



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA SPONY BEZPEČNOSTNÍHO PÁSU

THE MANUFACTURE OF SEAT BELT BUCKLE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ROMAN OBORNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA ŠMEHLÍKOVÁ

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Oborný Roman, Bc.

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Výrobní technologie a průmyslový management (2303T010)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Výroba spony bezpečnostního pásu

v anglickém jazyce:

The manufacture of seat belt buckle

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby spony bezpečnostního pásu automobilu. Součást je podlouhlého tvaru s vnitřními otvory vyrobena z plechu tloušťky 3 mm. Zadaná součást bude vyráběna technologií přesného stříhání a na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie a potřebné výpočty.

Cíle diplomové práce:

Provedení aktuální literární studie se zaměřením na technologii přesného stříhání. Zhodnocení současné technologie výroby. Návrh nové technologie výroby součásti a vypracování postupu výroby. Provedení technologických a kontrolních výpočtů, návrh a volba stroje. Návrh vhodného nástroje pro výrobu zadané součásti. Porovnání nově navržené technologie s technologií stávající, doplněné technicko-ekonomickým hodnocením. Závěr.

Seznam odborné literatury:

DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.

NOVOTNÝ, J., LANGER, Z. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13-B3-IV- 41/22674.

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

ROMANOVSKIJ, Viktor Petrovič. Příručka pro lisování za studena. 2. vyd. Praha: SNTL, 1959. 540 s. DT 621.986.

VYSKOČIL, O., BARTOŠ, P. Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání. 1. vyd. Brno: Zbrojovka Brno, 1977. 88 s.

Sborníky z konferencí

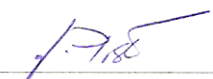
Internet

Vedoucí diplomové práce: Ing. Eva Šmehlíková

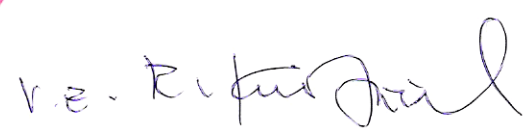
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 22.11.2007

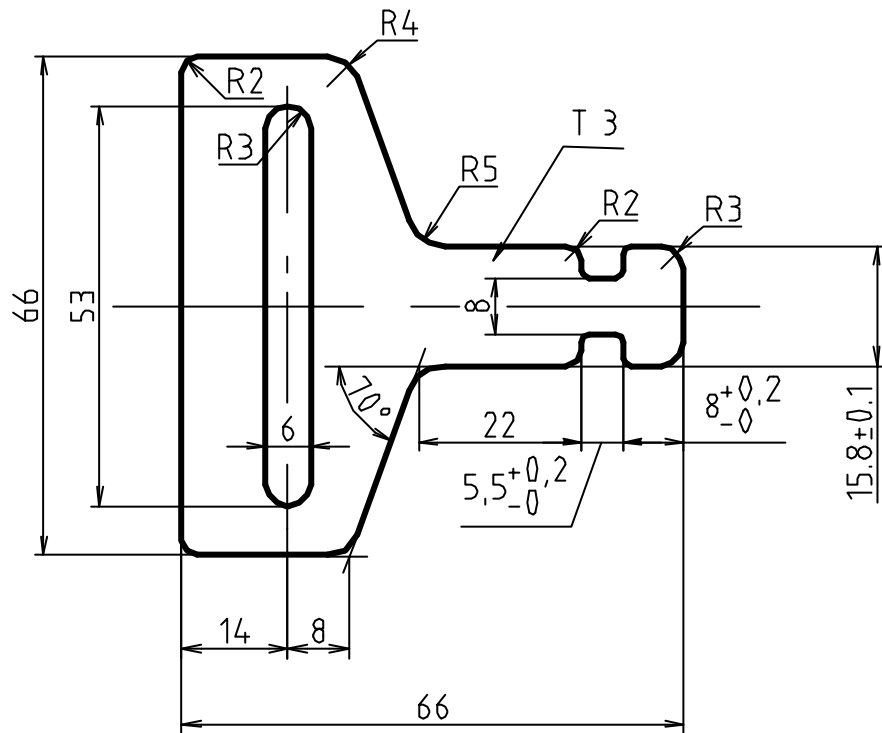




doc. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty



HRANY ZAOLIT R2

$\sqrt{Ra\ 1,6}$ (✓)

| | | | | | | | | |
|-------------|---------------|---------------|---------|---|-------------|---------------|--------|------|
| | | | | Přesnost | ISO 1768-nK | Material | 14 220 | T.O. |
| | | | | Tolerování | ISO 8015 | Podotovar | | |
| | | | | Pronitání | | Hrubá křivost | | kg |
| | | | | ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE | | | | |
| | | | | Vysoké učení technické v Brně Fakulta strojního inženýrství | | | | |
| Změna | Datum | Index | Podpis | SPONA BEZPEČNOSTNÍHO PÁSU | | | | |
| Navrtil | OBORNÝ | Poznámka | Měřítko | | | | | |
| Přezkoušel | | | 1:1 | | | | | |
| Technologie | | | | | | | | |
| Normalizace | Starý výkres | | | | | | | |
| Schválil | Číslo výkresu | | | DP - 01 - 01 | | | | |
| Datum | 24.4.2008 | Číslo sestavy | | | | | | |
| | | | | Líst | | | | Líst |

ABSTRAKT

OBORNÝ Roman: Výroba spony bezpečnostního pásu.

Cílem této práce je zhodnotit stávající způsob výroby a navrhnout a vypracovat optimální způsob výroby součásti „spona bezpečnostního pásu“. Součást je vyrobena z ocelového plechu ČSN 14 220.3 tloušťky 3 mm. Vzhledem k požadované přesnosti, kvalitě a předpokládané výrobní sérii 1000000 ks za rok je v diplomové práci zpracován návrh výroby součásti metodou přesného stříhání s nátláčnou hranou. Je navržen střížný nástroj a zvolen vhodný typ stroje pro tuto technologii HFA 3200 Plus firmy Feintool. Práce obsahuje potřebné výpočty a výkresovou dokumentaci střížného nástroje pro výrobu součásti. V poslední části je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení, z kterého vyplývá, že nová technologie výroby je z hlediska technického i ekonomického výhodnější než stávající technologie.

Klíčová slova: Ocel 14 220.3, přesné stříhání, nátláčná hrana, střížný nástroj, lis Feintool

ABSTRACT

OBORNÝ Roman: The manufacture of seat belt buckle.

Aim of this Thesis is to assess the existing manufacturing method and to propose and make out an optimum manufacturing method for the part „seat belt buckle“. Components made of the steel plate 14 220.3. With respect to requested accuracy, quality and expected production run of 1 000 000 pcs per year, the Thesis includes the proposal of manufacture of the part by a method of accurate cutting with push-on edge. Is designed the cutting tool and selected the suitable machine type for this technology Feintool HFA 3200 Plus. The work contains necessary calculations, economical evaluation and design documentation of the processual tools for the components production. The last part contains the technical and economic evaluation, from which results that, technically and economically, the new production technology is preferable to the existing technology.

Keywords: 14 220.3 steel, fineblanking, vee-ring, cutting tool, Feintool press

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

OBORNÝ, Roman. *Výroba spony bezpečnostního pásu*. Brno, 2008. 74 s., 7 příloh, CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí diplomové práce Ing. Eva Šmehlíková.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 10.5.2008

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji Ing. Evě Šmehlíkové za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce.

OBSAH

Zadání

Výkres součásti

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

| | str. |
|---|-------------|
| 1. ÚVOD | 9 |
| 2. LITERÁRNÍ STUDIE – TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ | 10 |
| 2.1 Technologie stříhání – obecné poznatky | 10 |
| 2.1.1 Princip stříhání, střižná plocha | 10 |
| 2.1.2 Velikost a průběh střižné síly | 11 |
| 2.1.3 Střižná práce | 12 |
| 2.1.4 Střižná vůle | 13 |
| 2.2 Metody stříhání | 14 |
| 2.2.1 Prosté stříhání | 14 |
| 2.2.2 Stříhání na stříhadlech | 17 |
| 2.2.3 Zhodnocení konvenčního způsobu stříhání | 18 |
| 2.2.4 Přesné stříhání | 18 |
| 2.2.5 Zhodnocení přesného stříhání | 23 |
| 2.3 Technologie přesného stříhání s nátlacnou hranou | 24 |
| 2.3.1 Princip přesného vystřihování | 24 |
| 2.3.2 Napjatostní stavy při stříhání s nátlacnou hranou | 25 |
| 2.3.3 Princip nástroje pro přesné stříhání | 26 |
| 2.3.4 Síly působící na střižný nástroj, střižná práce | 26 |
| 2.4 Technologické podmínky přesného stříhání | 27 |
| 2.4.1 Střižná vůle | 27 |
| 2.4.2 Tvar, poloha a velikost tlačné hrany | 28 |
| 2.4.3 Velikost postranního odpadu a šířky můstku | 30 |
| 2.4.4 Technologičnost tvaru součásti | 31 |
| 2.4.5 Technologičnost konstrukce výstřižku | 34 |
| 2.4.6 Materiály vhodné pro přesné vystřihování | 38 |
| 2.4.7 Tolerance střižníku a střižnice | 38 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 2.5 | Nástroje pro přesné stříhání | 39 |
| 2.5.1 | Druhy nástrojů | 39 |
| 2.5.2 | Konstrukční požadavky | 42 |
| 2.5.3 | Hlavní funkční části nástrojů | 42 |
| 2.5.4 | Materiály používané pro střížné nástroje | 45 |
| 2.6 | Stroje pro přesné stříhání | 47 |
| 3. | SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ | 49 |
| 3.1 | Zhodnocení současného stavu | 49 |
| 3.2 | Ekonomické využití materiálu při současném způsobu stříhání | 50 |
| 4. | ŘEŠENÍ PRÁCE | 51 |
| 4.1 | Materiál součásti | 51 |
| 4.2 | Technologické výpočty | 51 |
| 4.2.1 | Technologické parametry nástroje | 53 |
| 4.2.2 | Nástřihový plán | 53 |
| 4.3 | Návrh stroje | 61 |
| 4.4 | Princip nástroje | 62 |
| 5. | TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ | 63 |
| 5.1 | Technické zhodnocení | 63 |
| 5.2 | Ekonomické zhodnocení | 63 |
| 5.2.1 | Výpočet ekonomického zhodnocení pro stávající variantu | 67 |
| 5.2.2 | Výpočet ekonomického zhodnocení pro novou variantu | 70 |
| 5.2.3 | Ekonomické porovnání stávající a nově navržené technologie výroby součásti | 72 |
| 6. | ZÁVĚR | 74 |
| Seznam použitých zdrojů | | |
| Seznam použitých symbolů a zkratk | | |
| Seznam příloh | | |
| Přílohy | | |

1. ÚVOD

Do oblasti strojírenské technologie, která se převážně zabývá výrobou a zpracováním kovů, můžeme zahrnout celou řadu činností počínaje výrobou kovů a jejich slitin až po zhotovení konečného výrobku. V podstatě lze tuto oblast rozdělit na dva hlavní směry, a to z hlediska toho, jak dochází ke změnám geometrických vlastností vstupního materiálu směrem k hotovému výrobku. Jedná se zde o technologii tváření a technologii třískového obrábění. Třískové obrábění je v současné době značně využíváno, ovšem ve srovnání s technologií tváření kovů zde využití materiálu dosahuje průměrně jen cca 40%.

Technologie tváření představuje proces, při němž dostávají polotovary po zpracování určitý, předem stanovený tvar. Tvářením dosáhneme u kovů výborných mechanických vlastností. Další výhodou je zde účelné využití kovů s minimálním počtem dalších dokončovacích operací a s tím souvisí i nízké procento odpadu. Nevýhodou technologie tváření jsou vysoké náklady na konstrukci a výrobu tvářecích nástrojů.

Základem všech technologických tvářecích operací jsou velké plastické deformace, při nichž se trvale mění tvar a rozměry tělesa bez porušení celistvosti. Děje, které při tom probíhají, mají svou mechanickou a fyzikální podstatu a mohou být provázeny i změnami chemickými. Tvar a rozměry tělesa se mění účinkem vnějších sil působících na zpracovávaný kov prostřednictvím pracovních ploch nástroje. Technologie tváření se dělí na tři hlavní oblasti podle charakteru výroby. Jedná se o tváření plošné a objemové, tváření tlakem nebo rázem a tváření za tepla a za studena.

