

Vývoj stříhacího nástroje pro plošné tváření

Pavel Obadal

Bakalářská práce
2009

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel OBADAL**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Vývoj stříhacího nástroje pro plošné tváření**

Zásady pro vypracování:

- 1. Provedte studium literatury z oblasti teorie a technologie tváření**
- 2. Rozeberte teorii a technologii stříhání**
- 3. Provedte konstrukci stříhacího nástroje**
- 4. Zhodnoťte ekonomický přínos řešení**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

BLAŠČÍK, František, et al. Technologია tvárnenia, zlievárenstva a zvárania. 1. vyd. Bratislava : Alfa, 1988. 832 s.

ČABELKA, Jozef. Mechanická technologია. 1. vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1967. 1036 s.

FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Brno : Nakladatelství vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Imrich Lukovics, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

20. února 2009

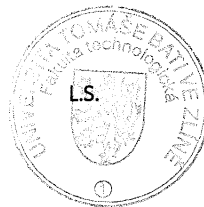
Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2009

Ve Zlíně dne 16. února 2009



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

V této bakalářské práci byla rozebrána teorie a technologie plošného tváření se zaměřením na stříhání. Hlavním cílem práce bylo navrhnout konstrukci stříhacího nástroje pro výrobu zadaného výrobku. V další části bylo porovnáno několik druhů pryže různých tvrdostí a tloušťek, využívaných při technologii vystřihování gumou. Pro vypracování výkresové dokumentace byly použity programy CATIA V5R18 a INVENTOR 2008.

Klíčová slova: tváření, stříhání, stříhací nástroj, pryž, CATIA V5R18, INVENTOR 2008

ABSTRACT

The theory and technology of surface forming with specialization in cutting was analysed in this bachelor work. The main aim of work was to suggest construction of cutting tooler for making farm out product. The several kinds of rubber of different hardnesses which are used for technology of cutting by rubber were compared at the next part. The programs CATIA V5R18 and INVENTOR 2008 were used to work out design documentation.

Keywords: forming, cutting, cutting tooler, rubber, CATIA V5R18, INVENTOR 2008

Poděkování

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Imrichu Lukovicsovi, CSc. jako mému vedoucímu bakalářské práce za odborné rady, ochotu, čas a pomoc při zpracovávání této práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně, 29. 5. 2009

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 TEORIE TVÁŘENÍ	10
1.1 STRUKTURA LÁTEK	10
1.1.1 Amorfnní látky	10
1.1.2 Krystalické látky	10
1.2 DISLOKACE V KRYSTALECH	11
1.3 DRUHY DISLOKACÍ	12
1.3.1 Hranová dislokace	12
1.3.2 Šroubová dislokace	12
1.4 RYCHLOST POHYBU DISLOKACÍ.....	13
1.5 PODSTATA A HLAVNÍ ZNAKY TVÁŘECÍCH PROCESŮ	14
1.6 PLASTICKÁ DEFORMACE KOVŮ.....	14
1.6.1 Amorfnní způsob posuvu atomů	15
1.6.2 Translační kluz	15
1.6.3 Složitý kluz.....	15
1.6.4 Mezioblokový průběh plastické deformace	15
1.6.5 Dvojčatění	15
1.6.6 Mezikrystalový průběh plastické deformace.....	16
1.7 KRITICKÉ KLUZOVÉ NAPĚTÍ.....	16
1.8 PŘETVÁRNÝ ODPOR	17
1.9 ZÁKLADNÍ ZÁKONY TVÁRNÉ DEFORMACE.....	17
1.9.1 Zákon stálosti objemu	17
1.9.2 Zákon podobnosti.....	17
1.9.3 Zákon nejmenšího odporu.....	18
1.9.4 Zákon odpružení po trvalé změně tvaru.....	18
1.10 ZOTAVOVÁNÍ	19
1.11 REKRYSALIZACE	20
2 TECHNOLOGIE PLOŠNÉHO TVÁŘENÍ	21
2.1 DĚLENÍ MATERIÁLU	21
2.2 STŘÍHÁNÍ.....	21
2.2.1 Střihání na stříhadlech a děrovačkách.....	22
2.2.2 Podmínky a průběh stříhu	23
2.2.3 Střížná síla a práce	27
2.2.4 Střížná plocha.....	29
2.2.5 Činitelé ovlivňující stříhání.....	30
2.2.6 Zařízení k stříhání plechu a profilů	33
2.2.7 Stříhadla	35
2.2.8 Nástřih materiálu	36
2.2.9 Vystřihování gumou.....	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
3 KONSTRUKCE STŘÍHACÍHO NÁSTROJE	40

3.1	POPIS JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ NÁSTROJE.....	40
3.1.1	Upínací deska	40
3.1.2	Prostříhovadlo	40
3.1.3	Horní čep	41
3.1.4	Příruba	41
3.1.5	Zajišťovací čep	41
3.1.6	Spodní nástroj.....	41
3.1.7	Podstava	42
4	TECHNOLOGIE VYSTŘIHOVÁNÍ GUMOU	43
4.1	VÝROBA FORMY	43
4.2	VÝROBA PRYŽE	43
4.3	ZKOUŠENÍ PRYŽE.....	44
4.3.1	Zkoušení tvrdosti.....	44
4.3.2	Tlakové zkoušky pryže	45
5	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBY	49
	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	51
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	52
	SEZNAM OBRÁZKŮ	53
	SEZNAM TABULEK.....	54
	SEZNAM PŘÍLOH.....	55

ÚVOD

Hlavním cílem teorie tváření je matematický popis tvářecího děje. Proto nutně vychází z obecných zákonů teorie plasticity, která se aplikuje na skutečné, nevratné tvářecí procesy. Uplatňuje tedy fyzikální, fyzikálně chemické, mechanické a termodynamické principy při řešení přechodu tělesa z elastického do plastického stavu a při vlastním plastickém přetváření materiálu za různých zjednodušujících předpokladů. Praktického využití teorie plasticity v teorii tváření lze dosáhnout jen ve spojení s dalšími základními disciplínami.

Především se vychází z fyziky kovů, která na základě teoretického a experimentálního studia mechanismů plastického přetvoření přispívá k objasnění vlivu chemického složení, teploty, velikosti a druhu napjatosti na přechod materiálu do plastického stavu. Dále s přihlédnutím k velikosti plastické deformace a k rychlostním podmínkám tváření pomáhá objasnit i jeho fyzikálně chemické změny vedoucí ke zpevnění.

Teorie tváření vychází i z mechaniky kontinua těles, která na rozměrové úrovni hmotných elementů, se zřetelem na mechanická schémata deformace, stanovuje konkrétní hodnoty napětí a přetvoření v jednotlivých místech deformovaného tělesa v průběhu procesu tváření.

Technologické procesy tváření patří k základním procesům strojírenské technologie. Jde o výrobní procesy, kterými se vlivem účinku mechanické a tepelné energie mění konstrukční materiály na polovýrobky, které se obvykle dalšími procesy, především třískovým obráběním, mění na hotové výrobky. Jednotlivé procesy tváření díky postupujícím vědeckým poznatkům se už tak rozpracovali, že umožňují strojové součástky vyrábět na hotovo s přesností, která v některých případech se vyrovná třískovému obrábění. Technologie tváření představuje neobyčejně rozsáhlý vědní obor. Při rozvoji této technologie se vyžadují znalosti o vnitřní stavbě kovů a změnách jejich mechanických a technologických vlastností. Tyto technologické procesy jsou současně i nejhospodárnější procesy strojírenské technologie. Umožňují nejlepší využití kovových materiálů, protože při výrobě součástek nevznikají tak velké ztráty materiálu jako při jiných výrobních procesech. Další velký význam spočívá v podstatném zvýšení produktivity práce, která se projevuje zejména ve snižování pracnosti a zkracování výrobního cyklu. Snižování spotřeby materiálu a zvyšování produktivity práce zaváděním technologie tváření se příznivě projevuje ve snižování výrobních nákladů. [1, 4]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TEORIE TVÁŘENÍ

1.1 Struktura látek

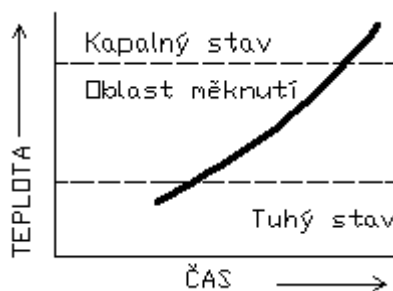
Atom je schopný samostatně existovat jen za určitých okolností. Slučováním atomů se vytvářejí molekuly. Při stejných atomech molekuly prvků, při různých atomech molekuly sloučenin, samozřejmě, jen za určitých podmínek. Jednotlivé látky vytvořené molekulami se můžou vyskytovat v plynném, kapalném nebo v tuhém stavu. Pro vytvoření některého skupenství je rozhodující nejen vazba mezi atomy, ale i tlak a teplota, při kterých se tato vazba uskutečňuje. [1]

1.1.1 Amorfní látky

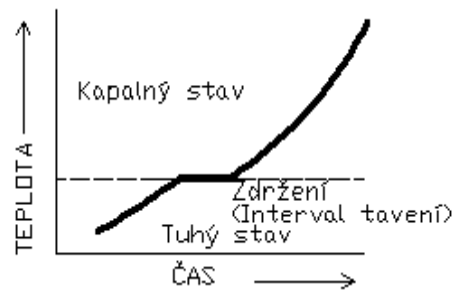
Vyznačují se v tuhém stavu méně pravidelným, nebo až náhodným uspořádáním. Krystalová mřížka je silně deformovaná a tato deformace v látkách silně amorfních je taková, že není možné najít při porovnání téměř žádnou stopu po podobném uspořádání. [1]

1.1.2 Krystalické látky

Reprezentují především tuhé látky a jejich stavební částice jsou uspořádané zákonitě a pravidelně do určitých tvarů. Vyznačují se i poměrně ostře ohraničeným bodem tavení. Při ohřevu těchto látek je možné pozorovat na křivce ohřevu charakteristické zdržení (interval tavení), které přesně ohraničuje tuhý stav od kapalného stavu.

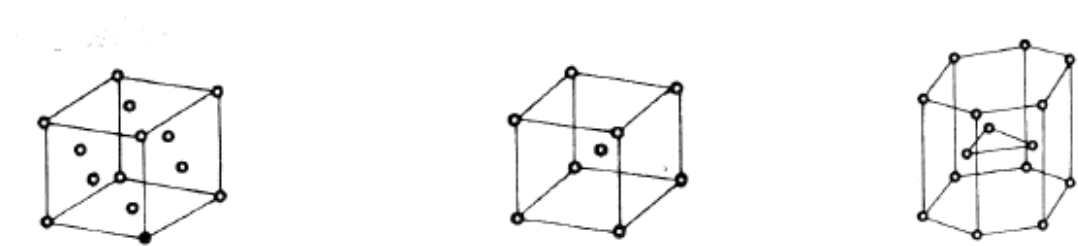


Obrázek 1: Křivka ohřevu amorfní látky [1]



Obrázek 2: Křivka ohřevu krystalické látky [1]

Většina kovů krystalizuje v kubické (krychlové) a hexagonální (šesterečné) soustavě. Proto tyto soustavy mají při vnitřní stavbě kovů největší význam. [1]



a) krychlová plošně středěná b) krychlová prostorově středěná c) šesterečná

Obrázek 3: Krystalové mřížky [1]

1.2 Dislokace v krystalech

Při neperiodickém uspořádání jsou jednotlivé částice hmoty rozmístěné neurčitě a tvoří stálé poruchy mřížky s geometricky neuspořádanými atomy. Podle velikosti a tvaru krystalografické neuspořádanosti atomů rozeznáváme mřížkové poruchy:

- Bodové (bezrozměrné)
- Čárové (jednorozměrné)
- Plošné (dvojměrné)
- Prostorové (trojměrné)

Z hlediska teorie plastických přetvoření mají největší význam čárové poruchy – dislokace.

