnímu tvaru vyráběné součásti (rotační tvar, podlouhlý tvar typ ojnice nebo typ hřídel), hlavním rozměrům, hmotnosti, požadované přesnosti a sériovosti výroby (viz kritéria pro volbu tvářecího stroje). Nejprve však musíme navrhnout tvar výkovku.

**Návrh tvaru výkovku**

Při návrhu tvaru výkovku vycházíme z výkresu součásti, jakosti kovaného materiálu, zadané přesnosti výroby a zadaného tvářecího stroje. Stručný sled činností při návrhu tvaru výkovku je následující:

- \* stanovit technologické přídávky a přídávky na obrábění (buď na plochu či na rozměr)
- \* stanovit polohu dělicí plochy (dělicích ploch či rovin)
- \* stanovit hodnoty úkosů (jsou vnější a vnitřní a závisí na typu tvářecího stroje)
- \* stanovit či kontrolovat minimální tloušťky stěn, dna a blány
- \* stanovit či kontrolovat minimální hodnoty zaoblení hran a přechodů
- \* stanovit mezní úchyly a tolerance rozměrů a tvarů na základě tvarové složitosti

Technologickými přídávky se rozumí materiál navíc, který je nutný, aby bylo možné daný tvar vyrobit zvolenou technologií. Obvykle se jedná o zaplnění jemných otvorů či detailů, dále to jsou úkosy, vnitřní blány, přídávky na obrábění a pod. Pro stanovení přídavek na obrábění dle ČSN 42 9030 vycházíme z přesnosti provedení výkovků. To může být: obvyklé,

přesné, velmi přesné nebo provedení dle dohody. Větší přesnost znamená menší přídavky na obrábění. Dalším rozhodujícím faktorem je tvařitelnost materiálu. Čím je materiál hůře tvařitelný (větší procento uhlíku a/nebo větší procento legujících prvků), tím větší se volí přídavky na obrábění. Přídavky na obrábění jsou obvykle stejné pro všechny rozměry výkovku a určují se podle přesnosti největšího rozměru hotového výrobku (součásti) ve směru kolmo k rázu (průměr) a podle největší výšky součásti tj. ve směru rázu. U nerotačních tvarů je největší rozměr součásti ve směru kolmo k rázu definován jako střední hodnota součtu největší šířky a délky součásti. V následující tab.1 jsou uvedeny přídavky na obrábění ploch pro obvyklé provedení a pro oceli se stupněm tvařitelnosti 1, 2 a 3 (většina ocelí třídy 12 až 16) dle ČSN 42 9030. Pokud se obrábí průměr, nebo jiná tvarová část po obvodě je nutno danou hodnotu zdvojnásobit.

Tab.1. Přídavky na obrábění ploch pro obvyklé provedení  
Rozměry v mm

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

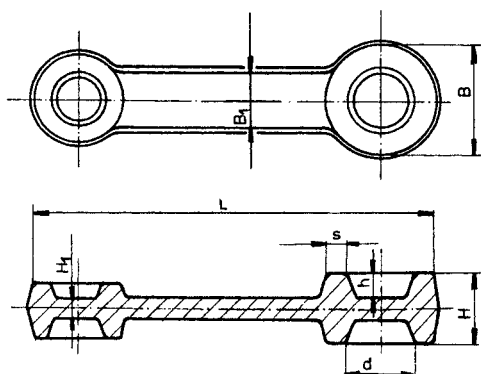
**Poloha dělicí plochy.** Dělicí plochou se rozumí plocha, která rozděluje zápustku na jednotlivé díly tak, aby bylo možné výkovek vyjmout z dutiny zápustky. Volba polohy dělicí roviny ovlivňuje především tok materiálu v dutině zápustky. Poloha dělicí plochy vzhledem k výkovku může být buď ve směru hlavní osy výkovku, nebo kolmo na hlavní osu výkovku. Podle tvaru výkovku může být dělicí plocha přímá, lomená, zakřivená v jednom či ve více směrech. Dále rozeznáváme vnější a vnitřní dělicí plochu. Vnější dělicí plochou se obvykle rozumí rozhraní mezi horní a dolní polovinou zápustky. Do vnější dělicí plochy, v případě kování s výronkem, vytéká přebytečný materiál, který je bržděn můstkem výronkové drážky. Vnitřní dělicí plochu určujeme při kování tvarových výkovků, když se předkovávají otvory s následným děrováním. V této ploše či rovině je umístěna vnitřní blána. Poloha blány se volí běžně uprostřed výšky otvoru. Nedoporučuje se volit polohu vnitřní blány ve stejné výškové úrovni jako rovinu vnějšího výronku. Obvykle je vnitřní dělicí rovina byla přesazena vůči vnější směrem dolů. Otvory se předkovávají pouze pokud je průměr otvoru větší než 10 mm.