Plošným tvářením neboli lisováním se rozumí proces, jímž se dosahuje trvalé změny materiálu působením mechanické síly bez odběru třísek při nepodstatné změně průřezu materiálu. Toto tváření zahrnuje metody stříhání, ohýbání, tažení, tlačení a tváření nekonvenčními způsoby.

Technologií stříhání se rozumí postupné nebo současné oddělování částic materiálu podél křivky stříhu pomocí tzv. stříhadel. Stříhání dělíme na prosté, vystřihování, děrování, ostřihování, přistřihování, přesné stříhání, nastřihování, prostřihování, protrhávání a vysekávání.

2. LITERÁRNÍ STUDIE – TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ [1], [5], [7]

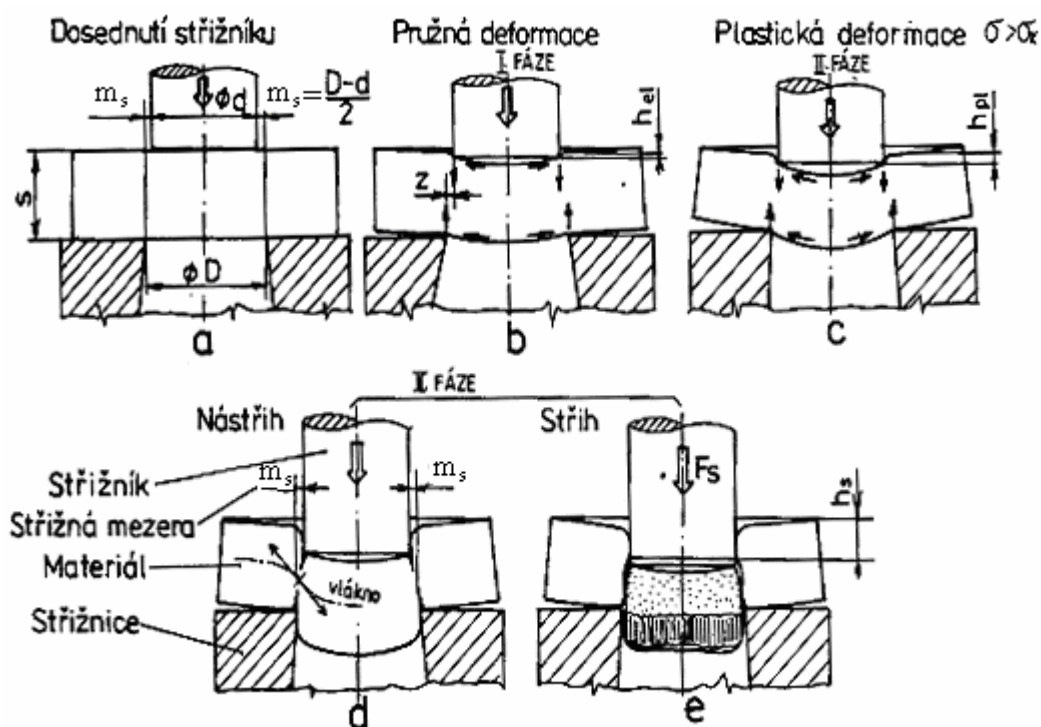
Stříhání se řadí mezi technologie plošného tváření, ale jako jediná z metod lisování je zakončena porušením materiálu – lomem v ohnisku deformace. Vlastní plastické přetvoření je sice průvodním, ale zároveň nežádoucím jevem. Materiál se odděluje postupně nebo současně podél křivky stříhu daném relativním pohybem dvou břitů, které vytváří nutné střížné – smykové napětí.

2.1 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ – OBECNÉ POZNATKY

2.1.1 Princip stříhání, střížná plocha

Stříháním je oddělování části materiálu působením protilehlých řezných hran způsobujících v řezné rovině smykové napětí. Princip stříhání je ukázán na obrázku 2.1. stříhání probíhá ve třech fázích.

V první fázi stříhání tlačí střížník na plech a vyvolává napětí v tvářeném kovu, které je menší než mez pružnosti. Proto dochází jen k pružné deformaci. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu závisí hlavně na jeho mechanických vlastnostech. Bývá 5 až 8 % jeho tloušťky. Vznikem silových dvojic v rovinách kolmých ke střížným plochám se materiál mezi střížníkem a střížnicí ohýbá. Přitom vzniká na stříhaném materiálu zaoblení - na straně střížníku vtažením a na straně střížnice vytlačení materiálu (viz obr. 2.1 b).



Obr. 2.1 Průběh stříhání s normální střížnou vůlí [7]

V druhé fázi (obr. 2.1 c) vznikne ve stříhaném materiálu napětí větší než je jeho mez kluzu. Přitom dochází k trvalé deformaci tohoto materiálu. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu je závislá na jeho mechanických vlastnostech a pohybuje se mezi 10 až

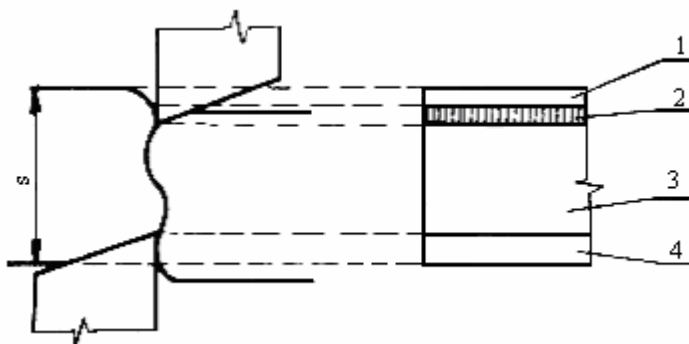
25 % jeho tloušťky. Na konci této fáze dosahuje napětí v materiálu hodnoty pevnosti ve stříhu.

Ve třetí fázi (obr. 2.1 d,e) je materiál namáhán nad mez pevnosti ve stříhu. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu je 10 až 60 % jeho tloušťky. Závisí na velikosti střížné mezery a druhu materiálu. Nejprve vzniknou mikroskopické a potom makroskopické trhliny v materiálu u hran střížníku a střížnice. Trhliny se rychle prodlužují až nastane oddělení výstřížku od výchozího materiálu. Rychlost postupu trhlín je závislá na vlastnostech stříhaného materiálu a průběh na velikosti střížné mezery. Tvrdý a křehký materiál se oddělí téměř okamžitě, měkký a houževnatý poměrně pomalu.

K úplnému oddělení plechu musí střížník proniknout až ke střížnici.

Výstřížek se oddělí dříve, než projde střížník celou tloušťkou stříhaného materiálu a následně je výstřížek vytlačen. S ohledem na to nejsou okraje stříhových ploch zcela rovinné a střížná plocha má určitou drsnost, která není v ploše rovnoměrně rozdělená. Místa, kde došlo k prvnímu výskytu trhlín, jsou drsnější, než ostatní střížné plochy. Oddělení však nenastane přesně v žádané rovině a to proto, že materiál je elastický, tvárný a napětí způsobuje tlak nožů na celé ploše – podle toho rozeznáváme na odstříhnuté ploše různá pásma (obr. 2.2).

Stříhání je tedy jedinou tvářecí operací, která směřuje k žádoucímu porušení materiálu. Při výpočtu tvářecích sil se to projeví tím, že zde použijeme meze pevnosti místo meze kluzu.



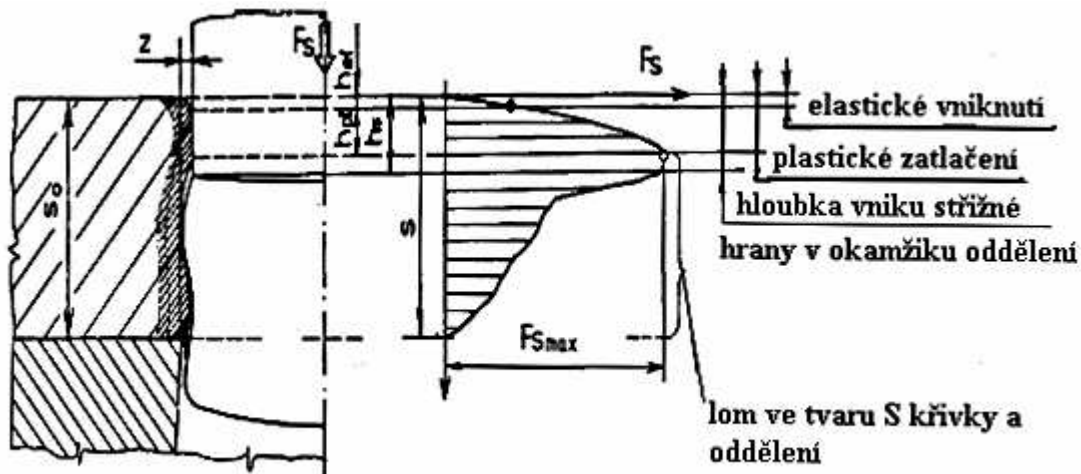
Obr. 2.2 Deformační pásma při stříhání

1 – pásmo zaoblení (elastická deformace), 2 – pásmo utržení, 3 – pásmo smyku (plastické deformace), 4 – pásmo odtlačení

2.1.2 Velikost a průběh střížné síly [5]

Stříhaný materiál ležící mezi střížníkem a střížnicí je oddělován působením střížné síly, která má vzrůstající tendenci a dosahuje maxima v okamžiku začínajícího oddělování materiálu, což bývá přibližně do 30% tloušťky. Poté střížná síla klesá rychle k nule, přičemž rychlost poklesu je závislá na stříhaném materiálu, konstrukci střížných hran a odporech působících proti zasunutí střížníku do střížnice.

Charakteristický průběh střížné síly je znázorněn na obr. 2.3.



Obr. 2.3 Charakteristický průběh střížného procesu a střížné síly [7]

Při překonání soudržnosti materiálu musí přirozený přetvárný odpor dosáhnout meze pevnosti materiálu $\sigma_1 = R_m$. Potom napětí σ_1 dosáhne hodnoty meze pevnosti ve stříhu:

$$\sigma_1 = (0,77 - 0,8) R_m \quad [\text{MPa}] \quad (2.1)$$

Na základě vztahu (2.1) a geometrických podmínek stříhu je možno pro střížnou sílu při děrování a vystřihování napsat vztah podle [1], [2]:

$$F_s = S \cdot \tau_s \cdot n \quad [\text{N}] \quad (2.2)$$

Kde S je plocha stříhu daná součinem obvodu všech stříhaných částí a tloušťky materiálu tzn. $S = o \cdot s$ [mm²],

n je podle [1] součinitel otupení nástroje ve výši $1,1 \div 1,5$, podle [1], [2] je tato hodnota $1,1 \div 1,3$. Tento koeficient je definován jako zvyšující koeficient, který zahrnuje vliv vnějších podmínek stříhání jako je nerovnoměrná tloušťka plechu, nerovnoměrnost napjatosti a především zhoršení kvality střížných hran.

τ_s je mez pevnosti ve stříhu [MPa]

2.1.3. Střížná práce

Potřebná práce pro vystřížení součásti z materiálu je přímo úměrná střížné síle a hloubce vtažení střížníku do materiálu.

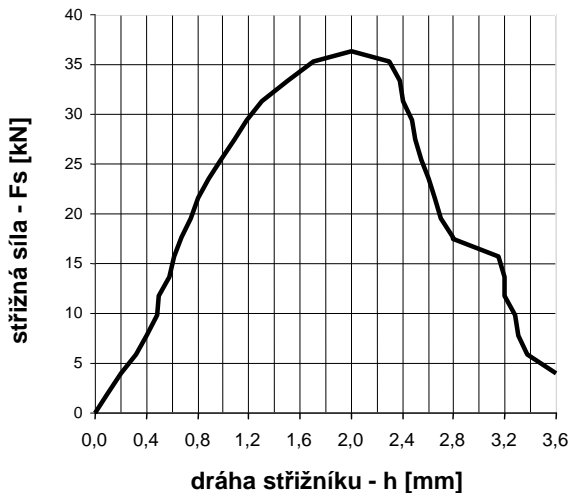
Dle [1] se střížná práce určuje z rovnice:

$$A = \lambda \cdot F_{smax} \cdot h_s \quad [\text{J}] \quad (2.4)$$

Kde λ je součinitel zaplnění diagramu $F_s - h$ (obr.2.4), pohybuje se v rozmezí $\lambda = 0,2 - 0,75$ a jeho hodnota roste se zmenšující se tloušťkou a stoupající tažností.