Dislokace je porucha, která se projevuje vysunutím atomu z pravidelných poloh krystalové mřížky. [1, 7]

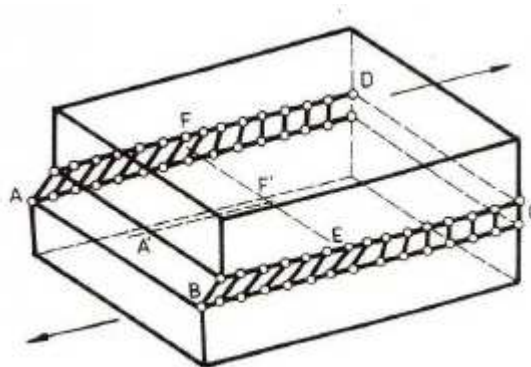
1.3 Druhy dislokací

V souvislosti s otázkami pevnosti a plasticity kovů mají význam tyto dvě dislokace:

- a) Hranová
- b) Šroubová [1]

1.3.1 Hranová dislokace

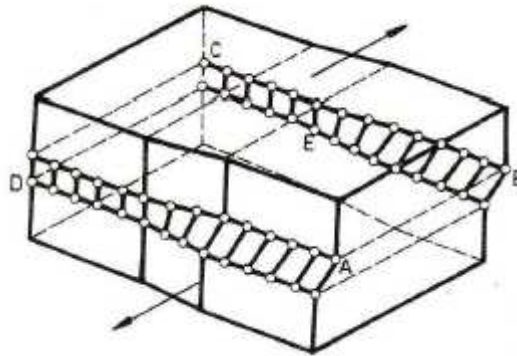
Na obr. 4 je postup vzniku hranové dislokace v krystalu. Rovina $ABEF$ je oproti spodní rovině posunutá ve směru šipky o jednu meziatomovou vzdálenost. Vidíme, že porucha v původním uspořádání atomů má přímkový charakter. [1]



Obrázek 4: Hranová dislokace [1]

1.3.2 Šroubová dislokace

Na obr. 5 je vidět, že při šroubové dislokaci je horní část krystalu proti jeho spodní části o něco posunutá v kolmém směru na předcházející směr posuvu. Tím vzniká speciální šroubová dislokace, neboli porucha v konfiguraci atomů v krystalu. [1]



Obrázek 5: Šroubová dislokace [1]

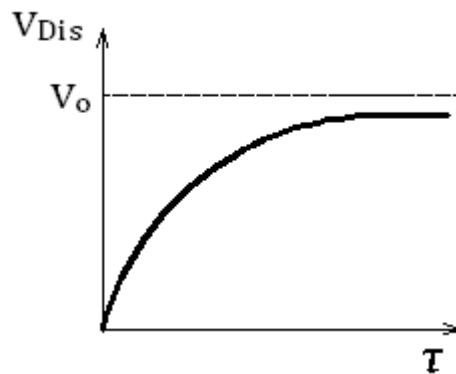
1.4 Rychlost pohybu dislokací

Dislokace se pohybují určitými rychlostmi, jejichž velikost pro daný kov závisí na velikosti působících napětí a teplotních podmínkách. Závislost rychlosti pohybu dislokací na základních faktorech můžeme znázornit ve tvaru exponenciální funkce:

$$v_{\text{Dis}} = v_0 \cdot \exp\left(-\frac{A}{\tau \cdot \vartheta}\right) \quad (1)$$

kde:

- A – materiálová konstanta
- ϑ – absolutní teplota
- τ – působící smykové napětí
- v_{Dis} – rychlost pohybu dislokací
- v_0 – rychlost zvuku pro daný kov



Obrázek 6: Schématické znázornění závislosti $v_{Dis} = f(\tau)$ pro $\vartheta = \text{konst.}$ [8]

Ze tvaru exponenciální funkce vyplývá, že intenzita rychlosti pohybu dislokací se zmenšuje se zvyšováním se napětí a asymptoticky se přibližuje k rychlosti zvuku. [8]

1.5 Podstata a hlavní znaky tvářecích procesů

Základem všech tvářecích procesů jsou velké plastické deformace, které jsou umožněny plastickými vlastnostmi některých kovů a slitin. Jde zde o trvalou změnu tvaru a rozměrů tvářenců, vyvolanou účinkem vnějších sil pomocí tvářecího nástroje a stroje. Vnější síly musí vyvolat takový stav napjatosti, při kterém je překročena mez kluzu. Vzniká tak trvalá deformace požadovaného směru a velikosti, aniž by došlo k porušení soudržnosti. [6]

1.6 Plastická deformace kovů

Při tváření kovů předchází vždy plastické deformaci deformace elastická. Plastická deformace je ve své podstatě pohyb jednotlivých částecek kovů vůči sobě, aniž by mezi nimi přestala působit koheze. Tato vlastnost kovů umožňuje jejich zpracování tváření. Mechanismus vzniku plastické deformace lze vysvětlit na základě dislokační teorie, tj. pohybem a vznikem mřížkových poruch. Rozeznáváme tyto základní mechanismy deformace: amorfní způsob posuvu atomů, translační kluz, složitý kluz, meziblokový průběh plastické deformace, dvojčatění, mezikrystalový průběh plastické deformace. [6]

1.6.1 Amorfní způsob posuvu atomů

Vyskytuje se ve velmi viskózních kapalinách a amorfních látkách skládajících se z jednoduchých molekul. Při dostatečně vysokých teplotách blízkých teplotám tavení, se vyskytuje i v kovech. [1]

1.6.2 Translační kluz

Je základní prvozáčáteční posuv atomů při plastických deformacích monokrystalů a polykystalů. [1]

1.6.3 Složitý kluz

Při dalším rozvoji plastické deformace přechází původní translační kluz do složitějšího kluzu. Od translačního kluzu se složitý kluz odlišuje těmito charakteristickými znaky: [1]

- Přestože se uvnitř deformovaného krystalu mění krystalografická orientace jeho některých částí mezi jednotlivými pásmy kluzu, tím se mění fyzikální i mechanické vlastnosti krystalu.
- Pásmo kluzu ztrácí při vyšší deformaci rovinný tvar, ohýbají se a natáčejí.
- V krystalech s krychlovou mřížkou vzniká dvojité kluz. Tento kluz nemůže nastat v krystalech s šesterečnou mřížkou, která má jen jeden systém aktivních kluzových rovin.

1.6.4 Meziblokový průběh plastické deformace

Při plastických deformacích se krystaly rozpadnou na jednotlivé bloky, které tvoří krystalovou mozaiku. Tyto bloky, jejichž hranice se odlišují o malé úhly, navzájem se pootočí, a tak jsou zdrojem nevratných deformací. Tím se změní celkový tvar krystalu. Protože tyto tvarové změny probíhají mezi jednotlivými bloky, hovoříme o meziblokovém průběhu plastické deformace. [1]

1.6.5 Dvojčatění

Dvojčatěním nastává nevratná změna krystalu. Krystalové dvojčata vznikají i mechanickým účinkem vnějších sil při určité koncentraci napětí. V tomto případě hovoříme o mechanickém dvojčatění krystalu. Při mechanickém dvojčatění je důležitá teplota a rychlost účinku vnější síly. Pravděpodobnost vzniku krystalových dvojčat roste s klesající teplotou

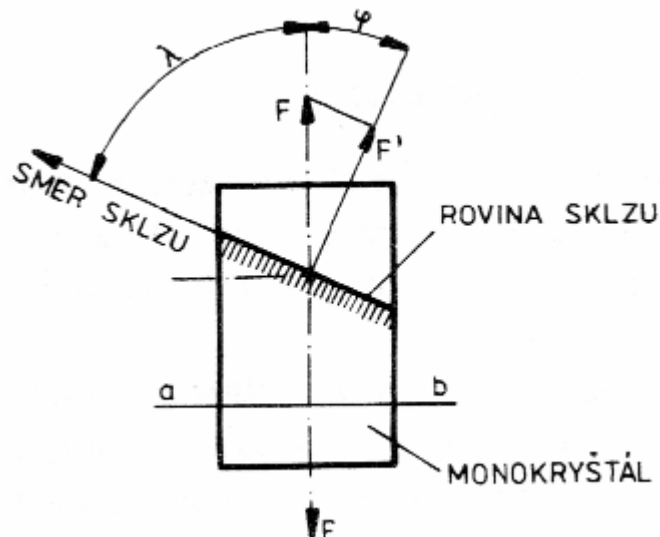
a se zvětšující se rychlostí silového působení. Velmi lehce vznikají dvojčata při rázovém účinku vnější síly. [1]

1.6.6 Mezikrystalový průběh plastické deformace

Při tomto způsobu plastické deformace se navzájem posouvají zrna na jejich hranicích. Do jaké míry se uplatní mezikrystalový průběh plastické deformace závisí především na deformačních podmínkách a na pevnosti vazby na hranicích zrn. [1]

1.7 Kritické kluzové napětí

Napětí potřebné na kluz v určité kluzové rovině se nazývá kritickým kluzovým napětím (smykovým) a označuje se τ_{kr} .



Obrázek 7: Schéma kritického kluzového napětí

[1]

Různá orientace zrn způsobí, že smykové napětí nedosáhne najednou ve všech smykových rovinách stejnou velikost. To způsobí, že v některých zrnech vznikne jen pružná a v jiných, které jsou výhodně orientované na směr působení síly, plastická deformace. Nejvýhodnější orientace roviny smyku (kluzu) a působící síly je pod úhlem $\lambda=45^\circ$ obr. 7, kdy smykové napětí dosahuje maximum. Podle obr. 7 je monokrystal namáhaný ve směru kolmém na rovinu ab silou F . Průřezová plocha ab má velikost S . Od roviny kluzu se odklání o úhel φ ,

směr kluzu svírá se směrem působící síly úhel λ . Kluzové napětí v rovině kluzu je možné vypočítat: [1]

$$\tau = \frac{F}{S} \cdot \cos \lambda \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

1.8 Přetvárný odpor

Odpor působící při tváření ve směru proti hlavnímu napětí, které způsobuje deformaci, je deformačním neboli přetvárným odporem. Ten závisí zejména na teplotě, deformační rychlosti, mezi kluzu, tření, rozměrech tvářeného tělesa. [6]

1.9 Základní zákony tvárné deformace

Pro analýzu tvářecích procesů je nutno znát základní zákony plastické deformace. Uvádíme 4 nejdůležitější: [6, 4]

- zákon stálosti objemu
- zákon podobnosti
- zákon nejmenšího odporu
- zákon odpružení po trvalé změně tvaru

1.9.1 Zákon stálosti objemu

Objem tělesa před deformací se rovná objemu tělesa po deformaci. Zanedbávají se nepatrné objemové změny, které mohou mít vliv na fyzikální a mechanické vlastnosti. [6]

1.9.2 Zákon podobnosti

Při experimentálním zkoumání v modelové technice musí být splněna kromě geometrické podobnosti, také podobnost mechanická a fyzikální. Dodržení těchto podobností je bezpodmínečně nutné v modelové technice. Zkoušky se často dají dělat pouze na modelech.

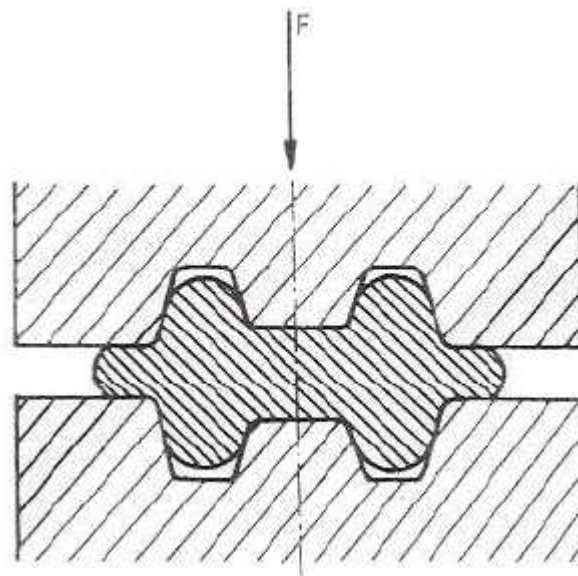
Rozdělení: [6]

- *Geometrická podobnost* – vyžaduje, aby poměry odpovídajících stran před a po deformaci si byly rovny.

- *Mechanická podobnost* – vyžaduje, aby příslušné měrné tlaky na odpovídající strany byly stejné.
- *Fyzikální podobnost* – vyžaduje, aby uvažovaná tělesa měla stejné chemické složení a strukturu, stejnou tvářecí teplotu, podobné rozložení napětí, stejné poměrné rychlosti deformace a stejné tření.