Vnitřní blána může sloužit i jako výronková drážka pro případ kování s vnitřním výronkem. V případě bezvýronkového kování zde může být umístěna kompenzační dutina. Tloušťka vnitřní blány musí být větší než je doporučená nejmenší tloušťka dle ČSN 42 9030. Orientačně je zde možné využít tab.2, která slouží jako směrnice pro konstrukci výkovku a pro stanovení přesahu u výkovků. Rozměr D je maximální průměr výkovku (pro rotační výkovky), rozměr B je největší šířka výkovku (pro podlouhlý výkovek). Uvedené rozměry jsou v mm

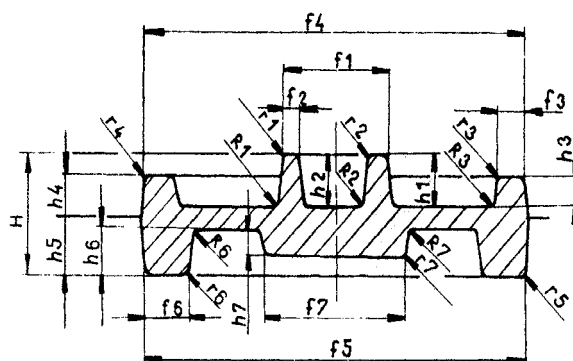
Tab.2 Nejmenší tloušťka dna, blány, disku H<sub>1</sub> a stěny s výkovku dle ČSN 42 9030

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 <sub>1</sub> 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

Požadavek minimální tloušťky žebra, blány, disku či dna je dán hlavně velikostí vznikajících tlaků a/nebo možností jejich vyplnění materiálem. Velikost minimálních hodnot je ovlivňována druhem tvářeného materiálu, způsobem toku materiálu, požadovanou přesností (s rostoucí přesností minimální tloušťky jsou nižší) a tvarovou složitostí výkovku.



Obr.1 Tloušťka stěny s a dna H<sub>1</sub>



Obr.2 Vnější (r) a vnitřní (R) poloměry zaoblení

### Minimální poloměry zaoblení

Stýkající se povrchy u výkovků jsou v prostoru spojeny zakřivenými plochami, které jsou v příčném řezu definovány poloměrem zaoblení. Poloměry zaoblení jsou vnější (poloměr zaoblení hran r), nebo vnitřní (poloměr zaoblení přechodů R).

Tab.3 Zaoblení hran r a přechodů R výkovků dle ČSN 42 9030

Výška (hloubka) h		Poloměry zaoblení hran a přechodů při poměru					
		$h/f \leq 2$		$2 < h/f \leq 4$		$h/f > 4$	
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

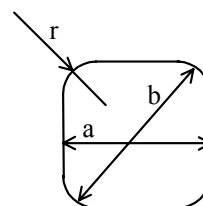
Poloměry zaoblení zvyšují odolnost výkovků proti mechanickému namáhání, neboť redukují velikost úrovně napětí v oblasti přechodů. Poloměry zaoblení mají dále vliv na způsob toku materiálu do dutiny a její zaplňování, kdy příliš malé poloměry přechodu R

mohou mít za následek vznik přeložek. Na druhé straně ale znamenají větší opotřebení hran zápustek či trnů. Minimální hodnoty poloměrů zaoblení hran a přechodů se udávají v závislosti na kovaném materiálu, na typu kovacího stroje, na hloubce dutiny a na poměru hloubky dutiny **h** (výšce výkovku) k dané šířce **f** - viz. tabulka 3.

**Mezní úchytky a tolerance rozměrů** výkovků se stanoví podle tvarové složitosti (ČSN 42 9002) a podle stupně přesnosti výkovku z největších rozměrů výkovku ve směru kolmo k rázu a ve směru rázu. U nerotačních tvarů je největší rozměr výkovku ve směru kolmo k rázu definován střední hodnotou součtu největší šířky a délky výkovku. Hodnoty mezních úchylek udávané v tabulkách platí pro vnější rozměry. 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. Tabulky a popis viz soubor „Tolerance\_vykovku.doc“.