F_{smax} je maximální střížná síla [MPa]

h_s je hloubka vtažení střížníku do materiálu [mm]



Obr. 2.4 Průběh střížné síly v závislosti na dráze střížníku

$$V [J] \text{ je uveden vztah } A = k \cdot F_s \cdot s \quad [J] \quad (2.5)$$

Kde k (tab. 1) - je koeficient závislý na druhu a tloušťce materiálu a dosahuje hodnot (0,4 ÷ 0,7).

Tabulka 1. Hodnoty koeficientu k [5]

| Materiál | Tloušťka materiálu [mm] | | | |
|--------------------------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|
| | do 1 | 1 až 2 | 2 až 4 | nad 4 |
| Oceli o pevnosti 250 – 350 MPa | 0,7 – 0,65 | 0,65 – 0,6 | 0,6 – 0,5 | 0,45 – 0,45 |
| Oceli o pevnosti 350 – 500 MPa | 0,6 – 0,55 | 0,55 – 0,5 | 0,5 – 0,42 | 0,4 – 0,3 |
| Oceli o pevnosti 500 – 700 MPa | 0,42 – 0,4 | 0,4 – 0,35 | 0,35 – 0,3 | 0,3 – 0,15 |
| Al, Cu žíhané | 0,75 – 0,7 | 0,7 – 0,65 | 0,65 – 0,55 | 0,5 – 0,4 |

Dle [2] dostaneme dostatečně přesné hodnoty práce, nahradíme-li průběh síly eliptickou závislostí. Pak je střížná práce rovna:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot F_s \cdot \chi \cdot s \quad [J] \quad (2.6)$$

kde $\chi = 0,2$ pro oceli o vyšších pevnostech, $\chi = 0,4$ pro nízkouhlikovou ocel, s je tloušťka stříhaného materiálu.

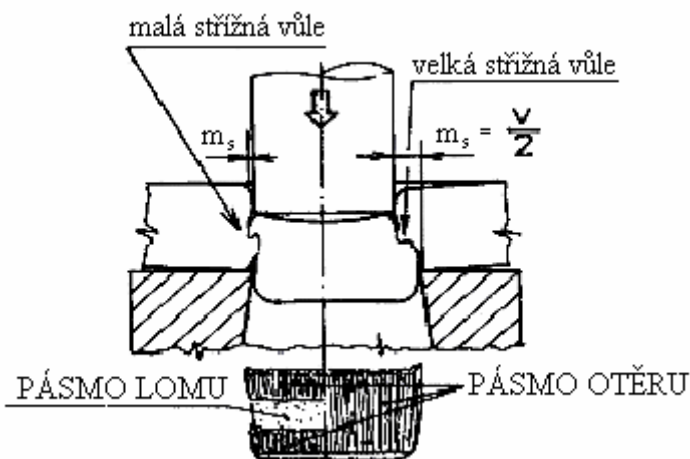
2.1.4. Střížná vůle

Střížná vůle je dána rozdílem mezi rozměrem otvoru ve střížnici a střížníkem. Jednostranný rozdíl vytváří střížnou mezeru. Správně volená velikost střížné vůle zaručuje, že se trhliny, které při stříhání vznikají setkají (obr.2.5).

Střížná vůle má vliv na jakost střížné plochy, střížnou sílu, trvanlivost břitů, vznik ostřin i spotřebu energie. Zmenšováním střížné vůle se zvětšuje střížná síla jen nepatrně, ale střížná práce je až o 40% větší.

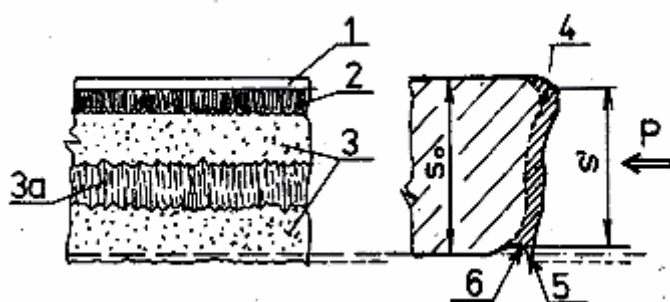
Při normální střížné vůli se nástřihy od střížných hran obou střížných prvků setkají a vytvoří ve stříhaném průřezu jednu plochu bez ostřin. Při malé nebo velké střížné vůli se

nástřihy nesetkají a vytvoří nerovný povrch v ploše stříhu. Při malé střížné vůli je materiál mezi střížnými hranami deformován a znovu stříhán. Na obr. 2.5 je schématicky znázorněn nástřih při malé i příliš velké střížné vůli, jejichž důsledkem je rozšíření pásma otěru na větší část střížné plochy.



Obr. 2.5 Schéma stříhání při malé a velké střížné vůli [7]

Vzhled střížné plochy při normální střížné vůli znázorňuje obr. 2.6.



Obr. 2.6 Vzhled střížné plochy při normální střížné vůli. [3]

1 - zeslabení, 2 - plastické přetvoření, 3 - pásmo lomu, 3a - pásmo otěru, 4 - oblast zpevnění, 5 - otřep, 6 - vtisk dolního břitu

2.2. METODY STŘÍHÁNÍ [3], [15]

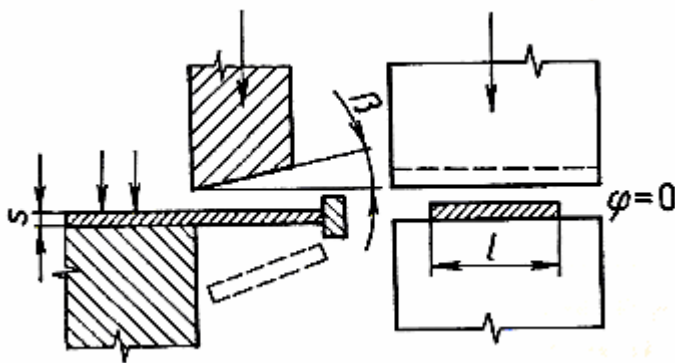
2.2.1. Prosté stříhání

Podle konstrukce nožů (střížníků) se prosté stříhání dělí na:

- stříhání rovnoběžnými noži,
- skloněnými noži,
- kotoučovými noži,
- noži na profily a tyče.

Stříhání rovnoběžnými noži

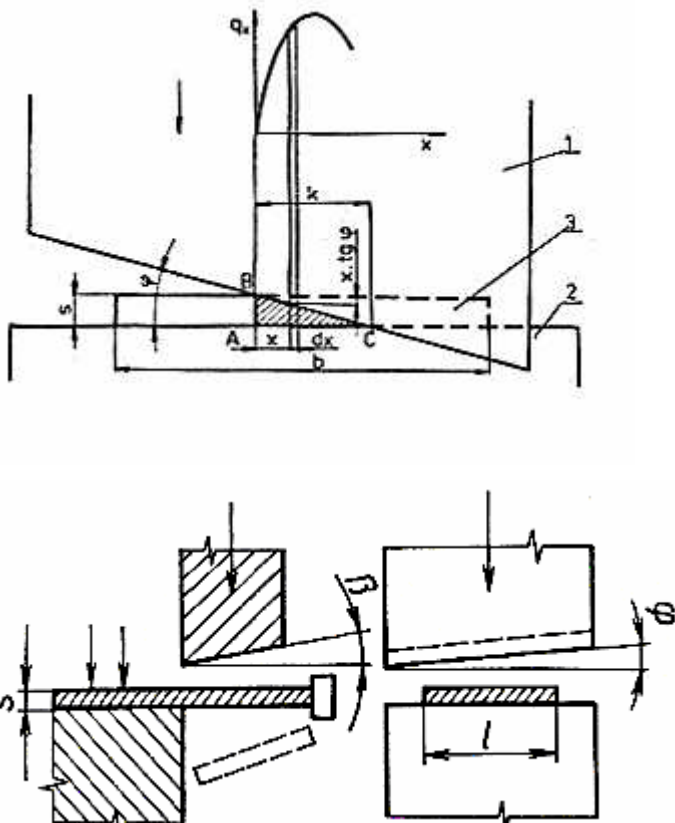
Jako funkční nástroje se používají stříhací lišty. Při stříhání nepůsobí střížné síly ideálně v rovině, mezi noži musí být určitá mezera. Nevýhodou stříhání s vodorovnými noži je velká okamžitá střížná síla působící rázem na celou plochu stříhacích lišt. Při skutečném stříhání nevzniká čistý stříh, ale kombinovaná namáhání. Materiál je částečně ohýbán, čímž se mění průřez směrem k vyšším hodnotám, tím se zvětší střížná síla o 15 – 20%. Příklad stříhání rovnoběžnými noži je na obrázku 2.7.



Obr 2.7 Stříhání prosté rovnoběžnými noži [1]

Stříhání skloněnými noži

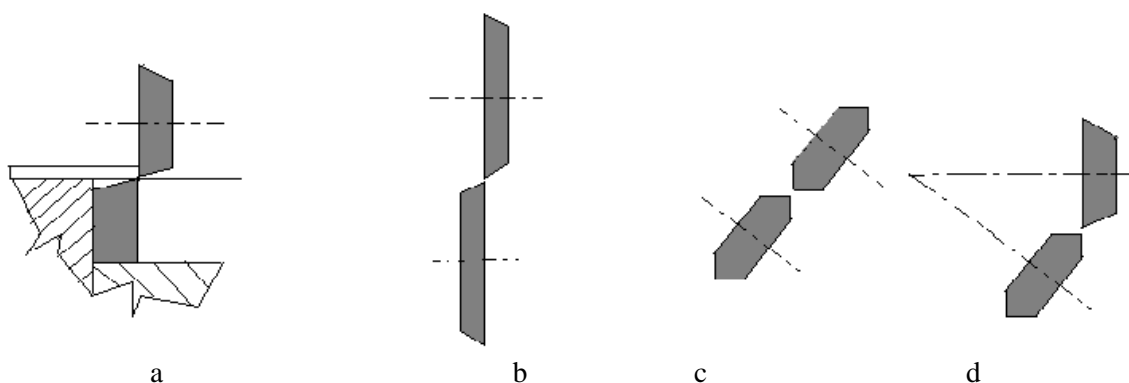
Stříhání šikmými, skloněnými, noži, které při stříhání svírají určitý úhel je výhodné proto, že se při tomto způsobu zmenší celková potřebná střižná síla oproti stříhání na rovných nožích. Materiál se stříhá postupně. Pro velikost střižné síly bude rozhodující velikost střižné hrany a tloušťky - plochy trojúhelníka (Obr. 2.8).



Obr. 2.8 Stříhání skloněnými, šikmými, noži [1], [16]
 (1 – horní pohyblivý nůž, 2 – dolní pevný nůž, 3 – stříhaný materiál)

Stříhání kruhovými noži

Pro podélné stříhání dlouhých pásů se staví nůžky kotoučové, kruhové. Je to střížný nástroj s odvalujícími se noži. Použití kruhových nožů (obr. 2.9) prodlužuje čas stříhu, ale snižuje rázy při stříhání. Sklon řezné hrany se mění od nejvyšší hodnoty v místě záběru do nuly. Kombinace dvojkuželového a válcového nože je určena pro stříh zakřivených tvarů, s výhodou skloněných os nástrojů. Na křivkové stříhání (obr. 2.9c) je potřeba zvolit průměr nožů co nejmenší. To umožňuje konstrukci nůžek s dlouhými rameny nesoucími kotouče, a tím i snadnou manipulaci se stříhaným materiálem. Speciálním nástrojem jsou kmitací nůžky. Slouží k ostříhování výlisků a k vystříhování drážek a děr. Maximální tloušťka materiálu je kolem 10 mm.