1.9.3 Zákon nejmenšího odporu

Mohou-li se body deformovaného tělesa přemísťovat v rozličných směrech, přemísťuje se každý bod ve směru nejmenšího odporu. Praktický význam tohoto zákona je patrný např. při tváření v otevřené zápustce, kde kov teče nejprve do dutiny v zápustce. Současně zaplňuje mezeru mezi horní a dolní polovinou zápustky. Aby výkovek správně zaplnil dutinu zápustky, musí být odpor pro vytékání materiálu do mezery (výronku) větší než do ní. Velikost odporu pro tok materiálu v mezeře, lze ovlivnit její velikostí. [6]



Obrázek 8: Aplikace zákona nejmenšího odporu při zápustkovém kování [6]

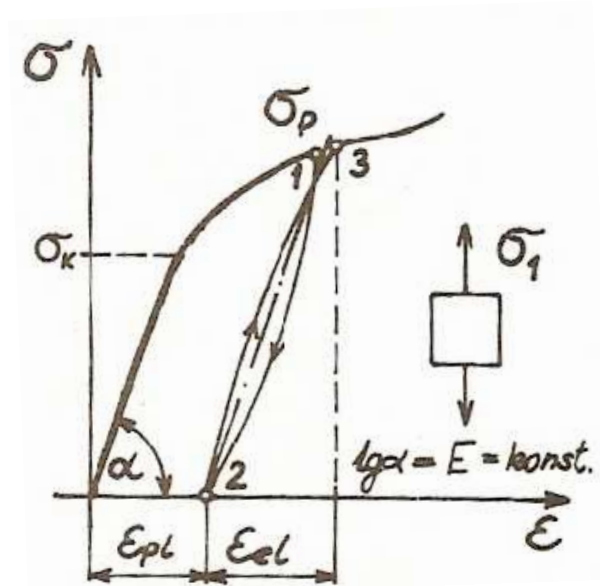
1.9.4 Zákon odpružení po trvalé změně tvaru

Plastickému přetvoření předchází pružná deformace charakterizovaná až do meze úměrnosti podle Hookova zákona s modulem pružnosti v tahu jako konstantou úměrnosti. Například pro jednoosou tahovou napjatost podle obr. 9. bude osově napětí v pružné oblasti

$$\sigma_1 = E \cdot \varepsilon_1 \quad (3)$$

Celkové přetvoření je vždy součtem elastické a plastické složky

$$\varepsilon_c = \varepsilon_{eL} + \varepsilon_{pL} \quad (4)$$



Obrázek 9: Tahový pracovní diagram při opakovaném zatěžování [4]

Po přerušení tvářecího děje odlehčením tahové síly v bodě 1 pracovního diagramu podle obr. 9., kov odpruží, tj. vrátí se do stavu s nulovým pružným přetvořením v bodě 2. Změna tvaru odpovídá pouze plastickému přetvoření ε_{pL} . Při opakovaném zatěžování se těleso chová pružně až do bodu 3, kdy napětí v tahu dosáhne hodnoty přirozeného přetvárného odporu $\sigma_1 = \sigma_{p3}$ po předchozím zpevnění. [4]

1.10 Zotavování

Zotavení spočívá v místním přesunu atomů z nestabilních poloh do stabilních a v odstranění mřížkových defektů. Odehrává se v submikroskopické stavbě krystalu, navenek se neprojevuje změnou struktury. Toto zotavení se může uskutečnit už při poměrně nízkých teplotách, které vytvářejí dostatečné energetické podmínky na zaniknutí mřížkových deformací a napětí. Zotavením se odstraní mikroskopické a makroskopické napětí a zlepší se fyzikální a částečně i plastické vlastnosti kovu. Pevnost a mez kluzu klesnou, tažnost se zvýší. [1]

1.11 Rekrytalizace

Rekrytalizace je takový proces, který probíhá při vyšších teplotách, v deformovaném stavu se tvoří a rostou nové zrna a to na úkor původních zrn, přičemž zpevnění zaniká. Celá rekrytalizace ve skutečnosti probíhá ve dvou fázích, a to v primární rekrytalizaci, což je první fáze rekrytalizace, kdy se deformované přesunutá zrna postupně mění vznikem nových zárodků na drobná nepravidelně orientovaná zrna okrouhlého tvaru. Druhá fáze rekrytalizace navazuje na první fázi. Drobná nepravidelně orientovaná zrna postupně rostou, přičemž nejmenší zrna zanikají. [1]

2 TECHNOLOGIE PLOŠNÉHO TVÁŘENÍ

2.1 Dělení materiálu

Do tváření se zahrnují dva způsoby dělení materiálu: stříhání a lámání. Při stříhání se materiál odděluje smykovým působením dvou břitů a rozdělení předchází značné přetvoření. Hodí se proto dobře u měkkých, tvárných materiálů menších tloušťek. Lámání se používá při dělení tvrdších, křehčích materiálů o velké tloušťce. Láme se ohybem a rozdělení v žádaném místě se napomáhá vrubem. Při stříhání a zvláště při lámání materiálu je část dělicí plochy plochou vzniklou lomem, jejíž průběh není pravidelný. Vhodnou úpravou postupu a zařízení lze však docílit přijatelných výsledků v naprosté většině případů. Mimo to disponuje tváření několika způsoby, jimiž lze získat zcela přesné a dokonalé dělicí plochy. [3]

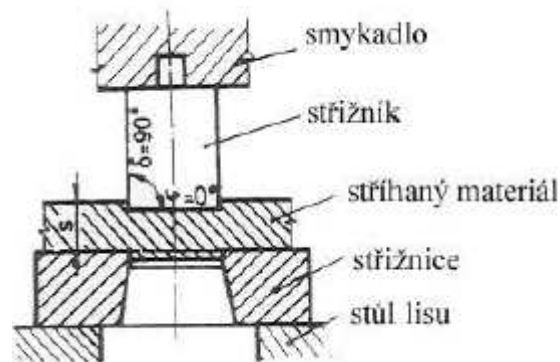
2.2 Stříhání

Je to postupné nebo současné oddělování části materiálu působením protilehlých břitů nožů. Stříhání je nejpodstatnější operací ve strojírenské a elektrotechnické výrobě. Na výrobních lisoven a kováren se vyskytuje zpravidla i několik operací stříhání, ale ani jiné výrobní technologie a obory by se bez něho neobešly (svařování, hutní výroba aj.). V lisovnách se stříhání používá k přípravě polotovarů (stříhání tabulí plechu na pásy, rozdělování svitku plechu na užší pásy nebo tabule, stříhání profilů na kusy o výchozí délce atd.), na vystřihování součástek z plechu buď na hotovo, nebo určených k dalšímu zpracování ohýbáním, tažením, objemovým tvářením, jakož i jinými technologiemi (svařování, obráběním), jako vložené operace nebo dokončovací operace (prostřihování otvorů, ostřihování okrajů či přebytečných částí součástky), jako pomocné operace, např. při zpracování odpadu (rozstřihování na menší kusy k paletování) aj. V kovárnách se používá stříhání k přípravě materiálu (stříhání profilů) na budoucí výkovky, jako pomocné kovací operace (odsekávání nepoužitelných nebo již nepotřebných částí výchozího materiálu, nastřihování rozvidlených výkovků, děrování), při konečné úpravě výkovků k odstřižení výronku, prostřihování blan v otvorech, oddělení úchytky (stopky), na rozdělení výkovků kovaných společně apod. [3, 5]

2.2.1 Stříhání na stříhadlech a děrovačkách

Nejrozšířenějším způsobem zpracování plechu je stříhání ve stříhadlech a děrovačkách. Základní operace, které se nejčastěji vyskytují ve stříhacích operacích, jsou děrování a vystřihování. Touto technologií můžeme vyrobit výstřižky na přímé použití a polovýrobky takto vyrobené můžeme dále zpracovávat. Z toho vyplývá, že děrovací, vystřihovací, ostřihovací, přistřihovací atd. operace můžeme považovat za zvláštní případy jednoduchého stříhání a uplatňují se přitom všechny jevy jako při jednoduchém stříhání, či už rovnoběžnými, skloněnými anebo kruhovými noži.

V tomto případě funkci horního nože vykonává střížník a funkci pevného nože střížnice (obr. 10.). Na docílení kvalitního povrchu výstřižku mezi střížnicí a střížníkem musí být optimální vůle.



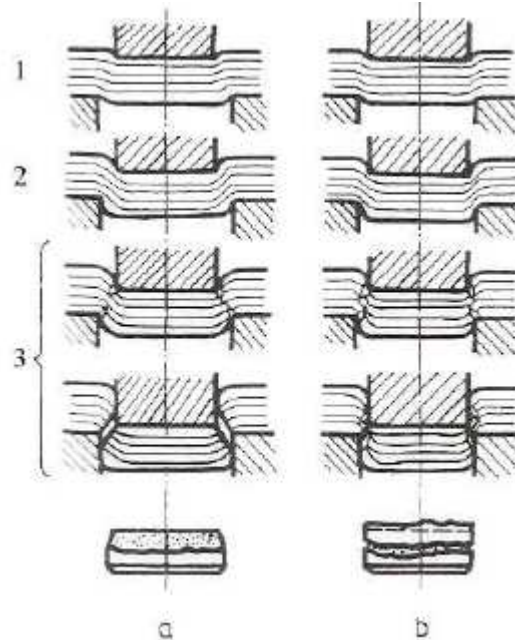
Obrázek 10: Schéma stříhání stříhadlem, případně děrovačkou [1]

Stříhání lisovacími nástroji probíhá prakticky ve třech fázích (obr. 10.):

V první fázi je oblast pružných deformací. Materiál se pružně stlačí a ohýbá, přitom se lehce vtlačí do otvoru střížnice. Napětí v kovu přitom nedosahuje meze kluzu.

Druhá fáze je v oblasti tvárných deformací. Střížník se vtlačuje do plechu, plech se vtlačuje do otvoru střížnice, vlákna kovů se ohýbají a roztahují. Na konci této fáze dosahují napětí blízko ostří největší hodnoty rovnající se pevnosti materiálu ve stříhu (smyku).

Třetí fáze je pásmem smyku. Ze začátku vznikají mikroskopické, a potom makroskopické trhlinky, tvořící se při ostří střížníku a střížnice a probíhají ve směru čar největších smykových deformací (kluzné plochy). [1]

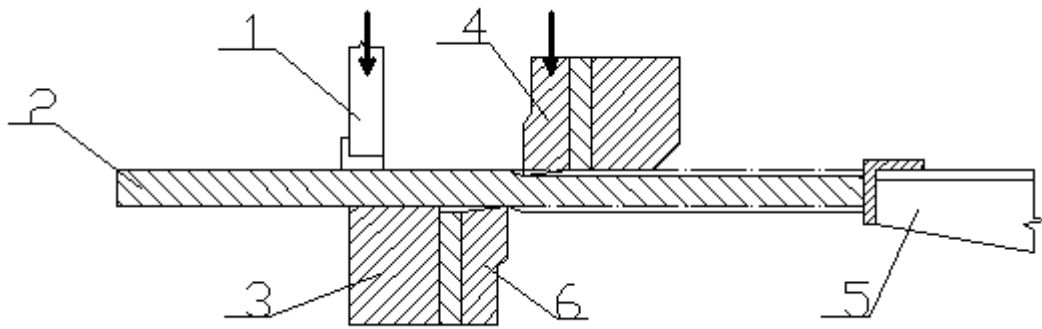


1 – 1. fáze, 2 – 2. fáze, 3 – 3. fáze, a – při normální vůli, b – při malé vůli

Obrázek 11: Průběh vystřihování –
děrování [1]

2.2.2 Podmínky a průběh stříhu

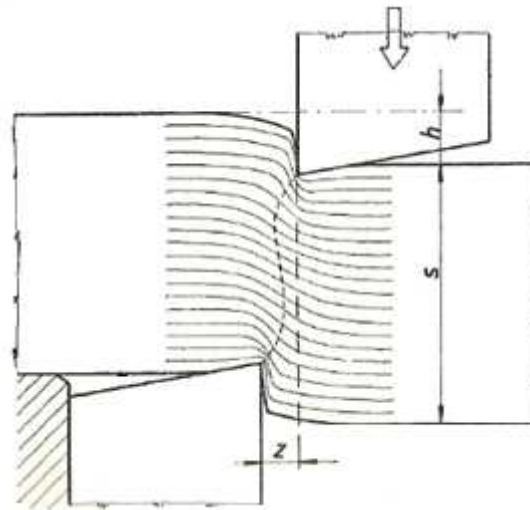
Jednoduchým příkladem k studiu podmínek a průběhu stříhu je přestřížení plechu na tabulových nůžkách s rovnoběžnými noži. Jde o jednorázový, otevřený stříh. Situaci v oblasti stříhu znázorňuje obr. 13.