**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.

ad 3) Výchozím polotovarem je obvykle tyč, a to buď kruhového průřezu nebo sochor (čtvercový tvar se zaoblenými rohy- viz obr. \_), kde velikost průřezu **S** je dána tabulkou 4. Pro rychlou orientaci je možné použít výpočetních vztahů:  $a = 1,0375 \cdot \sqrt{S}$ , nebo  $S = 0,9286 \cdot a^2$ .



Tab.4 Rozměry ocelových sochorů a x a dle ČSN 42 5121.

a [mm]	b [mm]	r [mm]	S [mm <sup>2</sup> ]	Tolerance [mm]	a [mm]	b [mm]	R [mm]	S [mm <sup>2</sup> ]	Tolerance [mm]
40	48,2	8	1426	± 2,0	70	84,2	14	4552	± 2,0
42	50,8	8	1639	± 2,0	75	90,9	14	5226	± 2,5
44	52,8	9	1798	± 2,0	80	96,9	15	5946	± 2,5
46	55,5	9	1966	± 2,0	85	103,7	15	6712	± 2,5
48	57,5	10	2140	± 2,0	90	109,7	16	7526	± 2,5
50	60,2	10	2322	± 2,0	95	116,4	16	8384	± 3,0
52	62,1	11	2512	± 2,0	100	122,4	17	9290	± 3,0
54	64,8	11	2709	± 2,0	105	129,1	17	10242	± 3,0
56	67,5	11	2913	± 2,0	110	134,4	19	11243	± 3,0
58	69,3	12	3125	± 2,0	115	141,1	19	12386	± 3,0
60	72,2	12	3344	± 2,0	125	153,5	20,5	14512	± 3,0
62	74,2	13	3571	± 2,0	135	165,3	23	16931	± 4,0
65	78,2	13	3925	± 2,0	145	178,6	23	19532	± 4,0

Pro stanovení hmotnosti polotovaru platí

$$G_o = (G_v + G_{vyr}) \cdot (1 + \delta/100)$$

kde  $G_v$  hmotnost výkovku

$G_{vyr}$  hmotnost výronku (otřepu)

$\delta$  procento opalu (0,5 až 3% podle způsobu a doby ohřevu)

Hmotnost výronku můžeme stanovit výpočtem dle rozměrů výronkové drážky (můstek a zásobník) s předpokládaným stupněm zaplnění nebo použít orientační způsob výpočtu dle následující tabulky 5.

Tab.5 Volba poměru  $G_o / G_v$  jako funkce tvarové složitosti a hmotnosti

$G_v$ [kg]		1,0	2,5	4,0	6,3	20	100
tvarová skupina	1	1,1	1,08	1,07	1,06	1,05	1,03
	2	1,25	1,19	1,17	1,15	1,08	1,06
	3	1,5	1,46	1,41	1,35	1,20	---

Orientačně pro poměr  $G_o / G_v$  platí, že s rostoucí hmotností výkovku klesá a s rostoucí tvarovou složitostí roste.

**Tvarové skupiny** jsou charakterizovány takto

- 1 - kompaktní tvary
- 2 - rotační tvary
- 3 - podlouhlé tvary

Z hmotnosti polotovaru určíme jeho objem a z objemu určíme rozměry polotovaru. Za předpokladu, že se jedná o tyč je nutné určit

- a) profil tyče - je dán druhem a cenou materiálu (dostupností)
- b) poměr délka ústřížku /charakteristický rozměr tj. poměr  $l_0 / a_0$  nebo  $l_0 / d_0$  Je to dáno tvarem výkovku, způsobem dělení a/nebo prvou operací.
- c) celkový počet tyčí podle požadované sériovosti

ad 4) **Používané stroje pro dělení** jsou buď různé typy strojních nůžek (bezodpadový způsob dělení stříháním) nebo různé typy pil (dělení řezáním). Velikost potřebné síly při stříhání je dána materiálem, průřezem tyče S a teplotou, při které se stříhá.

Pro stříhání za studena platí:  $F = (1,25 \div 1,5) \cdot S \cdot \tau_{str}$

Pro stříhání za tepla platí:  $F = (1,2 \div 1,4) \cdot S \cdot R_{mt}$

Při stříhání za studena určujeme  $\tau_{str}$  podle meze pevnosti, pro ocel platí

$$\tau_{str} = 110 + 0,56 R_m \text{ [MPa]}$$

Při stříhání za tepla dosazujeme mez pevnosti  $R_{mt}$  při dané teplotě.