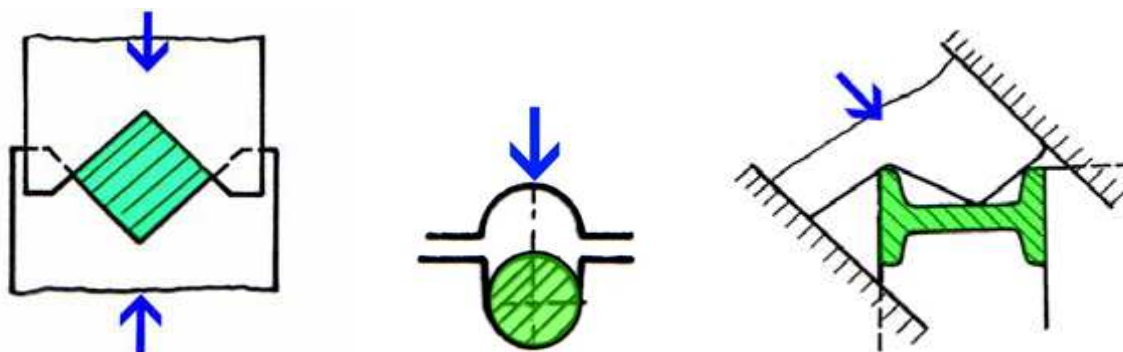


Obr.2.9 Uspořádání nožů kotoučových nůžek [16]

a) jednokotoučové (na ostříhávání tabulí), b) velké kotouče na přímé stříhy, c) malé kotouče na křivkové stříhy, d) šikmé nože

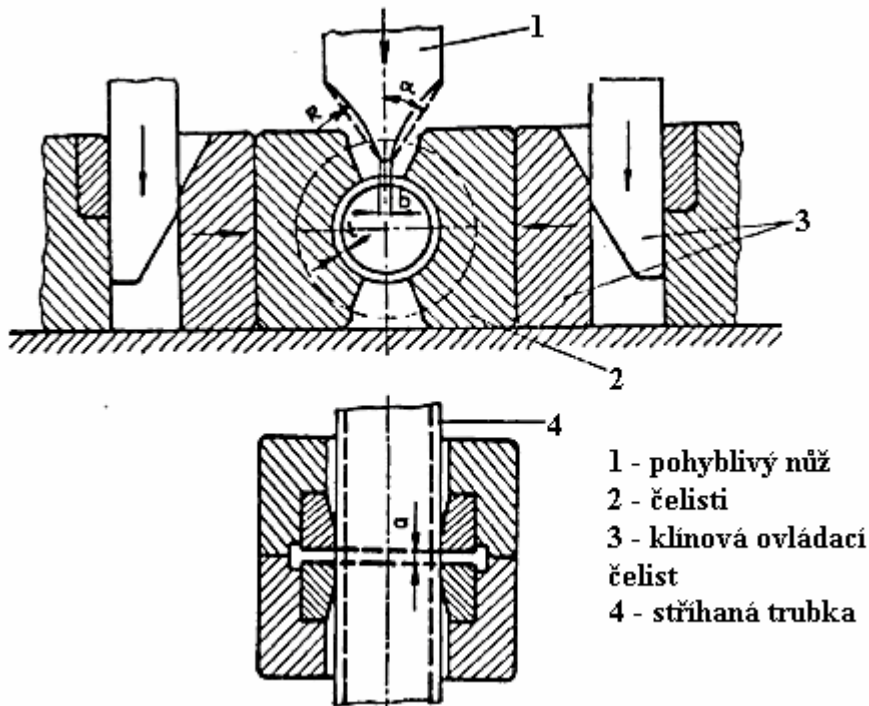
Stříhání noži na profily a tyče, trubky

Často se stříhá také profilový materiál, čtvercový, kruhový, profily, atd. Zatímco příčný průřez funkčních částí nástrojů zůstává ve všech případech zhruba beze změny, mění se podélný tvar podle účelu stříhu.



Obr. 2.10 Stříhání čtvercového, kruhového a profilového materiálu [16]

Při stříhání jakéhokoliv profilového materiálu platí zásada, aby přestříhovaná tloušťka v každém okamžiku byla téměř stále stejná. Této zásadě se potom přizpůsobuje obrys pohyblivého nože. Na obrázku 2.10 je ukázán tvar nože pro stříhání profilů a tvar nožů určený jednak pro stříhání čtvercových profilů, jednak tvar nožů pro stříhání kulatiny.



Obr. 2.11 Schéma stříhání tenkostěnné trubky [3]

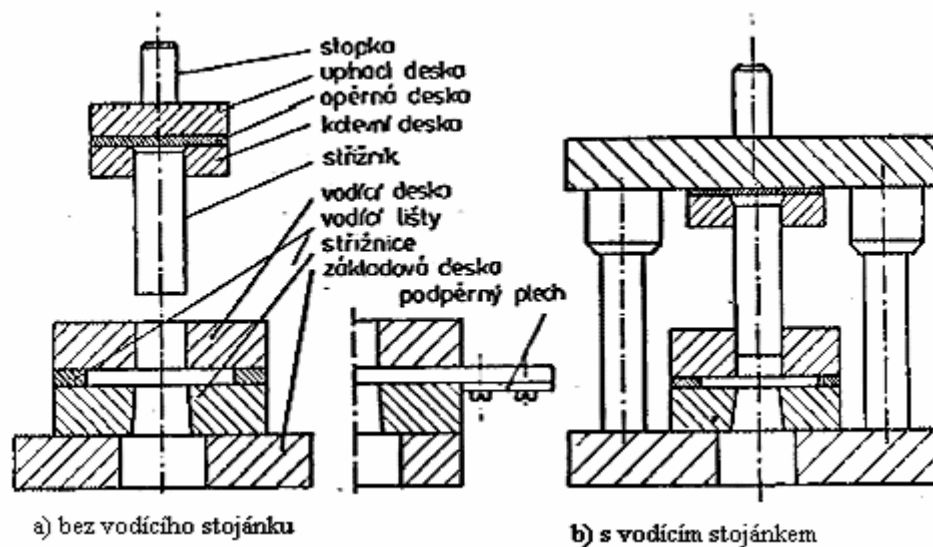
Při stříhání trubek, při jejich pokud možno minimálním zdeformování, má pohyblivá část nástroje tvar oblouků zakončených špičkou (obr. 2.11). Zašpičatělá část nejprve trubku propíchne, boky potom trubku stříhají tak, že výslednice sil na břitu směřuje kolmo vůči směru nejvyšší tuhosti. Střížná mezera není rovněž po celé délce stejná, od krajů směrem ke středu roste.

2.2.2. Stříhání na stříhadlech [3]

Ke stříhání na stříhadlech se používá střížný nástroj, jeho hlavními částmi jsou střížník a střížnice mezi kterými je střížná vůle, resp. střížná mezera m_s ($1/2$ střížné vůle). Nelze totiž bez zvláštních úprav postavit nástroj bez mezery kvůli nebezpečí havárie. Na docílení kvalitního výstřížku je důležitá optimální vůle mezi střížníkem a střížnicí. Jednostranná vůle bývá od 3 do 10 % tloušťky plechu v závislosti na tloušťce a pevnosti materiálu (s rostoucí pevností se vůle zvětšuje).

Střížné nástroje se dle požadavku na přesnost výstřížku dělí:

- Střížné nástroje bez vedení – pro méně přesnou výrobu s malými požadavky na kvalitu střížné plochy, hlavně pro výrobu malých a středně velkých výrobků vyráběných v kusové a malosériové výrobě. Vzájemnou polohu hlavních dílů (střížníku a střížnice) je zajišťuje pouze stojan a beran lisu.
- Střížné nástroje s vedením – vedení střížníku proti střížnici zajišťuje vodící deska.



Obr.2.12 Schéma střížného nástroje [3]

Dolní část nástroje skládající se ze základové desky, vodícího plechu, střížnice, vodící lišty a vodící desky (u nástroje s vedením) se nazývá – střížná skříň. Horní část obsahující stopku, upínací desku, opěrnou desku, kotevní desku a střížník se nazývá – upínací hlavice (obr. 2.12). Nástroje se střížnou skříní a hlavici jsou normalizovány (ČSN 22 6207) a jsou dodávány jako polotovary ke konečné úpravě.

Na obr. 2.12b je stříhadlo s vodícími sloupky, upevněné v základové desce, které zajišťují vedení střížníku do střížnice. Na upínací desku se upíná hlavice pro vodící stojánky se zakotvenými střížníky, které jsou obdobné jako hlavice pro střížné skříně. Základními funkčními částmi střížných nástrojů jsou střížník a střížnice

2.2.3 Zhodnocení konvenčního způsobu stříhání

Klasické stříhání ve stříhadlech má některé nedokonalosti procesu stříhání. Jsou to:

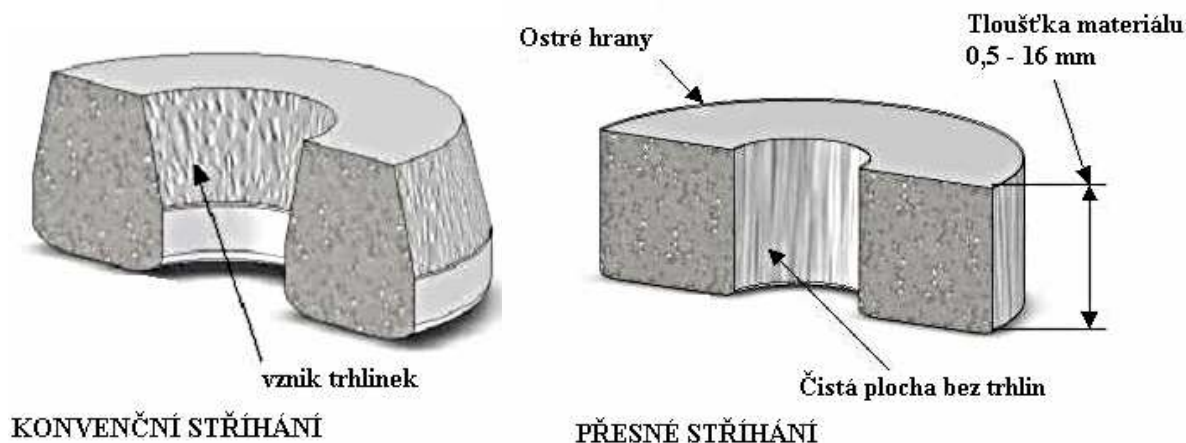
- drsnost střížné plochy, jež vzniká z větší části lomem materiálu
- malé zešikmení střížné plochy vlivem mezery mezi břity, jež se opotřebením stříhadla zvětšuje zeslabení tloušťky plechu podél střížné plochy.
- zvětšení šířky zpevnění materiálu do hloubky asi (0,1 až 0,2) tl. odchylky v rozměrech výstřížků způsobené výrobou a hlavně opotřebením stříhadla,
- zešikmení střížné plochy v malé míře i odpružení prohnutím některých výstřížků ohybovým momentem obou složek střížné síly.

2.2.4. Přesné stříhání

Při volném stříhání, jak je zmíněno v úvodu této kapitoly, je vlivem nerovnoměrného rozvoje plastické deformace plocha stříhu v mnohém směru nekvalitní. Vyšší geometrickou přesnost a kvalitu povrchu střížné plochy dosáhneme přeným stříháním. Způsobů přesného stříhání je celá řada, přičemž kritériem výběru je vždy druh požadované kvality nebo jejich kombinace.

Všechny metody, zlepšující jakost povrchu střížné plochy a zpřesňující stříhané rozměry se uvádějí pod společným označením - přesné stříhání.

Pro kvalitu výstřížku je velmi důležitá vůle (mezera) mezi střížníkem a střížnicí, neboť se zmenšující se mezerou se eliminují tahové složky napětí od ohybového namáhání a napjatost se blíží čistému smyku.



Obr. 2.13 Kvalita stříhu pro normální a přesné stříhání [10]

V zásadě metody přesného stříhání lze rozdělit na výrobu výstřížků:

- v jedné operaci
 - stříhání s zaoblenou střížnou hranou
 - stříhání se zkoseným přidržovačem,
 - reversní stříhání, stříhání se zápornou vůlí,
 - stříhání s nátláčnou hranou,
 - kalibrovací
- ve dvou operacích
 - přistříhování,

Popis jednotlivých způsobů přesného stříhání je uveden v následujících odstavcích. Podrobněji je pojednáno o zvolené technologii výroby bezpečnostního pásu – technologii přesného stříhání s nátláčnou hranou v kapitole 2.3.