1 – přidržovač, 2 – stříhaný plech, 3 – stůl nůžek, 4 – vrchní pohyblivý nůž, 5 – odměrný doraz, 6 – spodní pevný nůž

Obrázek 12: Dělení materiálu stříháním [3]

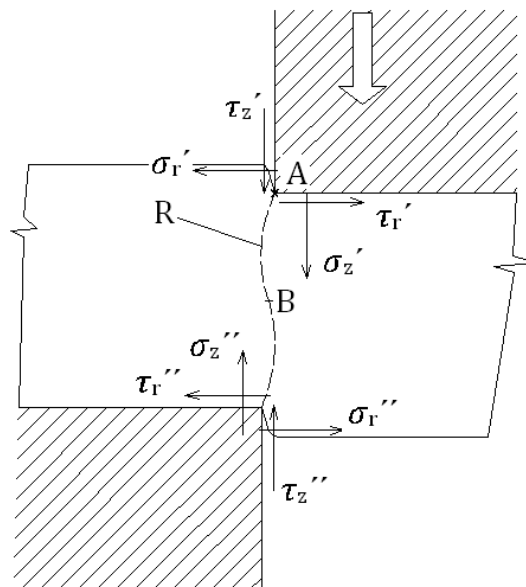
Plech položený na stůl nůžek se zasune mezerou mezi noži až k narážce, která odměří šířku pásu, jenž se má odstříhnout. Přitom vrchní nůž upevněný na smýkadle nůžek i přidržovač materiálu stojí v horní úvratí a jsou zajištěny brzdou. Spuštěním nůžek se uvolní brzda, zapne se spojka, jež spojí hlavní hřídel s hnacím ústrojím nůžek, a smýkadlo se pohybuje dolů. Dříve než vrchní nůž dosedne na materiál přidržovač, přitiskne jej k stolu a zabrání eventuálnímu posunutí nebo překlopení plechu vlivem vlastního stříhu. Těsně před spodní úvratí se plech přestřihne a smýkadlo se vrátí do horní úvratí, kde se jeho pohyb samočinně zastaví a zajistí brzdou na hlavní hřídeli. Spolu s ní se zvedne i přidržovač. Po dosednutí vrchního nože na plech a přitisknutí plechu na čelo spodního nože je pravá část plechu (obr. 12.) tlačena dolů. Materiál v oblasti mezi řeznými hranami je natahován a současně vytlačován do stran, aby se uvolnilo místo pro vnikající břity obou nožů. Nejdříve a nejintenzivněji probíhá tento proces na obou řezných hranách, ale zasahuje také dovnitř plechu. Podélné vrstvy materiálu se silně prodlužují a posuvem ustříhované části plechu dolů se prohýbají a naklánějí. Deformuje se i vnější obrys materiálu. Tloušťka plechu se v místě stříhu zmenšuje.



h – hloubka plastické části stříhu, s – tloušťka plechu, z – mezeru mezi noži

Obrázek 13: Přetvoření v místě stříhu [3]

Napětí, jimiž působí oba nože na materiál, jsou vyznačena na obr. 14. Jsou to především normálová napětí σ_z a σ_r na čelní a hřbetní ploše břitu a pak napětí smyková τ_z a τ_r vyvolaná třením na styčných plochách nožů s materiálem.



Obrázek 14: Napětí v místě stříhu [3]

Stav napjatosti v materiálu udává schéma velikosti hlavních napětí. Schéma hlavních napětí při stříhu je uvedeno na obr. 14., a to pro dva body na čáře R budoucího rozdělení mate-

riálu. Bod *A* charakterizuje poměry těsně u střižné hrany, bod *B* asi uprostřed plechu. Největším hlavním napětím σ_1 je tah, hlavním napětím σ_3 je tlak. Zbývajícím hlavním napětím σ_2 působícím kolmo k rovině $\sigma_1\sigma_3$ není třeba se při stříhání plechu větších šířek zabývat. Přetvoření lze vyšetřovat jako rovinné.

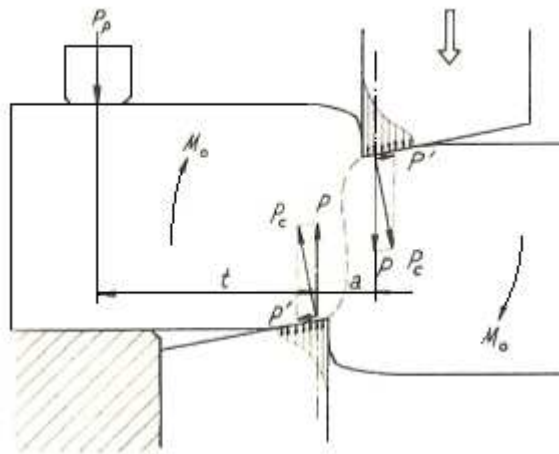
K rozstřížení plechu dojde značně dřív, než se obě řezné hrany minou. Hloubka tzv. plastického stříhu (obr. 13.) zasahuje obvykle menší část tloušťky plechu:

$$h = (0,1 \text{ až } 0,4) \cdot s \quad (5)$$

Její velikost závisí na vlastnostech materiálu: čím je křehčí, tím dříve nastane utržení. Působením normálového napětí σ a vodorovné složky střižné síly vyvolané sklonem čela nože odsune se ustřižená část plechu stranou. Tím, že se střižné hrany míjejí v určité vzdálenosti (tzv. mezera mezi noži z obr. 13.), a také proto, že se střižná síla přenáší na materiál částí čela nože určité šířky (obr. 15.), tvoří střižná síla se svou reakcí ohybový moment

$$M_o = P \cdot a \quad (6)$$

Aby nedošlo k převrácení materiálu a jeho vklínění nože, je třeba vyvážit moment silou přidržovače.



Obrázek 15: Síly při stříhu [3]

Poněkud jinak probíhá vystřihování a děrování, u nichž jde o tzv. uzavřený stříh: obrys výstřižku neprotíná okraje plechu, leží uvnitř jeho plochy a tvoří uzavřenou čáru. Střižená síla je tu větší, neboť mimo ustřížení je třeba protlačit výstřižek otvorem v materiálu sevřeným pružným napětím, a také její trvání je delší. Ohybový moment střižné síly zpravidla při uzavřeném stříhu navenek vyvážen (není proto tedy třeba přidržovače), může však být

příčinou nežádoucí trvalé deformace malých výstřížků ze silnějších plechů (např. při výrobě podložek pod šrouby). Z toho, co jsme uvedli, je vidět, že i tak technologicky jednoduchá operace, jakou je stříh, je po stránce fyzikální velmi složitým jevem. Odborné způsoby jeho početního sledování (výpočet střížné síly a práce) se zatím neobejdou bez součinitelů, jimiž se základní výpočty opravují. Jsou však dostatečně spolehlivé, neboť je poměrně snadné přesně změřit sílu a práci v provozu. [3]

2.2.3 Střížná síla a práce

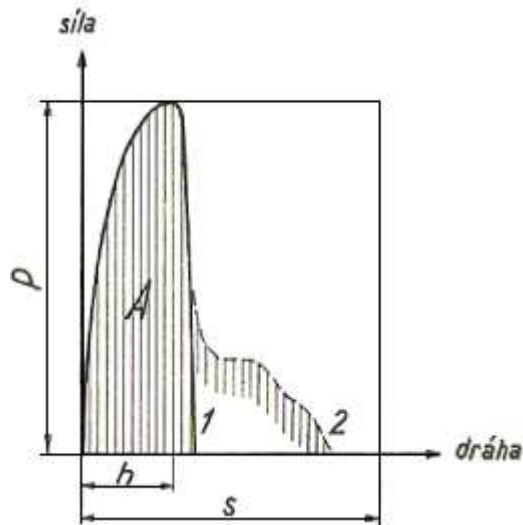
Průběh střížné síly v závislosti na dráze ukazuje obr. 16. Po dosednutí nože na materiál síla rychle stoupá, dosahuje maxima v okamžiku, kdy se na řezných hranách objeví první trhlinky, a rychle klesá při přetržení materiálu. Pracovní zdvih nože je o málo delší než hloubka plastického stříhu h , avšak podstatně kratší než tloušťka plechu s .

Při vystřihování a děrování, kdy se výstřížek protlačuje ještě otvorem v materiálu, je pokles síly pozvolnější (průběh 2 na obr. 16.). Největší velikost střížné síly se vypočítá z rovnice:

$$P = n \cdot F \cdot \tau_p \text{ [kp]} \quad (7)$$

kde:

- F = plocha stříhu [mm^2], $F = B \cdot s$ (8) při přestřihování plechu o šířce B na nůžkách s rovnoběžnými noži, $F = \pi \cdot D \cdot s$ (9) při prostřihování otvorů D atd.
- τ_p = pevnost materiálu ve stříhu [$\text{kp} \cdot \text{mm}^{-2}$]
- n = součinitel zahrnující různé vlivy zvyšující střížnou sílu (otupení řezných hran, možná chyba v seřízení nástroje, zvětšení mezery mezi noži opotřebením aj.). Brává se $n = 1,5$ až $1,25$ podle velikosti střížné síly.



P – největší střížná síla, s – tloušťka plechu, h – hloubka plastického stříhu, A – plocha úměrná střížné práci, 1 – průběh síly při přestřihování, 2 – průběh síly při vystřihování

Obrázek 16: Průběh střížné síly [3]

Pevnost materiálu ve stříhu je udána v materiálových tabulkách. Bývá menší než pevnost v tahu a možno brát u kovů $\tau_p = 0,75 \cdot \sigma_{Pt}$ (10)

Práce spotřebovaná k přestřihování je znázorněna plochou A pod čarou udávající průběh střížné síly na obr. 16. (ve vhodném měřítku). Určuje se z rovnice:

$$W = \psi \cdot P \cdot s \quad (11)$$

kde:

- ψ = součinitel zaplnění diagramu, pohybuje se v mezích $\psi = 0,20$ až $0,75$

Přibližně také platí:

$$W = P \cdot h \quad (12)$$

kde:

- h = hloubka plastického stříhu

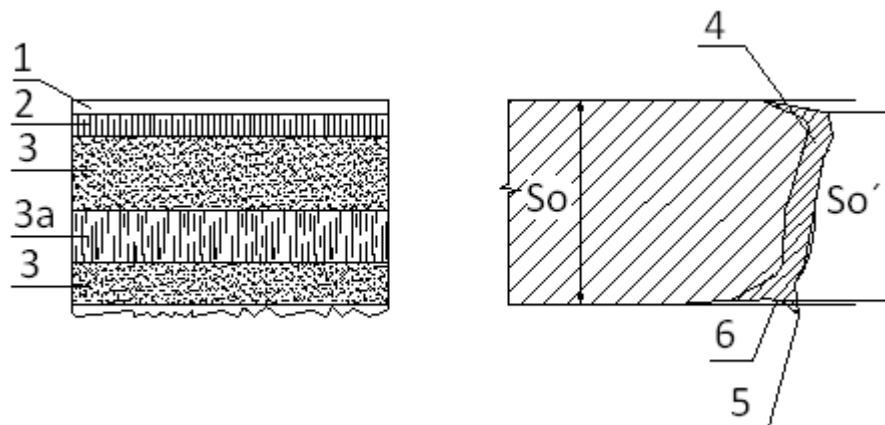
Charakter průběhu střížné síly není právě příznivý. Prudký vzrůst a zvláště náhlý pokles síly při přetržení materiálu způsobuje silné rázy v mechanismech stroje a je nebezpečný kaleným součástkám nástroje. Přítomnost rázů je proto rozhodující při konstrukci a dimenzování stříhacího zařízení. [3]

2.2.4 Střížná plocha

Nová plocha vzniklá ustřížením není dokonalá, neboť její značná část vznikla lomem. V její blízkosti je deformován i průřez materiálu: jeho tloušťka je zmenšena a šířka zvětšena, což je zvláště patrné při stříhání profilového materiálu (např. z kruhového průřezu vznikne ovál). Materiál poblíž střížné plochy je zpevněn tvářením za studena.

a) Jakost střížné plochy

Prohlídka střížné plochy ukáže (obr. 17.), že se skládá ze tří pásem. Počátečním pechováním materiálu čelem nože se zmenší tloušťka v okolí stříhu tím více, čím je materiál tvárnější (pásmo 1 na obr. 17.).