Tab.6 Hodnoty meze pevnosti při různých teplotách

materiál	teplota °C						
	20	600	750 ÷ 800	900	950	1000	1100
11 343, 12 010, 12 024	340 ÷ 590	≈ 280	≈ 200	144	123	108	84
11 500, 12 050,	490 ÷ 780	≈ 300	≈ 220	149	128	108	80
14 220				184	159	139	106

Pro dělení stříháním se běžně používají strojní nůžky ScK, viz následující tabulka 6. Zde pro daný typ (označení značí sílu v t) je udán max. průměr stříhané tyče za studena pro pevnost materiálu  $R_m = 450$  MPa. Pro jinou pevnost či tvar (sochor) je nutné hodnoty přepočítat.

Tab.7 Přiřazení max. průměru stříhané tyče typu nůžek

Typ stroje	ScK 315	ScK 500	ScKU 800	ScK 1000	ScK 1600
průměr [mm]	106	132	170	190	235

ad 5) **Rozmezí kovacích teplot** je dáno materiálovou normou. Pro uhlíkové oceli je možné, využít diagramu železo-uhlík.

**Metoda ohřevu** závisí především od požadované sériovosti výroby, požadované přesnosti výroby a velikosti polotovaru. Podle vybrané metody (ohřev v komorové peci nebo indukční ohřev), druhu a rozměrů ohřivaného materiálu, stanovíme potřebnou dobu ohřevu a velikost opalu  $\delta$  (0,5% indukční ohřev, 2 až 4 % pro ohřev v komorové peci).

Pro **ohřev v komorových pecích** lze dobu ohřevu pro uhlíkové oceli velmi zhruba určit dle tloušťky materiálu dle tabulky 8.

Tab.8 Doba ohřevu pro uhlíkové a nízkolegované oceli

tl. materiálu [mm]	< 30	< 65	< 130
doba ohřevu [min/cm]	3 ÷ 4	6 ÷ 8	až 12

V případě **indukčního ohřevu** ocelí je rozhodující zvolená frekvence (daná průměrem materiálu) a výkon indukční ohříváčky. Doba ohřevu v minutách podle materiálu a průměru tyče [mm] je dána tabulkou 9.

Tab.9 Doba ohřevu v indukční cívice v závislosti na průměru ohřivané tyče

průměr tyče	10	20	30	40	50	60	70	80	100
Nízkouhlíkové oceli	0,2	0,6	1,2	1,8	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
nízkolegované oceli	0,4	1,2	1,7	2,2	3,0	3,5	4,2	4,7	6,0

#### ad 6) **Návrh postupu kování**

Rámcový technologický postup zápusťkového kování mimo operace mezioperační kontroly, mazání zápusťek či vyfukování okují a pod. je dán následující tabulkou. Některé operace je možné v jistých případech vynechat (předkování, děrování blány, rovnání či kalibrování) podle tvaru, sériovosti, tvarové složitosti či požadované přesnosti výkoku. Vybrané příklady strojů a výrobního zařízení jsou:

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| 1. Dělení materiálu        | stříháním (nůžky), řezáním (pila)                       |
| 2. Ohřev na kovací teplotu | indukční pec, komorová pec, karuselová pec              |
| 3. Předkování              | buchar KB, kovací válce, PKV, postupová zápusťka, lis   |
| 4. Dokování                | lis kovací (LZK, atd.), vřetenový, hydraulický, buchary |
| 5. Děrování blány          | lis univerzální LU, lis děrovací a ostříhovací LDO      |
| 6. Ostřížení výronku       | lis univerzální LU, lis děrovací a ostříhovací LDO      |
| 7. Rovnání, kalibrování    | výrobní stroj či lis kolenový (LLD, LLK atd.)           |
| 8. Tepelné zpracování      | normalizační žíhání, žíhání na měkko, zušlechtování     |
| 9. Otryskání či moření     | tryskače PTB, mořicí lázeň                              |

Pro každou operaci je nutné uvést použitý stroj či zařízení, jeho parametry a požadované charakteristické hodnoty např. při dělení materiálu požadované rozměry a hmotnost polotovaru (včetně tolerance 1 až 3%), při ohřevu výši kovací teploty s přípustnou tolerancí a pod. Všechny operace nemusí (!) být zahrnuty, např. kalibrování. Operace předkovací a dokovací mohou proběhnout buď na jednom stroji, nebo na více strojích. Děrování a ostřížení se obvykle provádí na ostříhovacím lisu.