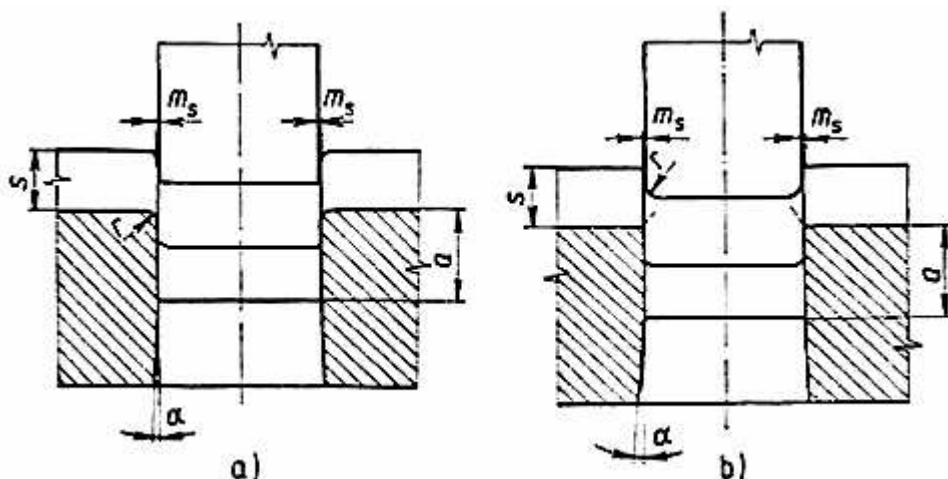
Stříhání se zaoblenou střížnou hranou

Při stříhání se zaoblenou hranou je vyhlazována střížná plocha zaobleným břitem střížnice nebo střížníku (obr. 2.14). Zaoblené hrany střížnice způsobí vysokou hladkost vnějšího obrysu, zaoblené hrany střížníku, hladkost vnitřního obrysu. Tato technologie je vhodná pro materiály s dobrou tvárností (měkké oceli, mosaz, hliník a jeho slitiny. V místě stříhu vzniká dvojosý stav napjatosti.

Zaoblení nástrojů se volí minimální. Velké zaoblení zvětšuje průhyb výstřížku a podporuje tvoření otřepů. Doporučené zaoblení je $r = 0,2$ s. Menší zaoblení se volí v místech s úzkými stěnami nebo výčnělky v obrysu stříhu.

Střížná vůle se doporučuje 0,01 až 0,025 mm. Nástroj musí tudíž dokonale zajišťovat vzájemnou polohu střížníku a střížnice.

Střížná síla je asi o 20 % větší než při prostém stříhání. Materiály vhodné pro tento způsob stříhání musí mít dobrou tvárnost. Přesnost výstřížků bývá IT 9 až IT 11. Jakost povrchu střížných ploch $R_a = 0,4$ až $0,8 \mu\text{m}$.

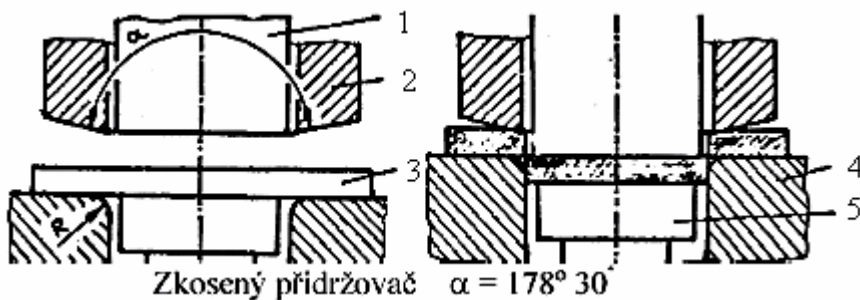


Obr. 2.14 Stříhání se zaoblenou hranou [11]

- a) zaoblená hrana střížnice – hladký vnější obrys
- b) zaoblená hrana střížníku – hladký vnitřní obrys

Stříhání se zkoseným přidržovačem

Tento málo používaný způsob vystřihování má na rozdíl od běžného vystřihování zkosený přidržovač (obr. 2.15) k vyvození dvojosého stavu napjatosti. Vrcholový úhel přidržovače [6] je $\alpha = 178^\circ 30'$, přičemž poloměr na střížné hraně střížnice [4] je $R \leq 0,01$ mm.



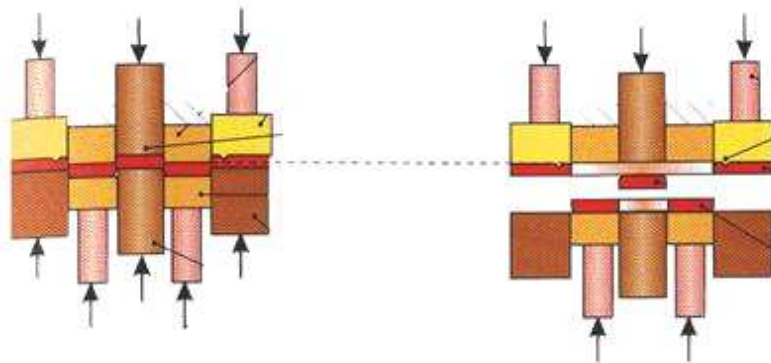
Obr. 2.15 Vystřihování se zkoseným přidržovačem [3]

a - výchozí poloha; b - konečná fáze stříhu

1 - střížník; 2 - přidržovač; 3 - střížnice; 4- vyhazovač; 5 - materiál

Reversní stříhání [12]

Reversní stříhání (obr. 2.16) je založeno na sevření polotovaru tak, že se neprojevují tahové složky napjatosti. Reverzní vystřihování, nahrazuje přesné vystřihování na trojčinných lisech a odstraňuje možnosti tvoření otřepů. Proces stříhání se rozpadá na dvě oddělené fáze. V první fázi se plech vystřihuje jen potud, pokud materiál teče v rozmezí plastické deformace. Ve druhé fázi se materiál v opačném směru prostřihne. U reverzního vystřihování se využívá deformace s tečením materiálu současně z obou stran a shora i ze spodní strany vzniká hladká střížná plocha. Princip přesného vystřihování na reverzním stříhadle je patrný z obr. 2.16. Materiál je sevřen mezi obě části nástroje.

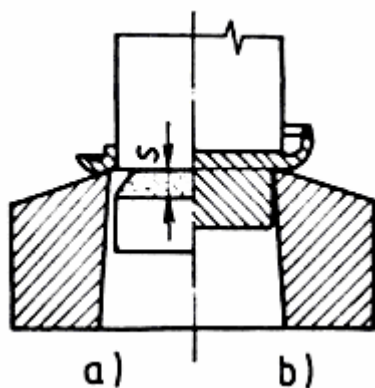


Obr. 2.16 Reversní stříhání [12]

V první fázi a se provede nástřih do hloubky 25 % tloušťky stříhaného materiálu. Ve druhé fázi b se směr stříhu reverzuje (obrací) a provede se vlastní stříh. Výstřížky mají charakteristické zaoblení (stažení hrany) z obou stran a jsou bez ořepu. Přesné vystříhování na uvedeném zařízení lze provádět do tloušťky 3,5 mm bez tlačných hran a pro tloušťky větší než 3,5 mm s tlačnými hranami.

Přistříhování

Princip přistříhování je oddělování malého množství kovu ze střížné plochy. Cílem je dosažení větší přesnosti a kvality povrchu střížné plochy. Technologie není vhodná pro velkosériovou výrobu.



Obr. 2.17 Přistříhování

a) s kladnou vůlí

b) se zápornou vůlí

Podle konstrukce funkčních částí lze stříhat:

- přistříhování se zápornou vůlí (střížník přesahuje střížnici),
- přistříhování s kladnou vůlí (střížník je menší než střížnice).

V první operaci se vystříhne výstřížek v běžném střížném nástroji s přídatkem na přistříhování (tab. 2). V další operaci se odstříhne tento přídatek v přistříhovacím nástroji. Přistříhování lze teoreticky srovnat s protahováním trnu o jednom zubu (obr. 2.17).

Při přistříhování se musí dbát na to, aby byl směr přistříhování shodný s předchozím stříháním (tříska se musí začít stříhat na straně největšího přídatku, jinak se předčasně vylamuje). Pro přistříhování se používá obvykle jedná operace. Výjimečně se u tlustších součástí používá několik operací.

Jakostnější prostříhovací plocha vzniká při přistříhování se zápornou střížnou vůlí. Střížník v poslední fázi stříhu podpírá oddělovaný materiál a tím znesnadňuje předčasné

vytržení materiálu. Výstřížek není otvorem střížnice protlačen najednou, ale až v následujícím zdvihu dalším polotovarem. Mezera mezi čelem střížníku a čelem střížnice v dolní úvratí bývá 1 až 2,5 násobku tloušťky přídavku na přistřižení, min. 0,1 až 0,2 mm.

Pro přistřižování jsou vhodné tvrdé a polotvrdé nelegované oceli (např. 11 523). Méně vhodné jsou oceli měkké a oceli chromové (např. 14 120, 14 220), úplně nevhodné jsou oceli chrommolybdenové. Lze přistřižovat i mosaz (minimálně 70% Cu) a hliníkové slitiny.

Dosažitelná jakost střížných ploch u vhodných materiálů bývá v rozsahu $R_a = 0,6$ až $1,6 \mu\text{m}$. Při přistřižování je celková střížná síla větší o třecí sílu

$$F_t = S \cdot p \quad [\text{N}] \quad (2.7)$$

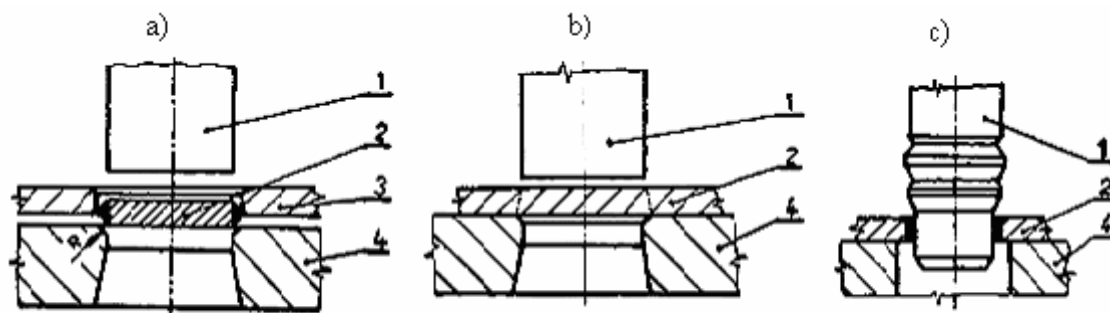
kde S je střížná plocha, p - tlak (volí se v rozmezí 10 až 50 MPa) [2].

Tab. 2 Přídavky na přistřižování

| Tloušťka plechu s [mm] | Přídavek na přistřižování [mm] | |
|--------------------------|--------------------------------|--------------|
| | kladná vůle | záporná vůle |
| 1 | 0,040 | 0,110 |
| 1,5 | 0,050 | 0,150 |
| 2 | 0,065 | 0,190 |
| 2,5 | 0,08 | 0,240 |
| 3 | 0,09 | 0,290 |
| 3,5 | 0,110 | 0,330 |
| 4 | 0,130 | 0,360 |
| 4,5 | 0,150 | 0,380 |
| 5 | 0,160 | 0,400 |

Kalibrování

Metoda zlepšení rozměrové přesnosti a kvality povrchu. U vnějších povrchů výstřížek protlačován zaoblenou střížnicí. U vnitřních povrchů otvorem protlačován trn. Přídavek na kalibrování se pohybuje v rozmezí 0,15 až 0,40 mm.



1-střížník, 2-polotovar, 3-základní deska, 4-střížnice

Obr. 2.18 Kalibrování [3]

a, b) kalibrování vnějšího obrysu, c) kalibrování obrysu

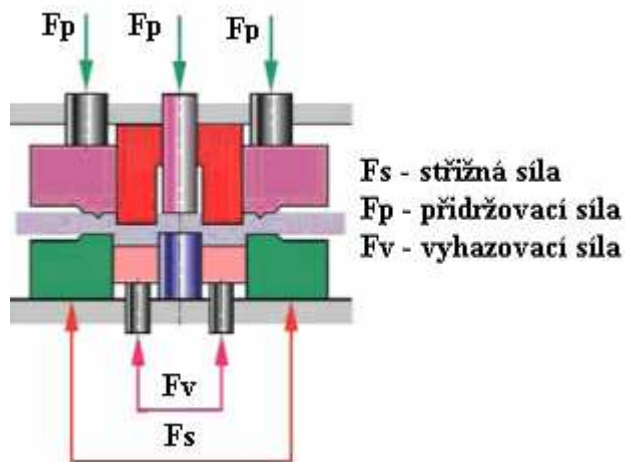
Poloměr zaoblení střížnice se dělá podle tloušťky materiálu v rozmezí 0,5 až 1,5 mm. Při kalibrování otvoru má trn jednu nebo více kalibrovacích ploch o šířce 1 až 3 mm a jejich výběh a náběh je pod úhlem 5° .