1 – zeslabení tloušťky, 2 – pásmo plastického stříhu, 3 – pásmo lomu, 4 – zpevněná oblast, 5 – otřep, 6 – vtisk spodního nože, 3a – pásmo otěru (vzniká při vystřihování)

Obrázek 17: Vzhled střížné plochy [3]

Pásmo 2 je vlastní střížnou plochou vzniklou plastickým zatlačením břitu nože do materiálu. Je nejhladší a nejpřesnější. Zaujímá 10 - 40% tloušťky plechu, podle tvárnosti materiálu. Značnou část střížné plochy tvoří pásmo 3 vzniklé lomem. Jeho horní část je prohloubena, spodní část opět vystupuje. Prohloubení je tím větší, čím menší je mezera mezi břity. Při vystřihování, kde se výstřížek protlačuje otvorem v materiálu a nemůže se odsunout stranou, otřou se o sebe navzájem vystupující části pásma lomu a vznikne hladší a rovnější pásmo 3a. Podobný jev se pozoruje při stříhání plechu a šikmými nebo kotoučovými noži. Na spodní části střížné plochy se materiál částečně vytáhne v otřep 5, který je tím větší, čím větší je otupení spodního nože a čím je materiál tvár-

nější. Čím větší je úhel čela spodního nože, tím spíše dojde k jeho zatlačení do materiálu a k zeslabení jeho tloušťky na spodní ploše (plocha 6).

b) Deformace průřezu

Střihem se průřez materiálu deformuje tím více, čím je materiál tvárnější, čím je užší (ve směru šířky B , např. profilový materiál) a čím blíže jeho okraje probíhá stříh (stříhání krátkých kusů). Duté a tenkostěnné profily nelze stříhat bez vyztužení podél obvodu v místě stříhu (přidržovači nebo trny). Deformaci průřezu zvětšuje nesprávný tvar břitu, otupení řezné hrany, velká mezera mezi noži a další vlivy, např. malá rychlost stříhu. Největší deformace vzniká ve směru pohybu nože. Vlivem hlavního napětí σ_2 , působícího v rovině stříhu rovnoběžně s řeznou hranou, šířka průřezu se zvětší, což je zvláště patrné při stříhání úzkých pásků nebo profilů. Tak se např. zdeformuje kruhový průřez na ovál. Ve směru pohybu nože (výšky průřezu) není dobře možné zabránit deformaci. Lze ji však zmenšit tím, že se zabrání rozšíření. Proto je břit v rovině svého pohybu utvářen tak, že se shoduje s obrysem materiálu, při stříhu vniká do něho i ze stran a brání jeho rozšíření. Proto se například čtvercové a obdélníkové profily stříhají kolmo na směr úhlopříčny, nože na kruhové profily mají půlkruhová vybrání, jejichž poloměr odpovídá co nejpřesněji poloměru stříhaného profilu.

c) Zpevnění materiálu

Materiál je v okolí střížné plochy zpevněn, neboť tu byl tvářen za studena (oblast 4 na obr. 17.). Tloušťka zpevněné oblasti dosahuje u měkkých ocelových plechů 20 – 30% tloušťky plechu. Zvětšuje se s ubývající tvárností materiálu a otupení břitů. Přes všechny popsané nedokonalosti mají běžně docilované střížné plochy vyhovující jakost a nevyžadují úpravy. [3]

2.2.5 Činitelé ovlivňující stříhání

Materiál

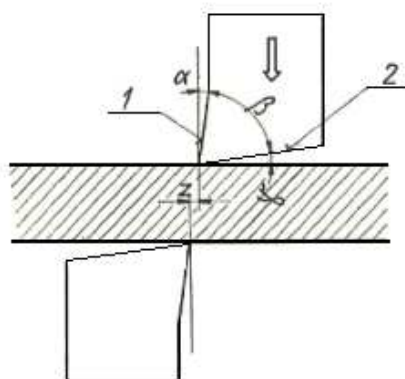
Stříháním lze zpracovat neobyčejně široký sortiment materiálů, od nejměkčích až po oceli o pevnosti $\sigma_{Pt} = 120 \text{ kp mm}^{-2}$. Plechy do tloušťky 30 až 40 mm se stříhají zpravidla za stu-

dena. Hrubší plechy a profily se nahřívají, aby se zmenšila střižná síla. Nahřívají se také křehké materiály, aby v oblasti řezu nepraskaly. Zcela měkké materiály (umělé hmoty, klingerit, kůže, guma apod.) se zpracují vysekáváním noži o malém úhlu břitu. Pro čistotu střižné plochy a hlavně životnost stříhacího ústrojí je důležité, aby povrch stříhaného materiálu byl čistý. Písek a okuje rychle otupují řeznou hranu, vydírají hřbet nožů a kazí vzhled střižné plochy. Při práci je tedy důležité čistit materiál i nástroj, poškozené a otupené břity dát včas opravit (nabrousit). Důležité je mazání povrchu stříhaného materiálu, jež prodlužuje hloubku plastického stříhu, a dává tudíž lepší střižné plochy, a podstatně prodlužuje i životnost nástroje. Při stříhání velmi tenkých a měkkých plechů činí dodržení malé mezery mezi noži potíže zvláště při vystřihování větších součástek. Je proto výhodné stříhat takové materiály ve stavu zpevněném (po vyválnování za studena, bez žíhání), vytvrzené nebo jinak tepelně zpracované podle druhu.

Tvar břitu

- *Tvar břitu v rovině kolmé k jeho délce (k střižné čáře)*

Řezná hrana (břit) je vytvořena čelní a hřbetní plochou pracovního ústrojí (nože, střížníku, střížnice), jež spolu svírají úhel břitu β (obr. 18). Odklon hřbetu nože od roviny jeho pohybu udává úhel hřbetu α . Doplněkem součtu obou úhlů do 90° je úhel čela γ .



1 – hřbet nože, 2 – čelo nože, α – úhel hřbetu, β – úhel břitu, γ – úhel čela

Obrázek 18: Geometrie stříhacích nožů [3]

- *Tvar břitu v rovině jeho pohybu*

Tvar břitu se může v rovině svého pohybu:

- Shodovat s profilem materiálu, tak že se do něho zatlačuje po celé délce současně (rovnoběžný břit).
- Stejněměrně se od obrysu materiálu vzdalovat nebo k němu přibližovat, tak že k stříhu dochází postupně (skloněný břit)
- Mít jiný průběh podle zamýšleného účinku

Mezera mezi noži

Je to velmi důležitá hodnota označená jako z na obr. 13. Je to vzdálenost, ve které se obě řezné hrany míjejí. Je-li mezera malá, zhorší se značně jakost střížné plochy, vzroste střížná síla i práce, opotřebení řezných hran se urychlí. Je-li mezera velká, je střížná plocha skosená, průřez více deformován a malé výstřižky bývají křivé (prohnuté). Mezera mezi břity se opotřebením hřbetu nože zvětšuje. Mezera mezi břity závisí na tloušťce materiálu a na jeho pevnosti a pohybuje se u tenkých plechů v mezích 2 – 10 % tloušťky, při čemž pevnější materiály vyžadují větší vůli. Při větších tloušťkách materiálu (nad 10 – 15 mm) se velikost mezery vůle mezi břity zase postupně zmenšuje na 3 – 2 % tloušťky při stříhání největších tloušťek.

Ostrost řezné hrany

Otupení břitu zhoršuje jakost střížné plochy, zvětšuje otřep a střížnou sílu i práci. Ostrost břitu závisí na drsnosti povrchu čela a hřbetu nože, které se proto brousí a u přesných nástrojů i lapují a leští. Ostrost břitu dosažená broušením se zpočátku rychle zmenší (ostří se uhladí), avšak při správném provedení nástroje a jeho použití probíhá další otupování již pomalu. Teprve při větším opotřebením břitu se rychlost otupení zase zvětšuje. Tomuto údobí je třeba předejít nabroušením břitu. Nedbalostí se nejen zhorší jakost výrobků, ale stíží se také přebroušení, neboť je potom třeba odbrousit z čela břitu silnější vrstvu. To trvá déle a nástroj se rychle spotřebuje. Rozhodujícím činitelem pro trvanlivost ostří je druh materiálu, z něhož je pracovní ústrojí stříhadla zhotoveno, a jeho tepelné zpracování. Podle požadků na životnost stříhadla (udanou celkovým počtem výlisků) používají se ušlechtilé

nástrojové oceli, nebo se nože z jiných materiálů nitridují, tvrdě chromují, navařují tvrdými slitinami, nebo se armují slinutými karbidy.

Rychlost stříhu

Praxe nasvědčuje tomu, že při větších rychlostech se jakost střížné plochy zlepšuje. Zvyšovat rychlost je možno především u postupového stříhu, kde mimo začátku a konce stříhu není rázů. Pracovní rychlost kotoučových nůžek bývá možno v určitém rozmezí volit. [3]

2.2.6 Zařízení k stříhání plechu a profilů

Zařízením používaným k stříhání plechu a profilů jsou nůžky nebo lisy s příslušným nástrojem. Nůžek se používá vesměs k přestřihování materiálu, kdežto všechny ostatní způsoby stříhání se provádějí na lisech. U lisů jde většinou o stroje univerzální, jež se v lisovnách používají i na jiné druhy tváření (ohýbání, tažení, objemové tváření).

a) Nůžky

Popis hlavních typů:

- Pákové nůžky na plech

Se používají k ručnímu stříhání jemných plechů nebo nekovových materiálů ve tvaru desek. Spodní nůž je upevněn na straně stolu a horní nůž na otočném ramenu. Materiál se před ustřížením přitlačí ke stolu přidržovačem. Střih je postupný, ústrižek je horním nožem zpočátku ohýbán.

- Kmitací nůžky

Používají se na stříhání jemných plechů dvěma krátkými noži, svírajícími úhel $\chi = 20 - 30^\circ$. Horní nůž dostává od motoru rychlý kmitavý pohyb (20 – 35 Hz) a provádí stříhy o délce 3 až 10 mm. Je proto možno na kmitacích nůžkách stříhat i zakřivené tvary (o poloměru od 15 mm výše podle tloušťky plechu). Mimo dělení materiálu lze vhodnými nástroji provádět lemování, osazování, prosazování a mnohé jiné tvárnění plechu.

- Tabulové nůžky

Odpovídají svou konstrukcí mechanickému lisu. Dvojitý stojan nůžek nese pevný stůl, na jehož vnitřní hraně je upevněn spodní nůž. Na horní nebo u velkých nůžek na spodní části

stojanu je uloženo poháněcí zařízení, skládající se z elektromotoru, převodů, setrvačnicků, spojky, brzdy a klikového hřídele s ojnicemi. Ojnice pohánějí beran nůžek uložený ve vedení v horní části stojanu, na jehož spodní vnitřní straně je upevněn pohyblivý nůž. Některé konstrukce nůžek používají také kolenového nebo pákového mechanismu. Souběžně s beranem je vedena deska přidržovače, jejíž pohyb je různým způsobem odvozen také od hlavního hřídele. Setrvání přidržovače v přitlačené poloze umožňují pružiny. Spouštěcí zařízení (mechanické, pneumatické nebo elektropneumatické) ovládá činnost spojky a brzdy. Pomocným zařízením nůžek je stavěcí doraz se stupnicí, jímž se odměřuje délka ústřížku. U větších nůžek bývá beran vyvážen (pružinami, pneumaticky).

- Jednokotoučové nůžky

Používají se převážně v hutích k oboustrannému ostříhování dlouhých tabulí hrubých plechů. Spodní nože jsou pevné (složené z kratších částí), vrchní nože, kotoučové, jsou upevněny na vozíku taženém podél spodních nožů. K vyvození střížné síly se opírají kola vozíku o silný příčnick, uzavírající nahoře rám nůžek.

- Dvoukotoučové nůžky

Je jich více druhů a lze je rozdělit podle vzájemné polohy nožů a stříhaného plechu. Jejich společnou výhodou je neomezená délka stříhu. Kotoučové nůžky s noži postavenými kolmo na rovinu plechu se vyrábějí buď s kotouči o velkém průměru na rovné stříhy, nebo naopak s noži co nejmenšího průměru na stříhání v zakřivených čárách. Do první skupiny patří nůžky na pásy, jež mají obvykle více párů kotoučových nožů a dělají se jimi tabule nebo svitky plechu na užší pásy. Mají-li se nůžkami s kolmo postavenými noži stříhat např. okraje výtažků na plech v zakřivených čárách, dělají se kotoučové nože co nejmenší. Takové nůžky se podle postavení nožů nazývají okružní s kolmými noži, se šikmým spodním nožem nebo se šikmými noži. Posledním se také říká křivkové nůžky, neboť umožňují vystříhat i vyduté, silně zakřivené obrysy.