Používané typy strojů jsou:

- buchary: pro volné kování, předkování a zápusťkové kování, mohou být jednočinné či dvojčinné, hydraulické, šabotové či protiběžné
- lisy: hydraulické, vřetenové či třecí, mechanické klikové svislé a vodorovné, výstředníkové, kolenové či razicí

- speciální zařízení: příčné klínové válcování - pro předkovací operace i válcování na hotovo, kovací válce - pro předkování.

**Volba** tvářecího stroje je ovlivněna hlavně tvarem výkovku, jeho hmotností a požadovanou sériovostí. výroby. V některých případech hraje roli i materiál výkovku, požadovaná přesnost kování, možnost mechanizace a automatizace. V praxi se vychází především z dostupného vybavení dané kovárny. V našem případě vycházejte z tabulky 10.

Tab.10 Volba typu tvářecího stroje

tvar výkovku	rotační	lis (klikový, třecí, hydraulický)
	podlouhlý	buchar (šabotový, protiběžný)
hmotnost výkovku	nízká	buchar
	střední	lis (do cca 60 kg), buchar
	velká	buchar protiběžný, hydraulický lis
sériovost	nízká až střední	buchar, vřetenový, hydraulický lis
	vysoká	klikový lis

Dále se na volbě podílí tvarová složitost, tloušťka stěn, přesnost, výrobní náklady, velikost pracovního prostoru, upínací možnosti.

Pro daný typ stroje je nutné určit jeho energeticko-silové parametry: pro kovací klikový lis počítáme maximální sílu, při kování na bucharu určujeme energii, kterou buchar vyvine v jediném nejsilnějším úderu. Pro předkovací operace válcováním je omezujícím parametrem průměr (průřez) materiálu, požadovaná redukce, možnost automatizace a pod.

## PŘEDKOVÁNÍ

Předkovací operaci je nutné téměř vždy zařadit, obvykle pro odstranění okují. Síly se zde počítají jen zřídka. V případě podlouhlých výkovků je hlavním smyslem předkování rozdělení objemu materiálu v podélném směru – vytvoření ideálního předkovku. Stroje a zařízení pro předkování se však liší dle typu hlavního kovacího stroje. V případě kování na bucharu se další zařízení obvykle nepoužívá, při kování na vřetenovém lisu či na klikovém lisu se podle tvaru výkovku použije předkovací buchar, kovací válce, příčné klínové válcování. Dle základního tvaru zhruba platí

- **rotační výkovky:** pěchování (volné, v nástroji), předkování v předkovací dutině postupové zápustky nebo ve vložkách umístěných v držáku zápustek v případě klikového lisu.
- **podlouhlé výkovky:** volné předkování se provádí na bucharu nebo v předkovacích dutinách postupové zápustky. Pro větší sériovost se pro předkování používají **kovací válce**, nebo **příčné klínové válcování**. Síly se zde nepočítají, důležitá je velikost redukce. Typ a velikost stroje se volí podle výchozího průměru. V případě kování na kovacích válcích je zapotřebí více průchodů, tvar se vytváří postupně. Při použití válcovačky je tvar vyválcován v jediném průchodu.

## DOKOVÁNÍ - VÝPOČET KOVACÍ SÍLY $F$

Základní obecný vztah je  $F = S_c \cdot k_o$

kde  $S_c$  - rozhodující plocha pro výpočet tvářecí síly,

$k_o$  - hodnota přetvárného odporu.

Rozhodující plocha pro výpočet síly je plocha  $S_c$ , což je plocha průmětu výkovku do dělicí roviny včetně můstku výronkové drážky. Můstek výronkové drážky má výšku  $s$  a šířku  $b$ .

$$s = 0,015 \cdot \sqrt{S_v}$$

kde  $S_v$  - plocha průmětu výkovku do dělicí roviny.

Hodnota  $b/s$  je ovlivňována tvarovou složitostí výkovku dle tabulky 11.