Kalibrování je méně přesné než přistříhování z důvodu vyšších sil a odpružení. Povrch součásti je po kalibrování zpevněn.

Přesné stříhání s nátláčnou hranou

Při stříhání s nátláčnou hranou je stříhaný materiál v počáteční fázi sevřen mezi přidržovačem, střížnicí, střížníkem a vyhazovačem (obr. 2.19) a nátláčná hrana je vtlačena do materiálu ještě před vlastním stříhem. Materiál se tudíž při vystříhování neprohýbá a radiální složka tečení je zachycována nátláčnou hranou. Vlivem tlakových napětí se pásmo plastického stříhu rozšiřuje přes celou tloušťku materiálu.

Lisy pro přesné stříhání s nátláčnou hranou jsou speciální trojčinné lisy se samostatným ovládním všech tří hlavních pohybů. Drsnost střížné plochy odpovídá $R_a = 0,4$ až $1,6 \mu\text{m}$. Je dosahována rozměrová přesnost ve stupni IT6 až IT 9.



Obr. 2.19 Přesné stříhání s nátláčnou hranou [10]

2.2.5 Zhodnocení přesného stříhání

Zabránit nedokonalostem konvenčního stříhání uvedených v kapitole 2.2.3 je možné tzv. přesným stříháním. Přesné stříhání je sice podobné normálnímu nebo nůžkovému stříhu, dovoluje ovšem sériovou výrobu přesných dílů bez natržených nebo roztržených střížných ploch bez dodatečného opracování, a díly lze vyrábět při integraci tvářecích a razících operací do jednoho pracovního procesu. Tří – silový princip v nářadí a lisu, použitý u přesného stříhání a u kombinovaného přesného stříhání a tváření, zaručuje velmi vysokou přesnost rozměru, rovinnosti a tvaru, takže ani u velmi náročných přesných dílů pro mechanicko/elektromechanické pohony a převody nejsou potřeba žádné další obráběcí a dokončovací činnosti.

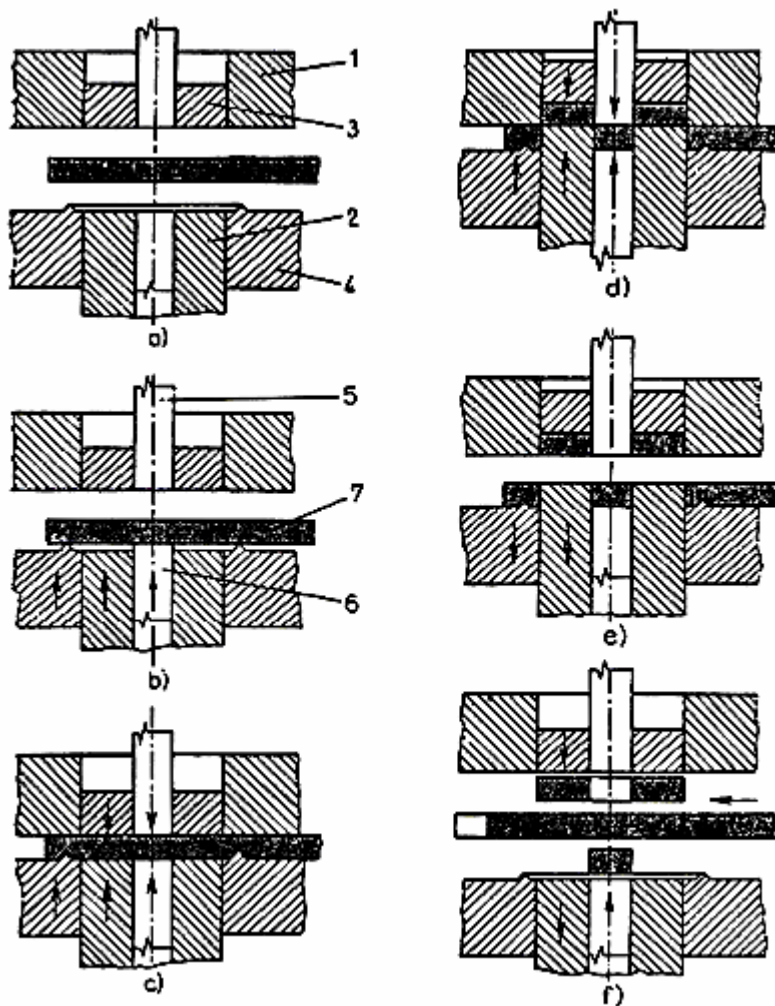
Zvýšené výrobní náklady u přesného stříhání lze korigovat výrobou ve velkých sériích. Za minimální výrobní sérii pro hospodárnost přesného stříhání se považuje dle [5] 40 000 kusů součástí, což v našem případě výroby při počtu součástí 1 000 000 kusů je dostatečně splněno.

Je tedy vhodné volit při požadavku snížení nedokonalosti střížného procesu pro zachování požadované jakosti výstřížku i při splnění ekonomické efektivity výroby technologií přesného stříhání, a to přesné stříhání s nátláčnou hranou.

2.3. TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ S NÁTLAČNOU HRANOU [2], [4]

2.3.1. Princip přesného vystřihování

Dříve než dojde k vlastnímu stříhu se do materiálu procházejícího nástrojem zatlačí tlačná hrana, která je zhotovena na čelní ploše tlačné desky podél stříhaného obvodu. Při procesu stříhání je stříhaný materiál sevřen mezi střižník a vyhazovač a současně je vně obrysu stříhu sevřen tlačnou deskou a střižnicí. Toto důkladné sevření zabrání vzniku ohybového momentu a tím prohnutí stříhaného plechu. Postup přesného vystřihování kruhové podložky na trojčinném lisu se spodním pohonem (obr. 2.20) se skládá ze šesti elementárních fází.



Obr. 2.20 Schéma postupu při přesném vystřihování [4]

a - výchozí poloha; b, c - fáze stříhu; d - vystřižený materiál; e - rozevření nástroje;

f - vyhození výstřížku a posuv

1 - střižnice; 2 - střižník; 3 - vyhazovač; 4 - přidržovač; 5 - střižník 6 - vyhazovač; 7 - materiál

Výchozí fáze a: horní část nástroje je v základní poloze a jeho spodní část v dolní, mrtvé poloze. Přitom funkční části nástroje - střižník 2,5, střižnice 1, vyhazovač 3,6 a přidržovač 4 - jsou v jedné rovině. Pruh nebo pás stříhaného plechu 7 se nachází mezi horní a spodní částí nástroje.

Ve fázi b postupuje beran lisu nahoru, přičemž tlačná hrana přidržovače tlačí před sebou výchozí materiál.

Ve fázi c začíná stříhání. Tlačná hrana je zalisována do materiálu, který je sevřen mezi střížnicí a přidržovačem a současně mezi střížníkem a vyhazovačem. Vyhazovač klade odpor postupujícímu střížníku.

Ve fázi d stříh končí. Součást je prostřížena a nachází se ve střížnici. Důležitým momentem v této fázi je, že střížník 2,6 neprochází do střížnice 1 a střížníku 2.

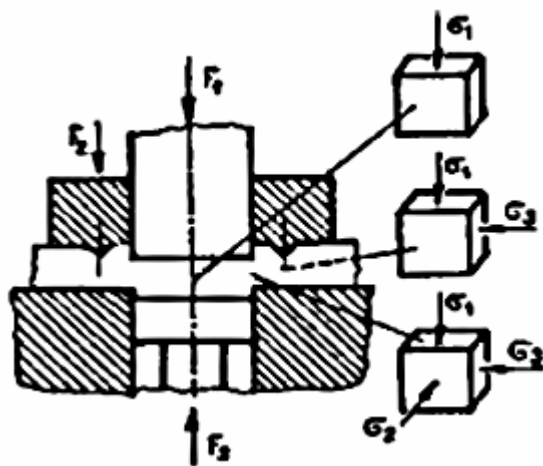
Fáze e je rozevření nástroje. Spodní část nástroje se pohybuje směrem dolů, a tím uvolňuje prostřížený materiál.

V konečné fázi f je prostřednictvím vyhazovače 3 a střížníku 2 vyhozen výstřížek z horní části nástroje a odpad ze spodní části nástroje. Výstřížek a odpad jsou z pracovního prostoru lisu odstraněny stlačeným vzduchem.

2.3.2 Napjatostní stavy při stříhání s nátláčnou hranou [5], [7]

Při přesném vystříhování se pásmo plastického stříhu rozšiřuje přes celou tloušťku materiálu. Protože plastické vlastnosti kovů závisí na stavu napjatosti, je nutné zkoumat, jaká schémata hlavních napětí jsou v různých částech tvářeného materiálu. Všeobecně platí, že se vzrůstajícím podílem tlakových napětí roste schopnost materiálu plasticky se deformovat a naopak velká tahová napětí porušují soudržnost materiálu a způsobují vznik trhlin.

V materiálu vznikají při přesném vystříhování tři oblasti s různými schématy napjatosti (obr. 2.21). Nejvýhodnější rozložení hlavních napětí je právě v oblasti stříhu, kde vzniká tříosá tlaková napjatost. Je to oblast všestranného tlaku, vylučující vznik trhlin a podporující průběh čistě plastického stříhu. Mechanika přesného vystříhování se přibližuje dopřednému protlačování. Rozhodující vliv na střížný proces při přesném vystříhování má napjatost zejména ve střížné oblasti.



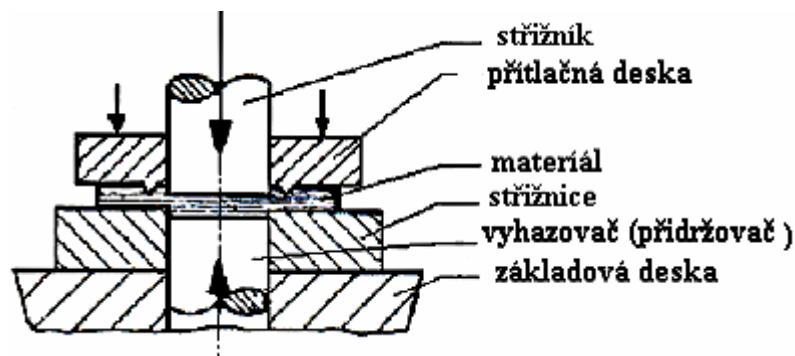
Obr. 2.21 Schéma napjatosti při přesném stříhání [5]

2.3.2 Vliv rychlosti deformace a teploty na střížný proces [2]

Vliv rychlosti deformace a teploty není tak významný, neboť rychlost deformace nesmí překročit hranici $15 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Tím je rázové namáhání nástroje sníženo na minimum. V průběhu operace přesného vystříhování se práce vykonaná ve střížné oblasti plynule mění v teplo. Protože v průběhu stříhací operace nedochází k žádnému přerušování (přestávce), jako je lom ve střížném pásmu, je vyvinuté teplo ekvivalentní teplu vzniklému při běžném vystříhování. Nízké rychlosti stříhání umožňují, aby se teplo ze střížného pásma rozptýlilo do okolního materiálu. Tím je tepelné pnutí na střížné hraně sníženo a opotřebení střížníku a střížnice je minimální. Tepelné pnutí lze v některých případech snížit i použitím mazacího oleje vhodného pro střížné operace.

2.3.3 Princip nástroje pro přesné stříhání

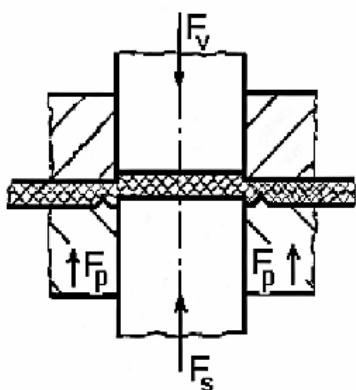
Nástroj pro přesné stříhání má čtyři funkční díly, jejichž funkce musí být dokonale sladěna. Jsou to střížník, střížnice, přitlačná deska s tlačnou hranou a vyhazovač (přidržovač).