- Nůžky na profily

Slouží k dělení tvarových tyčí (kruhových, čtvercových, obdélníkových průřezů) a profilů L, T, U, I a Z. Jejich beran má tvar desky posuvné ve vedení mezi dvěma pevnými deskami tvořící stojan nůžek. Nože jsou dělené a výměnné. Nůžky na profily se většinou doplňují dalším zařízením, jako děrovadlem, nůžkami na plochý materiál, pásy a plech, vykrajovačem profilů apod., aby se jejich základní části co nejvíc využilo. Nazývají se potom univerzálními nůžkami na profily.

- Letmé nůžky

Používají se v hutích k dělení vývalků (plechu, drátu apod.) bez jejich zastavení.

- Aligátorové nůžky

Používají se na přestřihování odpadu do tavicích pecí a podobné účely. [3]

b) Lisy

K vystřihování a děrování se používá více druhů lisů (univerzálních i speciálních vysekávacích) a mnohé další, určené k jiným způsobům tváření, zahrnují stříhání jako pomocnou operaci. Lisy používané ke stříhání patří do dvou hlavních skupin: lisů mechanických a hydraulických. Nejčastěji se používají mechanické lisy s klikovým mechanismem. Ty se dělí na: [3]

- lisy výstředníkové
 - jednostranné (s pevným stolem, s ustavitelným stolem, s průchodem, naklápečí)
 - dvoustrojanové
 - lisy klikové
 - univerzální (jednobodové, dvoubodové, čtyřbodové)
 - ostřihovací
 - vysekávací

2.2.7 Stříhadla

Stříhadlo se skládá z části pohyblivé, upnuté pomocí stopky do beranu lisu (střížník) a z části pevně upnuté na stole lisu (střížnice).

Stříhadla můžeme dělit s ohledem na charakter výstřížků, velikost série a jejich funkci na:

- jednoduchá
- vícenásobná
- postupová
- sloučená
- sdružená

Jednoduchá stříhadla jsou nejběžnější a provádějí na jeden zdvih jedinou operaci na jednom výrobku. Vícenásobná, jež zhotoví jedním zdvihem větší počet stejných výrobků (např. výroba sít). Postupový nástroj provádí několik operací řadou zdvihů, mezi nimiž se výrobek podává na různá pracovní místa nástroje. Z poslední operace vychází při každém zdvihu jeden hotový výrobek. Ve sloučených nástrojích se jedním zdvihem vyrábějí dvě nebo více rozdílných součástí. Sdruženými se nazývají nástroje, jimiž se na výrobku provádějí při jednom zdvihu různorodé operace, např. vystřížení a ohýbání. [2, 3]

2.2.8 Nástřih materiálu

Způsob rozmístění stříhaných součástí na polotovaru nazýváme nástřihem. Volba nástřihu závisí na konstrukci vylisku. Hospodárnost nástřihu je dána součinitelem využití materiálu τ , tj. poměrem plochy výstřížku S_o k ploše polotovaru S_p .

$$\tau = \frac{S_o}{S_p} \cdot 100 \quad [\%] \quad (13)$$

Výstřížek má být vhodně technologicky navržen a na výchozím materiálu (tabuli, nebo pásu svitku) umístěn tak, aby se maximálně využila plocha materiálu a zmenšila velikost odpadu. Přitom je ovšem nutno přihlížet k požadované přesnosti, směru vláken výchozího materiálu a k dalším konstrukčním zásadám. Zásady optimálního nástřihu se dají shrnout do řady pravidel, např.:

- Kruhový obrys ani na části dílce není výhodný, rovnoběžníkové tvary bývají nejlepší.
- U rovnoběžníkových tvarů je žádoucí, aby protější strany byly doplňkové posunutím (negativ – pozitiv).

Mezi výstřížky se ponechává přepážka, jejíž šířka závisí na tloušťce plechu, tvaru výstřížku, eventuálně i na druhu materiálu, způsobu podávání aj. Ztráty materiálu zaviněné přepážkami a bočním odpadem jsou citelné zvláště u tlustých plechů. Přepážky lze zúžit při použití klešťového nebo válečkového podávacího zařízení, u postupových nástrojů při použití hledáček nebo postranních nožů. Postranní nože můžeme použít jeden nebo dva položené naproti sobě. Jejich šířka se rovná přesně délce kroku. Od-

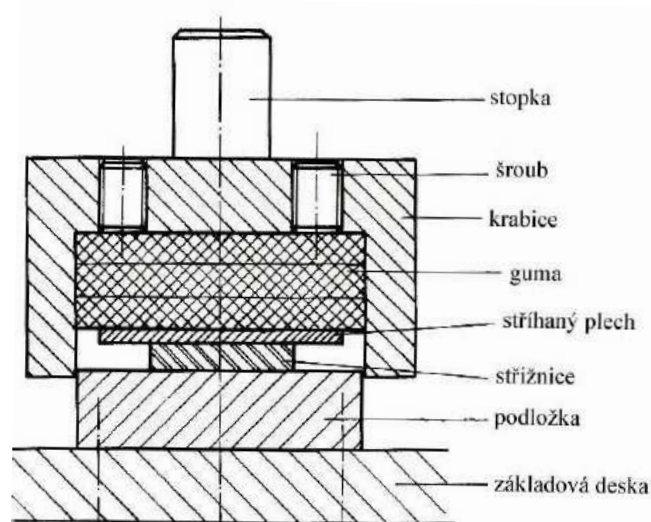
stříhují z okraje materiálu proužek 1,5 – 2,5 mm široký, takže za nimi má materiál také přesnou šířku a může být vynechán i boční odpad. Boční odpad lze snížit, je-li šířka pásů přesná nebo je-li použito pružného dorazu pásu na vodící lištu apod. Největší úspory materiálu vzniknou, je-li možno přepážky a boční odpad vůbec vynechat. Jde pak o tzv. otevřený stříh, obvod součástky je vytvořen více stříhy a dobrý výsledek závisí na přesnosti stříhadla a podávání. [2, 3]

2.2.9 Vystříhování gumou

Stříhání pomocí gumy je vhodná metoda především pro malosériovou výrobu při stříhání výstřížků značných rozměrů z tenkého plechu, a to:

- Hliníku – až 2,0 mm
- Duralu – 1,2 mm
- Měkké oceli – 1,0 mm

Ve velkosériové výrobě se používá stříhání pomocí gumy, a to při vystříhování malých součástek z tenkého plechu, a to fólií 0,1 až 0,005 mm. V nástroji pro stříhání gumou je vystříhovací šablona, kterou je ocelová deska hloubky 6 až 10 mm, jejíž obrys se shoduje s obrysem vystříhovaného výstřížku. Protinástrojem je hrubá gumová deska, která je uzavřena v ocelové kostře anebo volně položená na součástku.



Obrázek 19: Vystříhování gumou [1]

Postup obstřihávání:

Na šablonu položíme polovýrobek s přídatkem na okrajích. Při pohybu beranu lisu se ohýbají převislé konce polovýrobku a přitlačejí se k desce stolu. Při dalším stlačení stlačí guma okraje polovýrobku k podkladové desce, kde tření polovýrobku a tlakem gumy na zůstávající část přídatku se vyvolá radiální síla, kterou je možné obstřihnout materiál.

Nástroji na stříhání gumou můžeme dělat tyto stříhací operace:

- Obstřihování po vnějším obrysu
- Děrování otvorů
- Sloučené obstřihování a děrování
- Sloučené děrování otvorů a tvarování

Výhody technologie stříhání gumou:

- Velmi jednoduchý a levný nástroj a rychlá příprava výroby
- Možnost stříhat více různých součástí současně, jsou-li ze stejného materiálu a střížné desky stejně vysoké
- Stříhání lze snadno spojit s ohýbáním nebo tažením do jedné operace

Nevýhody technologie stříhání gumou:

- Dost velký odpad materiálu (nutný přesah okrajů)
- Menší výkon
- Omezená tloušťka plechu [1, 3]

PRAKTICKÁ ČÁST

3 KONSTRUKCE STŘÍHACÍHO NÁSTROJE

Tento nástroj byl navržen tak, aby bylo možné na něm vystřihovat zadaný výrobek (zkušební tyčinku) z plechu. Tento nástroj pracuje na principu střížníku a střížnice. Na spodní část nástroje (střížnici), který je pomocí dvou šroubů upnut na pracovním stole umístíme plech. Horní část nástroje (střížník), která je upnuta v lisu, pomocí rázu vystřihne zadaný tvar. Před samotným vystřížením dojde k přitlačení položeného plechu ke spodní části nástroje pomocí dvou přítlačných čepů. Přítlačná síla u obou čepů je vyvozena pružinou, jež se začne stlačovat po dotyku čepů s plechem. To se děje, aby bylo zajištěno pevné uchyacení plechu, a tím i přesnost výroby. Tento nástroj je navržen tak, aby mohl pracovat na školním hydraulickém lisu (Příloha I).

3.1 Popis jednotlivých částí nástroje

3.1.1 Upínací deska

-Výkres FT-UTB-01

Je vyrobena z konstrukční oceli 11523 a slouží pro upnutí prostřihovadla pomocí šroubů. Uvnitř desky jsou dvě díry pro umístění pružin a čepů. Aby se zabránilo vypadnutí čepů, je zde navrženo 2 mm tlusté osazení ze spodní části tělesa. Na opačné straně těchto děr se nachází příruba, která je uchycena dvěma šrouby. Pro spojení desky a čepu je uprostřed navrtaná díra se závitem, na jejíž horní části je 5 mm hluboké vybrání.

3.1.2 Prostřihovadlo

-Výkres FT-UTB-02

Je vyrobeno z nástrojové oceli 19003. Prostřihovadlo je upnuto na upínací desce díky dvěma šroubům, a jehož funkcí je samotné vystřížení daného tvaru z plechu. Je vyrobeno současně se spodním nástrojem, což bylo provedeno vyřezáním na drátové řezačce. Toto proběhlo pomocí drátu, jehož průměr byl 0,3 mm a úhel naklonění 3°. Z toho důvodu vznikla mezi prostřihovadlem a spodním nástrojem vůle, která odpovídá průměru drátu. Nakloněním drátu vzniklo na prostřihovadle zkosení, které bylo odstraněno následným obrobením.

3.1.3 Horní čep

-Výkres FT-UTB-03

Tento díl je vyroben z konstrukční oceli 11523 a slouží pro upnutí stříhací části nástroje do hydraulického lisu. Na čepu je ve spodní části vyřezán závit pro uchycení upínací desky. Nad závitem je navrženo osazení většího průměru pro přenesení rázové síly.

3.1.4 Příruba

-Výkres FT-UTB-04

Je vyrobena z konstrukční oceli 11523. Příruba je uchycena k upínací desce dvěma šrouby a slouží k zajištění přitlačné pružiny.

3.1.5 Zajišťovací čep

-Výkres FT-UTB-05

Na jeho výrobu je navrženo použití konstrukční oceli 11523 a má význam pro přitlačení a uchycení stříhaného plechu ke spodnímu nástroji. Síla je vyvozena pružinou umístěnou mezi zajišťovacím čepem a přírubou.

3.1.6 Spodní nástroj

-Výkres FT-UTB-06

Vyrábí se současně s prostřihovadlem na drátové řezačce, tzn. ze stejného materiálu (19003). Zkosení otvoru musí být také stejné (3°), ale na rozdíl od prostřihovadla je zde žádoucí, z důvodu lepšího vypadnutí zhotoveného výrobku. V nástroji jsou zhotoveny dvě díry pro spojení s podstavou pomocí šroubů.

3.1.7 Podstava

-Výkres FT-UTB-07

Proto, aby se nemusela vyrábět celá spodní část stříhacího nástroje z drahé nástrojové oceli, tak ji rozdělíme na dvě části, a to na spodní nástroj a podstavu. Takto se může podstava vyrobit z levnější konstrukční oceli 11523.

4 TECHNOLOGIE VYSTŘIHOVÁNÍ GUMOU

Pro tuto technologii je třeba navrhnout formu, pomocí které se nejprve vyrobí pryž (vulkanizací v hydraulickém lisu). Následně po úplném vychlazení a vytvrzení (doba vytvrzení pryže může být 24 až 48 hodin) se díky zalisované pryži může provádět tato technologie, která je vhodná především pro tenké plechy. Střížná síla je z hydraulického lisu přenášena čepem na vystřihovací šablonu.