Tab.11 Hodnoty  $b/s$  pro návrh rozměrů výronkové drážky

$S_v$ [cm <sup>2</sup> ]	tok materiálu převážně		
	pěchováním	šířením	vytlačováním
$\leq 20$	8	10	13
20,01 ÷ 50	7	8	10
50,1 ÷ 100	5,5	6	7
100,1 ÷ 250	4	4,5	5,5
260 ÷ 700	3	3,5	4,3
710 ÷ 1500	2	2,5	3,5

Pro výpočet přetvárného odporu  $k_o$  je rozhodující jakost kovaného materiálu, kovací teplota a deformační rychlost. Hodnotu přetvárného odporu  $k_o$  určíme ze vztahu  $k_o = k_p \cdot K_{TS}$

kde  $k_p$  - přetvárná pevnost (zde mez pevnosti  $R_{mt}$  při dané teplotě)

$K_{TS} = 4$  až  $9$  součinitel tvarové složitosti

Deformační rychlost  $\dot{\varphi}$  [s<sup>-1</sup>] se určí ze vztahu

$$\dot{\varphi} = \frac{v}{h_o}$$

kde  $v$  [mm/s] - dopadová rychlost beranu

$h_o$  [mm] - výška tvářeného výrobku (polotovaru)

Alternativní výpočet síly při zápusťkovém kování je možné provést dle nomogramu firmy Šmeral, která jej uvádí ve svém katalogu. Z tohoto nomogramu byl odvozen vztah ve tvaru

$$F = 0,6 \cdot S_c \cdot k_p \cdot n_{TS} \quad (\text{pozor na jednotky při dosazování})$$

kde  $F$  [kN] kovací síla

$S_c$  [cm<sup>2</sup>] celková plocha průmětu výkovku a můstku

$k_p$  [MPa] přetvárná pevnost pro danou teplotu, viz následující tabulka

$n_{TS} = 1$  až  $1,42$  - koeficient vlivu tvarové složitosti výkovku.

Volbu hodnoty přetvárné pevnosti  $k_p$  v MPa proveďte dle následující tabulky, a to pro zvolenou dokovací (!) teplotu

Tab.12 Hodnoty přetvárné pevnosti při dané teplotě pro  $\dot{\varphi} = 5 \text{ s}^{-1}$  a pro  $\varphi = 0.1$

Materiál	kovací teplota ve °C						
	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
ČSN	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
12050	149	128	108	91	80	71	68
12060	148	118	102	90	82	73	67
13240	196	171	150	130	102	96	80
14100	165	132	111	99	91	85	
14220	184	159	139	121	106	91	76



## VÝPOČET DEFORMAČNÍ PRÁCE $A$

Pro výpočet deformační práce můžeme použít vztah

$$A = V \cdot k_{os} \cdot \varphi$$

kde  $V$  - rozhodující objem pro výpočet deformační práce

$k_{os}$  - střední hodnota přetvárného odporu

$\varphi$  - hodnota stupně deformace.

Katalog firmy Šmeral uvádí energii úderu  $A_j$  v [kJ] pro výkovky z ocelí s nízkým a středním obsahem uhlíku a pro nízkolegované oceli v závislosti na hmotnosti výkovku  $G_V$  v [kg].

$$A_j = 13,62 \cdot G_V^{0,59} \quad (\text{pozor na jednotky při dosazování})$$

Pro jiné materiály je nutné použít přepočítávací koeficient. Pokud je velikost bucharu dána hmotností padajících částí, pak je nutné energii  $A_j$  přepočítat. Dle ČSN 22 8306 platí tyto vztahy mezi hmotností beranu  $m_B$  v [kg] a deformační prací posledního úderu bucharu v [J] tyto vztahy:

pro jednočinné buchary  $m_B = A/11$

pro dvojčinné buchary  $m_B = A/(18 \text{ až } 28)$

Pokud se hodnota  $A$  dosadí v kJ, pak hmotnost beranu vyjde v tunách.

## VÝPOČET SIL PRO OSTŘIHOVÁNÍ A PRO DĚROVÁNÍ

Síla pro ostříhování výronku  $F_s = 1,6 \cdot L \cdot s \cdot R_{m(t)}$

Síla pro děrování blány  $F_{s1} = 1,6 \cdot L_1 \cdot s_1 \cdot R_{m(t)}$

kde  $R_{m(t)}$  - mez pevnosti v tahu za studena (za tepla) - viz dříve uvedené hodnoty

$L$  ( $L_1$ ) - skutečný obvod po čáře ostřížení vnějšího (vnitřní) výronku (blány)

$s$  ( $s_1$ ) - skutečná tloušťka stříhané vrstvy vnějšího (vnitřní) výronku (blány)

platí  $s$  ( $s_1$ ) =  $z + n + u$

$z$  - skutečný rozměr stříhané vrstvy - určit graficky

$n$  - kladná tolerance na výškový rozměr  $H$  (výkovek)

$u$  - pro vnější výronek  $u = 0$ , pro děrování blány podle opotřebení trnů  $u = 5 \div 10$  mm

## VÝPOČET SIL PRO ROVNÁNÍ A PRO KALIBROVÁNÍ

Rovnění se obvykle provádí za tepla ve stejném nástroji jako kování (zde se síla nepočítá), může se ale provádět i zvláště za studena. Kalibrování se provádí obvykle za studena na kolenových lisech.