Obr. 2.22 Princip nástroje [4]

2.3.4 Síly působící na střížném nástroji, střížná práce [5], [4]

Každá hlavní pohyblivá funkční část nástroje vyvozuje sílu, jejíž směr je uveden na obr. 2.23. Velikost těchto sil se určuje s ohledem na druh a tloušťku stříhaného materiálu a tvar stříhané součásti.



Obr. 2.23 Síly působící na nástroj [2]

- F_s - Síla na střížníku
- F_p - Síla na přitlačné desce
- F_v - Síla na vyhazovači

Síly působící na střížném nástroji

Síla na střížníku F_s :

$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_s \quad [N] \quad (2.8)$$

S – plocha stříhu, [mm²]

l – délka stříhu [mm]

s – tloušťka stříhaného materiálu [mm]

τ_s – střížný odpor ($\tau_s = 0,8 \cdot R_m$) [MPa]

Síla na přitlačné desce F_p :

$$F_p = k_p \cdot L_n \cdot h \quad [N] \quad (2.9)$$

L_n – délka nátláčné hrany [mm]

h – výška nátláčné hrany [mm]

k_p – odpor materiálu proti vtlačení tlačné hrany [MPa]
(pro přibližný výpočet: $k_p = 4 \cdot R_m$)

Síla na vyhazovači F_v :

$$F_v = S_v \cdot p \quad [N] \quad (2.10)$$

S_v – plocha přesně stříhané součásti [mm²]
 p – měrný tlak (volí se $p = 30$ až 70 MPa) [MPa]

Celková síla potřebná pro určení velikosti lisu je dána vztahem:

$$F_c = F_s + F_p + F_v \quad [N] \quad (2.11)$$

kde F_s je síla střížníku, která vykonává vlastní střížnou práci.

F_p je síla na přítlačné desce, která způsobuje zatlačení tlačné hrany do stříhaného materiálu. Způsobuje sevření materiálu vně křivky stříhu mezi přítlačnou deskou a střížnicí.

F_v je síla na vyhazovači. Vyvozuje tlak proti střížné síle a spolu s ní svírá materiál uvnitř křivky stříhu.

2.4. TECHNOLOGICKÉ PODMÍNKY PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ

2.4.1. Střížná vůle [5]

Střížná vůle má největší vliv na kvalitu střížné plochy a na rozměry budoucího výstřížku, nebo přímo ovlivňuje směr smykového napětí, které způsobuje oddělení materiálu. Malá vůle způsobuje, že smykové napětí působí kolmo na stříhaný materiál.

Střížná vůle je u přesného vystřihování přibližně 10 krát menší než u běžného vystřihování. Velikost střížné vůle závisí na pevnosti stříhaného materiálu a jeho tloušťce. Pro výpočet střížné vůle existuje mnoho empirických vztahů, které vykazují značné rozdíly. Všeobecně platí, že střížná mezera je rovna 0,5 % tloušťky stříhaného materiálu [5].

Výpočtem lze stanovit hodnotu střížné vůle podle vzorců sestavených na základě praktických zkušeností:

- pro plechy tloušťky $s \leq 3$ mm

$$v = 2 \cdot m_s = c \cdot s \cdot 0,32 \sqrt{\tau_s} \quad (2.12)$$

- pro plechy tloušťky $s \geq 3$ mm

$$v = 2 \cdot m_s = (1,5 \cdot c \cdot s - 0,0015) \cdot 0,32 \sqrt{\tau_s} \quad (2.13)$$

v - střížná vůle [mm]

m_s - střížná mezera [mm]

s - tloušťka materiálu [mm]

τ_s - střížný odpor $(0,8 \div 0,86)R_m$ [MPa]

c – koeficient závislý na druhu stříhání, jeho hodnota pro přesné stříhání je $7 \cdot 10^{-4}$

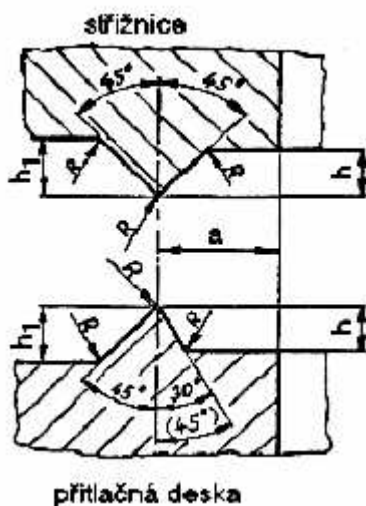
Pro běžnou praxi lze brát střížnou vůli asi 0,5% tloušťky materiálu:

$$v = \frac{5 \cdot s}{1000} \quad (2.14)$$

2.4.2 Tvar, poloha a rozměry nátláčné hrany [2], [4]

Tvar, poloha a rozměry tlačné hrany ovlivňují kvalitu střížné plochy a životnost nástrojů. Je-li vzdálenost od křivky stříhu příliš velká, je velká i spotřeba materiálu a účinek tlačné hrany se snižuje. Naproti tomu malá vzdálenost tlačné hrany od křivky stříhu omezuje vliv tlačné hrany a tím snižuje kvalitu střížné plochy. Tlačná hrana musí sledovat tvar výstřížku. Pro tloušťky do 4 mm se používá jen jedna tlačná hrana na přidržovači a pro tloušťky nad 4 mm se používají dvě tlačné hrany na přidržovači i na střížnici. Jsou-li přidržovač i střížnice opatřeny tlačnými hranami, je hloubka vniku rovna součtu výšek obou tlačných hran. Pro rozměry tlačných hran do tlouštěk ocelového plechu 10 mm lze použít hodnoty z tabulky 3. Úhly α a β mají následující hodnoty:

pro s do 4 mm $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$,
 pro s nad 4 mm $\alpha = 45^\circ$, $\beta = 45^\circ$.



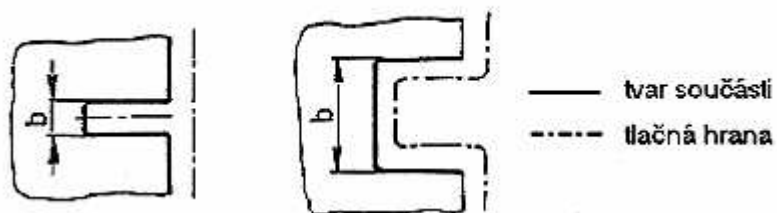
Obr. 2.24 Tvar nátláčné hrany [4]

Tab. 3 Tabulka hodnot pro nátláčnou hranu [4]

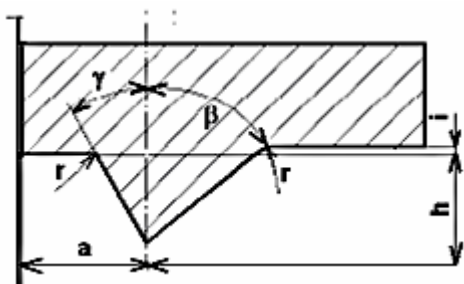
| Tloušťka mat. [mm] | a | h | h ₁ | R |
|--------------------|------|------|----------------|------|
| 0,5 | 0,50 | 0,20 | 0,25 | 0,04 |
| 0,8 | 0,60 | 0,25 | 0,30 | 0,05 |
| 1,0 | 0,70 | 0,30 | 0,35 | 0,06 |
| 1,2 | 0,80 | 0,30 | 0,35 | 0,06 |
| 1,5 | 1,00 | 0,35 | 0,40 | 0,07 |
| 1,8 | 1,20 | 0,40 | 0,45 | 0,08 |
| 2,0 | 1,40 | 0,40 | 0,45 | 0,08 |
| 2,2 | 1,50 | 0,40 | 0,45 | 0,08 |
| 2,5 | 1,75 | 0,40 | 0,45 | 0,08 |
| 3,0 | 2,10 | 0,45 | 0,50 | 0,09 |
| 3,5 | 2,50 | 0,45 | 0,50 | 0,09 |
| 4,0 | 2,80 | 0,50 | 0,55 | 0,10 |
| 4,5 | 3,20 | 0,50 | 0,55 | 0,10 |
| 5,0 | 3,70 | 0,55 | 0,60 | 0,11 |
| 5,5 | 4,00 | 0,60 | 0,65 | 0,12 |
| 6,0 | 4,20 | 0,60 | 0,65 | 0,12 |
| 6,5 | 4,40 | 0,65 | 0,70 | 0,13 |
| 7,0 | 4,60 | 0,65 | 0,70 | 0,13 |
| 7,5 | 4,80 | 0,70 | 0,75 | 0,14 |
| 8,0 | 5,00 | 0,70 | 0,75 | 0,14 |
| 8,5 | 5,25 | 0,70 | 0,75 | 0,14 |
| 9,0 | 5,50 | 0,80 | 0,85 | 0,16 |
| 9,5 | 5,75 | 0,80 | 0,85 | 0,16 |
| 10,0 | 6,00 | 0,85 | 0,90 | 0,17 |

Pro komplikované tvary je nutno dodržet následující podmínky (obr. 2.25):

- pro zářezy o šířce $b \leq 15 \cdot h$ není tlačná hrana vedena podél obrysu stříhu
- pro zářezy o šířce $b \geq 15 \cdot h$ tlačná hrana je vedena podél stříhaného obrysu



Obr. 2.25 Poloha tlačné hrany [4]

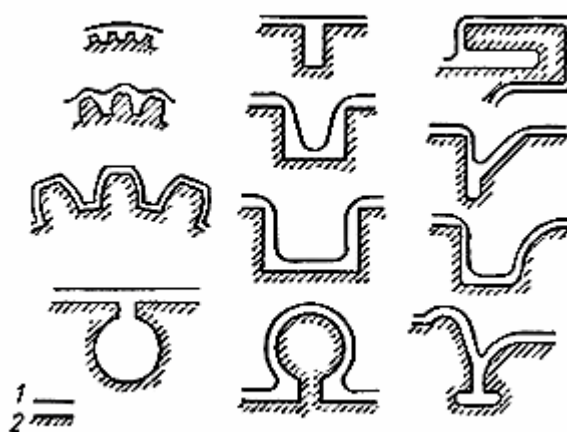


| Firma | s_0 [mm] | a [mm] | h [mm] | i [mm] | γ [°] | β [°] |
|------------------|----------------------------|--|------------------|-----------|-----------------|----------------|
| FEINTOOL | 1 - 4* | $(1,0-1,5) s_0$ | $(0,33-0,5) s_0$ | 0,05 | 30 - 40 | 40 - 45 |
| MAYPRES | 1 - 4* | $0,7 s_0$ | $0,2 s_0$ | 0,05 | 40 | 40 |
| E.A.POPOV | | $(0,6-0,7) s_0$ | $(0,1-0,2) s_0$ | 0,05-0,1 | 30 | 45 |
| HEINDRICH-SCHMID | 3 - 5 od 4 mm obě hrany | $(0,5-2,0) s_0$ $c = (0,3 - 1,0) s_0$ | | 0,0 | 40 | 40 |
| SCHMÖCKEA | | $(0,6-1,2) s_0$ | $(1/6-1/3) s_0$ | | | |

Obr. 2.26 Doporučené geometrie nátláčnej hrany od různých firem [7]

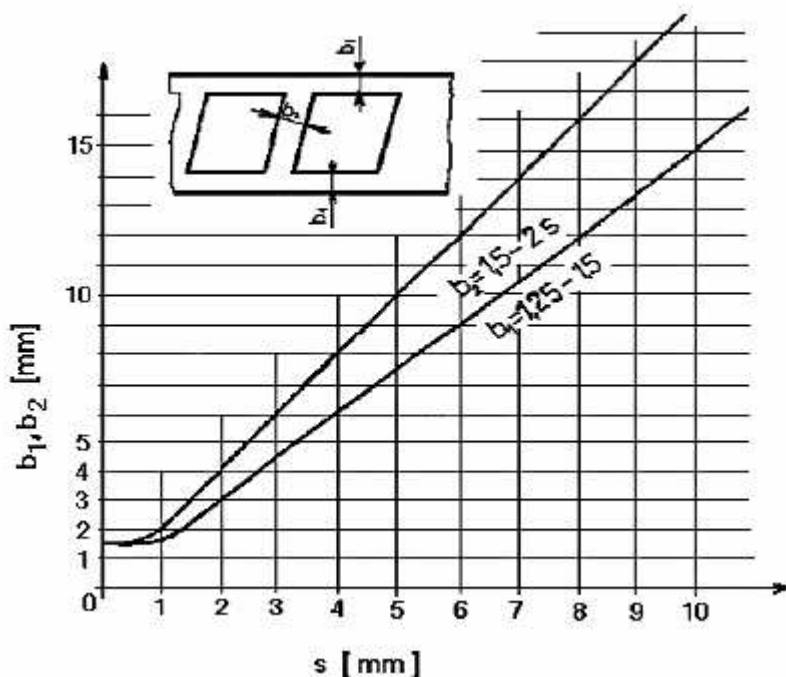
Obr. 2.27 Umístění nátláčnej hrany při členitém obrysu výstřížku

- 1- nátláčnej hrana,
2 – obrys výstřížku



2.4.3. Velikost postranního odpadu a šířky můstku [1], [5]

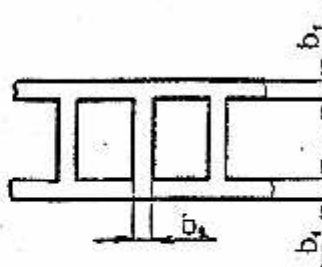
Postranní odpad a šířka můstku musí být při přesném vystřihování větší než při běžném vystřihování. Důvodem je nutný prostor pro zatlačení tlačné hrany do materiálu. U tvrdých materiálů je zapotřebí větších šířek postranních odpadů a můstku než u měkkých materiálů, neboť jinak nelze vyvodit dostatečný tříosý stav napjatosti. Současně se požaduje tuhost okraje plechu.