4.1 Výroba formy

-Výkres FT-UTB-10

Forma byla vyrobena z konstrukční oceli 11523. Uvnitř formy je zhotoven otvor 40 mm hluboký o průměru 90,5 mm. Z druhé strany je vyrobena díra se závitem pro snadnější odformování. Do této formy byly vyrobeny 3 ocelové vložky o tloušťkách 10, 20 a 30 mm a stejném průměru jako má díra formy. Tyto vložky slouží pro to, aby ve formě mohly být vyrobeny 4 druhy tloušťek (10, 20, 30, 40 mm). Ve formě nejprve necháme vyrobiť pryž (ve vulkanizačním lisu) a po určitém čase (dozrání pryže) ji můžeme používat pro technologii vystřihování gumou.

K formě byl vyroben i čep (výkres FT-UTB-11), který je navržen pro školní hydraulický lis a pomocí něhož se z lisu vyzvojuje stříhací tlak na přiloženou šablonu.

4.2 Výroba pryže

Výroba pryže se uskutečnila na hydraulickém vulkanizačním etážovém lisu 400 x 400 s uzavírací sílou 300 MPa. Vulkanizace probíhala ve formě při 160 °C. Byly vyrobeny 4 druhy pryže různých tvrdostí a tloušťek. Pro každou tloušťku byla specifická i doba vulkanizace. S rostoucí tloušťkou pryže rostla i vulkanizační doba. Muselo se dbát na to, aby se doba nezvolila příliš krátká (mohlo by dojít k nedovulkanizování směsi), nebo příliš dlouhá (mohla by následovat degradace směsi).

Tloušťka pryže [mm]	10	20	30	40
Doba vulkanizace [min]	10	15	18	25

Tabulka 1: Použité vulkanizační doby

Postup při výrobě:

1. Rozehřátí lisu, nahřátí formy, nahřátí vložek, nahřátí desky pro zaformování
2. Nachystání náplně (směsi) – směsi musí být více, aby došlo k úplnému zaplnění formy
3. Vložení směsi do formy a následně do rozehrátého lisu
4. Vyjmutí z lisu a odformování - po uplynutí vulkanizační doby
5. Odstranění přetoků

Pro lepší odformování byl používán separační prostředek (Chemtrem).

4.3 Zkoušení pryže

4.3.1 Zkoušení tvrdosti

Zkouška probíhala na školním zařízení AFRI SYSTEM – HARDNESS TESTER, kterým se měří tvrdost pryže SHORE A. Byly měřeny všechny 4 vyrobené druhy pryže tloušťek 10, 20, 30 a 40 mm.

Tloušťka [mm]	Pryž A	Pryž B	Pryž C	Pryž D
10	87,3	67,0	42,0	60,9
20	85,9	64,3	42,1	—
30	79,8	65,3	40,8	60,1
40	74,4	63,5	32,3	58,9

Tabulka 2: Měření tvrdosti pryže SHORE A

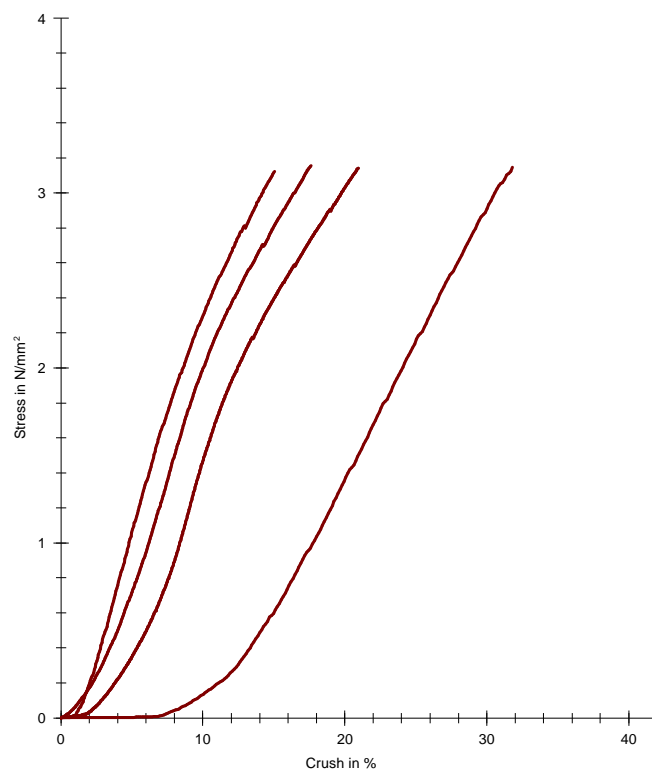
Pokud porovnáme hodnoty získané při měření na tloušťce 40 mm a 10 mm, tak můžeme říct, že tvrdost 10 mm silné vrstvy je jednoznačně vyšší než tvrdost 40 mm vrstvy a to u všech typů pryže. (Tabulka 2)

4.3.2 Tlakové zkoušky pryže

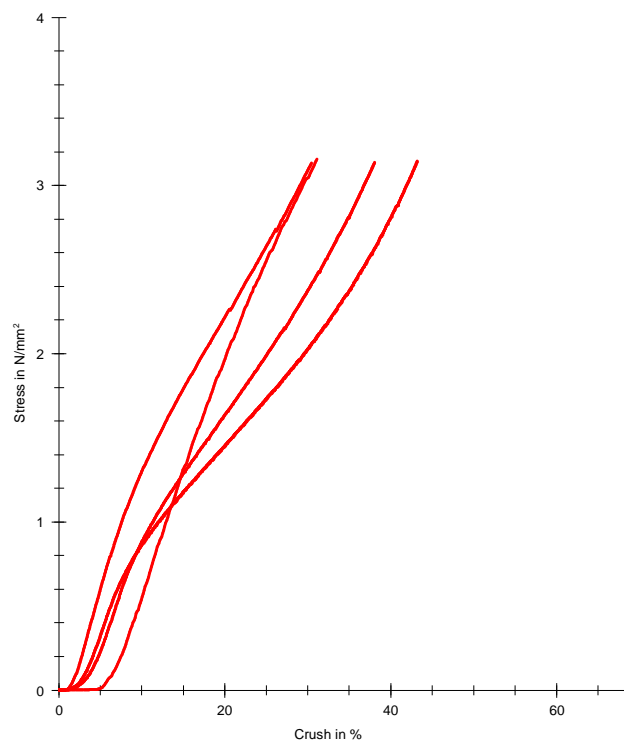
Tento druh zkoušky probíhal na UNIVERZÁLNÍM STROJI ZWICK 1456.

Technické parametry stroje:

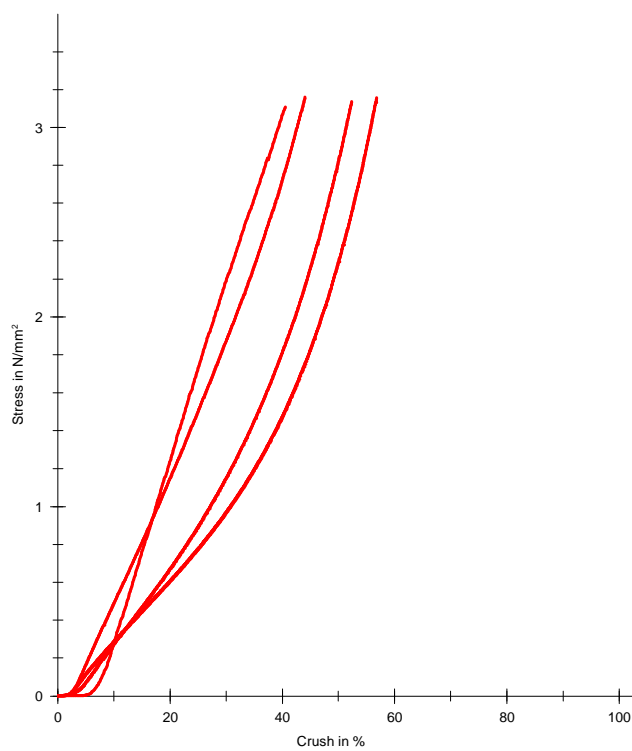
- max. posuv příčnicku 800/min
- snímače síly 2,5 a 20 kN
- teplotní komora -80/+250 °C
- testování – tlak, tah, ohyb



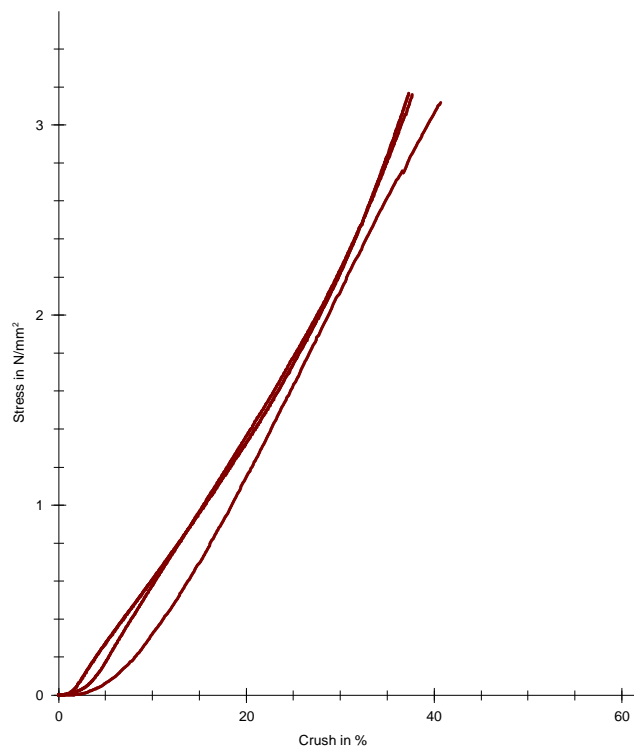
Obrázek 20: Pryž A – porovnání tlakových křivek tloušťek (10, 20, 30, 40 mm)



Obrázek 21: Pryž B – porovnání tlakových křivek tloušťek (10, 20, 30, 40 mm)



Obrázek 22: Pryž C – porovnání tlakových křivek tloušťek (10, 20, 30, 40 mm)



Obrázek 23: Pryž D – porovnání tlakových křivek tloušťek (10, 30, 40 mm)

V těchto grafech jsou porovnány tlakové křivky různých tloušťek pryže, získaných při tlakové zkoušce, pro každý materiál zvlášť. Pomocí těchto grafů, můžeme určit stlačení pryže v závislosti na použitém tlaku. Na ose X je znázorněna deformace materiálu v % a na ose Y se nachází napětí v N/mm². Díky této tlakové zkoušce byly také získány hodnoty modulu pružnosti E, které jsou porovnány v Tabulce 3. V důsledku těchto získaných hodnot můžeme navrhnout nejvhodnější pryž pro technologii vystřihování gumou.

Pryž - tloušťka	E [N/mm ²]	Pryž - tloušťka	E [N/mm ²]	Pryž - tloušťka	E [N/mm ²]	Pryž - tloušťka	E [N/mm ²]
Typ A – 10 mm	19,28	Typ B – 10 mm	11,24	Typ C – 10 mm	9,54	Typ D – 10 mm	9,26
Typ A – 20 mm	18,15	Typ B – 20 mm	10,60	Typ C – 20 mm	6,39	Typ D – 20 mm	—
Typ A – 30 mm	26,58	Typ B – 30 mm	14,01	Typ C – 30 mm	4,08	Typ D – 30 mm	8,00
Typ A – 40 mm	13,79	Typ B – 40 mm	13,70	Typ C – 40 mm	3,66	Typ D – 40 mm	7,04

Tabulka 3: Moduly pružnosti jednotlivých typů a tloušťek pryže

5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBY

Dle ekonomického odhadu, který byl proveden ve výrobním podniku, podle předložené výkresové dokumentace, by se cena za výrobu pevného stříhacího nástroje pohybovala kolem 35 000 Kč. Ve srovnání s technologií vystřihování gumou, jejíž celkové výrobní náklady byly 7 000 Kč, je pevný kovový stříhací nástroj podstatně dražší. Z toho důvodu byla upřednostněna výroba nástroje pro vystřihování gumou.

ZÁVĚR

V teoretické části této bakalářské práce byla nejprve rozebrána obecná teorie tváření kovů. Dále byla provedena studie technologie plošného tváření, kde největší pozornost byla upřena na stříhání.