Potřebná síla pro kalibrování je dána vztahem

$$F = S_c \cdot p \cdot 10^{-6}$$

kde  $F$  [MN] - síla pro kalibrování

$S_c$  [mm<sup>2</sup>] - celková tvářená plocha

$p$  [MPa] - měrný tlak

Hodnoty měrného tlaku můžeme orientačně určit dle prospektu výrobce kolenových lisů, viz následující tabulka 13.

Tab.13. Volba hodnoty měrného tlaku pro vybrané operace tváření

Způsob tváření		měrný tlak v [MPa] pro daný materiál		
		hliník	mosaz	ocel
<b>Rovnění</b>	rovné čelisti čelisti s výstupky			200 - 300 100 - 200
<b>Kalibrování</b>	v rovině v objemu	600 - 800 1000 - 1200	1000 - 1600 1500 - 2000	1200 - 2000 2000 - 3000
<b>Protlačování</b>	dopředné zpětné	400 – 700 800 – 1200	1000 – 1600 1800 – 2500	1200 - 2000 2000 - 3000
<b>Objemové tváření</b>	otevřený nástroj uzavřený nástroj	600 - 800 1000 - 1200	1000 - 1600 1600 - 2000	1200 - 3000 2000 - 4000

### KONEČNÁ VOLBA TVÁŘECÍCH STROJŮ

Nejprve jsme určili správný typ tvářecího stroje, poté jsme vypočítali jeho sílu či práci. Při stanovení potřebné velikosti daného tvářecího stroje se obvykle předpokládá vytížení pouze na 80% (zejména u lisů), aby nedošlo při menší změně výchozích podmínek k přetížení.

Dále je nutné prověřit, zda rozměry pracovního prostoru (upínací možnosti lisu, bucharu) jsou dostatečné pro umístění daného nástroje (zápustka, ostříhovací nástroj). Jestliže dané prostory jsou nedostatečné, je nutné použít stroj s většími rozměry pracovního prostoru.

V praxi se často používají tzv. kovací soubory, kdy danému bucharu či kovacímu lisu je přímo přiřazen ostříhovací lis (viz. tabulka 14). Přesto se doporučuje provést kontrolu síly při ostříhování a děrování v případě, že jsme v horním rozmezí využití bucharu či lisu.

Tab.14 Přiřazení ostříhovacích lisů ke kovacím lisům a bucharům

kovací lis síla [MN]	zápustkový buchar		ostříhovací lis
	hmotnost beranu [t]	energie úderu [kJ]	síla [MN]
3,15	0,2	4	0,5
6,3	0,4	10	1,0
10	0,75	15	1,6
16	1,5	30	2,5
20	2,0	40	3,15
25	2,5	60	3,15
31,5	3,0	80	4,0
40	4,0	100	5,0
63	6,0	150	8,0

ad 7) Návrh dokončovacích operací včetně tepelného zpracování. Zde se obvykle jedná o normalizační žíhání, nebo žíhání na měkko, dále otryskání a kontrolu tvrdosti. Hodnotu tvrdosti je nutné v protokolu udávat ve správných jednotkách a povoleném rozmezí.

### ZÁKLADNÍ PŘEHLED VYRÁBĚNÝCH STROJŮ V ČESKÉ REPUBLICE

**Kovací lisy svíslé** typu LKM, LZK či nyní LMZ (výrobce ŠMERAL a ŽĐAS):

LKM 630, LZK 1000, LZK 1600, LZK 2500, LZK 3150, LZK 4000, LZK 6500, LMZ 630, Důležité parametry zde jsou jmenovitá síla, využitelný počet zdvihů, výška zdvihu, jmenovitá dráha, na které lze sílu využít. Číslo za označením udává jmenovitou sílu v tunách. LZK 1000 vyvine max. sílu 10 MN.