Jako hlavní úkol praktické části práce bylo navrhnout konstrukci stříhacího nástroje. Tento nástroj byl navržen tak, aby bylo možné na něm vystřihovat zadaný výrobek (zkušební tyčinku) z plechu. Toto je možné provádět na školním hydraulickém lisu. V práci je uvedena technická dokumentace lisu, pro který byl stříhací nástroj navržen (Příloha I). Výkresová dokumentace nástroje je přiložena k této práci. K práci je také přiloženo CD s modelem polotovaru pro výrobu elektrojiskrovým obráběním na drátové řezačce.

Další část práce se zabývá technologií vystřihování pomocí gumy. Nejdříve byl proveden návrh formy. Dále byly vyrobeny 4 druhy pryže po tloušťkách 10, 20, 30, 40 mm. To se provedlo na hydraulickém vulkanizačním etážovém lisu pomocí navržené válcové formy. Poté byla provedena zkouška tvrdosti typu SHORE A u všech pryží a na všech tloušťkách. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 2. V závěrečné fázi práce byly vzorky testovány na tlak pomocí tlakové zkoušky na univerzálním zkušebním stroji. Výsledkem toho byla série grafů, podle nichž lze určit deformaci pryže v závislosti na použitém tlaku. Všechny zkoušky byly prováděny ve školních laboratořích.

Poslední bod této části práce je zaměřen na ekonomické vyhodnocení obou zmíněných technologií.

Veškerá výkresová dokumentace byla provedena pomocí programů CATIA V5 a INVENTOR 2008. Práce s těmito programy byla usnadněna díky zkušenostem získaných při výuce na naší univerzitě. Všechny zadané cíle a úkoly této práce byly splněny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BLAŠČÍK, František, et al. *Technológia tvárnenia, zlievárenstva a zvarania*. 1. vyd. Bratislava : Alfa, 1988. 832 s.
- [2] BŘEZINA , Richard. *Technologie slévání, tváření, svařování : Návody do cvičení*. 1. vyd. Ostrava : VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ V OSTRAVĚ, 1981. 171 s.
- [3] ČABELKA , Jozef. *Mechanická technológia*. 1. vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1967. 1036 s.
- [4] FOREJT, Milan. *Teorie tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno : Nakladatelství vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s.
- [5] HAŠEK , Vladimír, et al. *Kování*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1965. 732 s.
- [6] NOVOTNÝ, Jiljí, et al. *Technologie I : Slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy*. 2. vyd. Praha : Nakladatelství ČVUT, 2006. 227 s.
- [7] PTÁČEK, Luděk, et al. *Nauka o materiálu I.*. Brno : CERM, 2001. 505 s.
- [8] STOROŽEV, Michail Vasilievič, POPOV, Jevgenij Alexandrovič. *Teória tvárnenia kovov*. 1. vyd. Bratislava : Alfa, 1978. 488 s.
- [9] ŠVERCL, Josef, ŘASA, Jaroslav. *Strojnické tabulky 1*. 1. vyd. Praha : Scientia, 2004. 753 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN	Česká státní norma
DIN	Německý ústav pro průmyslovou normalizaci
E	Modul pružnosti
F	Střižná síla
h	Hloubka plastického stříhu
M_o	Ohybový moment
P	Největší velikost střižné síly
v_{DIS}	Rychlost pohybu dislokací
W	Práce spotřebovaná k přestřižení
α	Úhel hřbetu
β	Úhel břitu
γ	Úhel čela
σ	Normálové napětí
σ_{pt}	Pevnost materiálu v tahu
τ	Smykové napětí
τ_p	Pevnost materiálu ve stříhu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Křivka ohřevu amorfnní látky [1]	10
Obrázek 2: Křivka ohřevu krystalické látky [1]	11
Obrázek 3: Krystalové mřížky [1]	11
Obrázek 4: Hranová dislokace [1]	12
Obrázek 5: Šroubová dislokace [1].....	13
Obrázek 6: Schématické znázornění závislosti $v_{Dis} = f(\tau)$ pro $\vartheta = \text{konst.}$ [8].....	14
Obrázek 7: Schéma kritického kluzového napětí [1].....	16
Obrázek 8:Aplikace zákona nejmenšího odporu při zápusťkovém kování [6]	18
Obrázek 9: Tahový pracovní diagram při opakovaném zatěžování [4].....	19
Obrázek 10: Schéma stříhání stříhadlem, případně děrovadlem [1].....	22
Obrázek 11: Průběh vystříhování – děrování [1].....	23
Obrázek 12: Dělení materiálu stříháním [3]	24
Obrázek 13: Přetvoření v místě stříhu [3].....	25
Obrázek 14: Napětí v místě stříhu [3].....	25
Obrázek 15: Síly při stříhu [3]	26
Obrázek 16: Průběh střížné síly [3]	28
Obrázek 17: Vzhled střížné plochy [3]	29
Obrázek 18: Geometrie stříhacích nožů [3].....	31
Obrázek 19: Vystříhování gumou [1]	37
Obrázek 20: Pryž A – porovnání tlakových křivek tloušťek (10, 20, 30, 40 mm)	45
Obrázek 21: Pryž B – porovnání tlakových křivek tloušťek (10, 20, 30, 40 mm)	46
Obrázek 22: Pryž C – porovnání tlakových křivek tloušťek (10, 20, 30, 40 mm)	46
Obrázek 23: Pryž D – porovnání tlakových křivek tloušťek (10, 30, 40 mm)	47

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Použité vulkanizační doby.....	43
Tabulka 2: Měření tvrdosti pryže SHORE A.....	44
Tabulka 3: Moduly pružnosti jednotlivých typů a tloušťek pryže.....	48

SEZNAM PŘÍLOH

P I: Technická dokumentace stroje

P II: Přehled pozic použitých v sestavách

P III: Seznam výkresů

PŘÍLOHA P I: TECHNICKÁ DOKUMENTACE STROJE

Druh stroje: Hydraulický lis stolní konstrukce pro drobné montážní a výrobní práce

Typ: CDC 2 – 7

Výrobce: SKLO UNION – SKLOSTROJ, Turnov

Tento stroj je vhodný pro: nejrůznější drobné výrobní a montážní práce, sériovou a páso-
vou výrobu, různé práce na drobných a středních dílcích

Na tomto stroji lze lisovat, rovnat, ohýbat, stříhat, táhnout, protahovat, nýtovat, razit atd.

Technické údaje stroje

a) Lis

Max. lisovací síla – 20 kN

Max. odtahová síla – 7,5 kN

Zdvih lisovacího pístu – 160 mm

Otevření lisu – 205 mm

Vyložení – 150 mm

Rychlost pístu při plné lis. síle – 70 mm/s

Rychlost pístu při poloviční lis. síle – 110 mm/s

Rychlost pístu při odtahu – 180 mm/s

Rozměr pracovního stolu – 200 x 205 mm

b) Čerpadlo

Dodávané množství – 16 l/min

Max. pracovní tlak – 4,9 MPa

Náplň provozní kapaliny – 11 l

Technický popis stroje

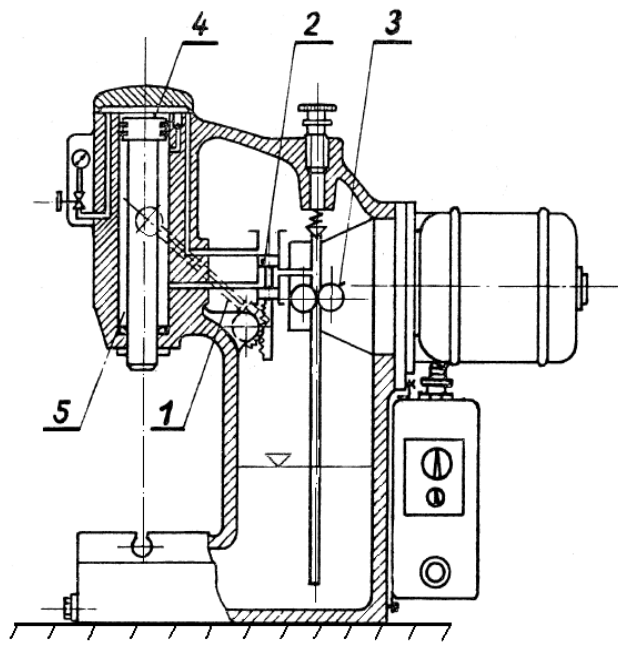
Lis je stavěn jako samostatná jednotka s vestavěným čerpadlem a řídicími orgány. Lisovací síla je stavitelná. Při poloviční síle je rychlost pístu dvojnásobná. Kromě toho je možno lisovat dvojm způsobem:

- a) Lis po dosažení nastaveného tlaku udržuje stále jeho hodnotu.
- b) Po zalisování klesne pracovní tlak a čerpadlo pracuje naprázdno.

Rám lisu je třmenové, skříňové konstrukce, tvoří s nádrží provozního oleje, s válcem lisovacího pístu a pracovním stolem jednotlivý celek. V rámu je rovněž vestavěno čerpadlo a k němu přišroubován přírubový elektromotor a skříňka s elektroinstalací. Rám tvoří současně nádrž provozního oleje. Pracovní stůl, přístupný ze tří stran, je opatřen upínací drážkou a propadovým otvorem, otevřeným směrem vpřed, takže umožňuje vkládání dlouhých dílců.

Princip stroje

Lis je ovládán ruční pákou. Pohybem páky 1 směrem dolů se šoupátko 2 přesouvá tak, aby tlaková kapalina protékala od zubového čerpadla 3 nad píst 4 a současně z odtahového prostoru 5 při jízdě pístu dolů byl olej přepouštěn do lisovacího prostoru. Tím se uděluje pístu při jízdě dolů naprázdno větší rychlost při cca poloviční síle a tím se zrychluje pracovní cyklus na lisu. Této funkci odpovídá střední poloha ruční páky 1. Při dojíždění pístu do konečné polohy dolní otevře šoupátko 2 odtahový kanál a z odtahu 5 vytéká kapalina do nádrže, zatímco tlaková kapalina od čerpadla lisuje. Je tedy šoupátkem spojen výtlačný prostor čerpadla jen s prostorem nad pístem. Při odlehčení ruční páky 1 spojí šoupátko odtahový prostor 5 ve válci s výtlačným prostorem čerpadla 3 a odkryje kanál z lisovacího prostoru 4 nad pístem, tak že kapalina z lisovacího prostoru 4 nad pístem odtéká do nádrže. Píst se pohybuje směrem nahoru. Zubové čerpadlo pracuje do max. tlaku 4,9 MPa a tento tlak nesmí být překračován, jinak hrozí čerpadlu zvýšením měrného tlaku v ložiskách nadměrné opotřebení.



PŘÍLOHA P II: PŘEHLED POZIC POUŽITÝCH V SESTAVÁCH

Pozice	Název	Výkres / ČSN	Počet kusů
1	Horní čep	FT-UTB-03	1
2	Upínací deska	FT-UTB-01	1
3	Příruba	FT-UTB-04	2
4	Prostřihovadlo	FT-UTB-02	1
5	Zajišťovací čep	FT-UTB-05	2
6	Spodní nástroj	FT-UTB-06	1
7	Podstava	FT-UTB-07	1
8	Pružina $d = 1,6$, $De = 14,1$, $Lo = 36$	DIN 2076	2
9	Šroub s válcovou hlavou a s vnitřním šestihranem M4x25	ČSN EN ISO 4762	2
10	Šroub s válcovou hlavou a s vnitřním šestihranem M4x16	ČSN EN ISO 4762	4
11	Šroub s válcovou hlavou a s vnitřním šestihranem M6x20	ČSN EN ISO 4762	2

PŘÍLOHA P III: SEZNAM VÝKRESŮ

<i>Pořadí</i>	<i>Název výkresu</i>	<i>Číslo výkresu</i>
<i>1</i>	Upínací deska	FT-UTB-01
<i>2</i>	Prostřihovadlo	FT-UTB-02
<i>3</i>	Horní čep	FT-UTB-03
<i>4</i>	Příruba	FT-UTB-04
<i>5</i>	Zajišťovací čep	FT-UTB-05
<i>6</i>	Spodní nástroj	FT-UTB-06
<i>7</i>	Podstava	FT-UTB-07
<i>8</i>	Sestava horní	FT-UTB-08
<i>9</i>	Sestava spodní	FT-UTB-09
<i>10</i>	Válcová forma	FT-UTB-10
<i>11</i>	Čep	FT-UTB-11