**Kovací lisy horizontální typ LKL** - vodorovně dělené zápustky a **typ LKH** - svisle dělené zápustky (výrobce ŠMERAL):

LKL 250, LKL 400, LKL 630, LKH 500, LKH 800, LKH 1200. Důležité parametry zde jsou jmenovitá síla, využitelný počet zdvihů, max. průměr kované tyče, síla na svěřacím beranu. Číslo za označením udává jmenovitou sílu v tunách. Lis LKH 500 vyvine max. sílu 5 MN.

**Buchary typu KJH, nyní KHZ** (výrobce ŠMERAL, METALPRESS):

KJH 2, KHZ 2, KHZ 4, KHZ 8, KHZ 16. Důležitá je zde max. energie jednoho úderu a max. počet úderů za minutu. Zde číslo označuje jmenovitou energii jednoho úderu v kpm, neboli KJH 2 poskytuje max. energii jednoho úderu 20 kJ.

**Kompresorové buchary pro předkování** (výrobce Východoslovenské strojárne Košice) .

Typové označení B 100, B 250, KB 630. Číslo označuje hmotnost beranu v kg. Důležitá je zde energie jednoho úderu (pro uvedení typu: 1.9, 6.3, 18.5 kJ), maximální výška kovaného materiálu (120, 190, 450 mm) a **počet úderů za min (185, 135, 115)**.

**Válcovačky pro příčné klínové válcování** (výrobce ŠMERAL):

Typy UL 35, UL 45, UL 70, ULS 100, ULS 160. Důležitými parametry zde jsou: max. průměr špalíku či tyče, dosažitelná redukce, počet kusů za minutu, max. délka vývalku. Číslo za typovým označením udává max. průměr vstupního polotovaru.

**Ostřihovací a děrovací lisy** typu LDO či **univerzální lisy** typu LU (výrobce ŠMERAL):

LDO 315, LDO 500, LDO 800, LU 63, LU 100, LU 160, LU 250, LU 400. Důležitá je zde jmenovitá síla, využitelný počet zdvihů za minutu, velikost zdvihu. Číslo za označením udává jmenovitou sílu v tunách, tedy např. LDO 315 vyvine jmenovitou sílu 3,15 MN.

**Třecí a vřetenové lisy** (výrobce ŽĐAS):

Třecí typy LF 630, LF 1000, LVT 400, LVT 630, LVT 1000, LVT 1600 a nové typy dle způsobu pohonu LVH 1000, LVH 4000 (hydraulický), LVE 160 (elektrický) apod. Důležitými parametry podle typu lisu zde jsou: min. deformační dráha, jmenovitá síla, max. přípustná síla, energie setrvačnicku, teoretický počet zdvihů za min. Číslo za označením udává jmenovitou sílu v tunách, tedy např. LVH 1000 vyvine jmenovitou sílu 10 MN.

**Kolenové lisy typu LLD, LL, LLK, LLR** (výrobce ŠMERAL):

LLD 250, LLD 400, LL 1000, LLK 2000, LLR 1000, LLR 2000. Důležité parametry jsou jmenovitá síla, jmenovitá pracovní dráha, počet využitelných zdvihů. Číslo za označením udává jmenovitou sílu v tunách, tedy lis LL 1000 vyvine jmenovitou sílu 10 MN.

### **Související ČSN normy a doporučená literatura**

ČSN 22 8306 až 09: Konstrukce zápustek pro jednotlivé typy tvářecích strojů

ČSN 42 9002: Rozdělení zápustkových výkovků podle složitosti tvaru

ČSN 42 9030: Výkovky ocelové zápustkové, přídavky na obrábění, mezní úchytky rozměrů a tvarů

ČSN 42 9040: Výkovky zápustkové z neželezných kovů, rozměry.

ČSN EN 10243-1: Ocelové zápustkové výkovky – mezní úchytky rozměrů – Část 1: Výkovky kované na bucharech a svislých kovacích lisech (ČSN 42 9031)

ČSN EN 10243-2: Totéž ale Část 2: Výkovky pěchované na vodorovných kovacích lisech

[1] Čermák J., Šanovec, J.: Přípravky a nástroje pro tváření kovů za tepla, ČVUT 1977

[2] Hýsek R.: Katalog tvářecích strojů

[3] Hašek V.a kol.: Kování SNTL 1965

[4] Hutnictví železa: Oceli výrobní program, TEVÚH 1980