Obr. 2.28 Velikost můstku a postranních odpadů podle firmy Feintool [10]

Velikost postranního odpadu a můstku je přímo závislá na kvalitě střížných ploch. Hodnoty pro postranní odpad a můstek podle různých firem jsou určeny na obr. 2.28 a 2.29. Obecně platí, že šířka pásu nebo pruhu plechu je rovna šířce součásti zvětšené o 3 až 4 tloušťky plechu [5].

| Tloušťka materiálu [mm] | b_2 [mm] | b_1 [mm] |
|-------------------------|------------|------------|
| 0,5 | 2 | 1,5 |
| 1 | 3 | 2 |
| 1,5 | 4 | 2,5 |
| 2 | 4,5 | 3 |
| 2,5 | 5 | 4 |
| 3 | 5,5 | 4,5 |
| 3,5 | 6 | 5 |
| 4 | 6,5 | 6 |
| 5 | 7 | 7 |
| 6 | 8 | 7,5 |
| 8 | 10 | 9 |
| 10 | 12 | 10 |
| 12,5 | 15 | 11 |
| 15 | 18 | 14 |



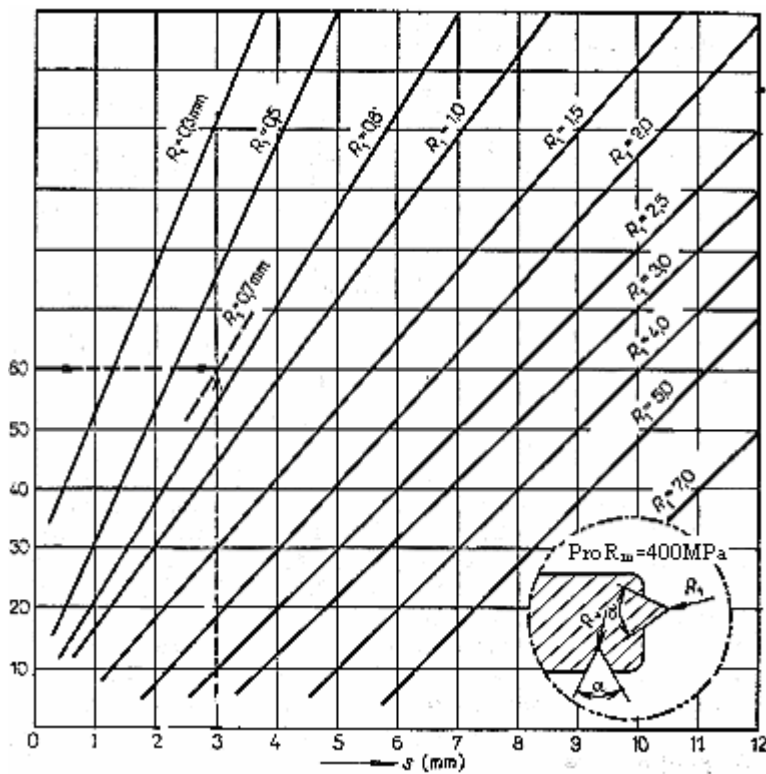
Obr. 2.29 Velikost můstků a postranních odpadů podle firmy Hydrel [4]

2.4.4. Technologičnost tvaru součástí [2], [10]

Součásti pro přesné vystřihování musí vyhovovat nejen požadavkům, které jsou dány použitím a provozními podmínkami, ale také technologičností konstrukce. Technologičnost konstrukce součásti, tj. výrobu součásti při minimálních výrobních nákladech, lze zajistit respektováním tvaru součásti podle následujících poznatků a doporučení.

Poloměry rohů a hran vystřihovaných částí

Při návrhu konstrukce součástí vyráběných přesným vystřihováním je nutné volit optimální velikosti poloměrů rohů a hran, zejména u vyčnívajících částí. Ostré rohy a hrany součástí snižují životnost nástroje a zejména kvalitu střížných ploch. V místech ostrých rohů vznikají ve střížné ploše trhlinky. Optimální velikost poloměrů rohů a hran závisí na vrcholovém úhlu, na tloušťce plechu a na pevnosti materiálu. K orientačnímu určení optimální hodnoty poloměrů rohů a hran vystřihovaných částí u materiálu slouží různé grafy např. pro ocel s pevností $R_m = 400 \text{ MPa}$ viz obr. 2.30. Pro materiály o vyšší pevnosti se poloměry příslušně zvyšují. Vnější poloměry se odečítají přímo z diagramu a vnitřní poloměr je přibližně 60 % hodnoty poloměru vnějšího. Z průběhu diagramu na obr. 2.30 je patrné, že čím je vrcholový úhel menší a pevnost materiálu a tloušťka větší, tím musí být poloměry rohů a hran větší.



Obr. 2.30 Optimální velikost poloměrů rohů a hran vystřihovaných částí [2]

Minimální průměr otvoru a minimální šířka drážky [2]

Tuhá konstrukce nástrojů pro přesné vystřihování, pomalu probíhající střížný proces a vyhození odpadu po každém zdvihu umožňují vystřihování otvorů a drážek, které jsou menší, než je tloušťka plechu. Limitujícím faktorem minimálních rozměrů otvorů a drážek je především životnost funkčních částí. Pro orientační určení minimálního průměru otvoru a minimální šířky drážky platí tab. 4. Hodnoty jsou určeny pro materiál o pevnosti

$R_m = 400 \text{ MPa}$. U materiálů s vyšší pevností, kde střížné tlaky vzrůstají, je nutno minimální průměr otvoru a šířky drážky zvětšit.

Tab. 4. Minimální průměr otvoru d a minimální šířka drážky b [2]

| Tloušťka plechu s | Minimální průměr otvoru d | Minimální šířka drážky b |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------|
| do 3 mm | 60 % s | 65 % s |
| nad 3 mm | 70 % s | 80 % s |

Vzdálenost mezi otvory a drážkami [2]

U členitých součástí s mnoha otvory a drážkami je nutné správně zvolit vzdálenosti mezi jednotlivými otvory a drážkami. Příliš malé vzdálenosti zhoršují kvalitu střížných ploch a snižují životnost nástroje. Minimální vzdálenost mezi otvory a drážkami závisí na pevnosti a tloušťce materiálu.

Tvar ozubení [2], [10]

Mezi nejčastější aplikací přesného vystřihování patří výroba ozubených kol, segmentů a ozubených hřebenů pro součásti kancelářských strojů, časoměrných přístrojů a opticko-mechanických přístrojů. Tvar ozubení závisí na mnoha činitelích. Především jsou to tloušťka a pevnost materiálu. Na zuby střížníku působí vedle tlakových napětí také ohybová napětí. Ta způsobují v mezních případech odlamování zubů. Průměrné tlakové napětí zubu střížníku nesmí u menších ozubení překročit 1 200 MPa. Střední tlakové napětí bude

$$\sigma_{dov} = \frac{F_1}{S_z} = 1,74 \frac{s\tau}{m_z} \quad [MPa] \quad (2.15)$$

kde F_1 je střížná síla na jeden zub [N]
 m_z je modul zubu [mm]
 S_z je průřez zubu [mm²]

V případě, že šířka zubu měřená na roztečné kružnici je menší než tloušťka plechu, jsou zuby velmi namáhány. Minimální hodnota šířky zubu na roztečné kružnici, aby se součást dala vyrábět přesným vystřihováním, je 60 % tloušťky materiálu. Minimální hodnoty pro modul m_z v závislosti na tloušťce materiálu a obtížnosti stříhání dle firmy Feintool jsou uvedeny v příloze 1.

Vystupující stojiny a ozuby [2]

U součástí, které mají po střížném obvodu výčnělky, popř. ozuby, je nutné dbát na určení jejich optimálních hodnot, jinak se snižuje životnost nástroje a zhoršuje kvalita střížné plochy. Střížník pro výrobu uvedených součástí je značně namáhán, poněvadž u venkovního tvaru vznikají větší boční síly a průběh napětí na přechodu je většinou nepříznivý. Výčnělky a stojiny lze srovnat s ozubením

Tvarový přechod [4]

U součástí s tvarovým přechodem vznikají rozdílná tlaková napětí během střížného procesu, a tedy průběh napětí je nepříznivý. V důsledku snížené meze únavy vzniká velké nebezpečí lomu. K zamezení velkých rozdílů v napětí je nutné, aby tvarový přechod probíhal plynule, tj. bez náhlých změn. V opačném případě se zhoršuje kvalita stříhané plochy a snižuje životnost funkčních částí nástroje.

Stažení hran a tvoření otřepu [2], [10]

Stažení hrany podél střižného obvodu kolísá. Pro výšku stažení hrany platí následující pravidla:

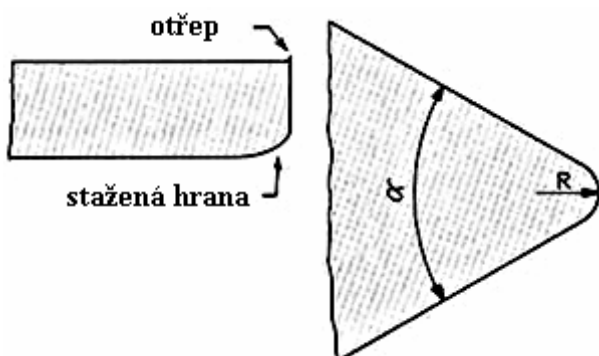
- U prímých tvarů je stažení hrany menší než 10 % tloušťky materiálu.
- U zakřivených tvarů může stažení hrany činit až 20 % tloušťky materiálu.
- U extrémně nepříznivých tvarů, např. ostré zuby, hroty apod., jejichž zubová šířka je menší než tloušťka materiálu, může stažení hrany činit maximálně 30 % tloušťky materiálu.
- U měkkého materiálu je stažení hrany větší než u tvrdého materiálu.

Výška otřepu závisí na pevnosti a tloušťce stříhaného materiálu a na stavu střižných hran střižnice a střižníku (tab. 5). Výška otřepu není tak rozhodující jako šířka. Otřep se širší základnou vzniká při stříhání se zaoblenými hranami střižnice.

Tab. 5. Výška otřepu při přesném vystřihování [2]

| | Tloušťka materiálu s (mm) | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------------|-----|-----------|-----|---------|-----|---------|-----|-----------|-----|---------|-----|---------|-----|----------|-----|
| | do 0,4 | | 0,4 - 0,6 | | 0,6 - 1 | | 1 - 1,6 | | 1,6 - 2,5 | | 2,5 - 4 | | 4 - 6,3 | | 6,3 - 10 | |
| | výška otřepu h_1 (μm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| R_m [MPa] | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max |
| do 250 | 20 | 50 | 30 | 80 | 30 | 120 | 40 | 170 | 50 | 250 | 70 | 360 | 100 | 600 | 140 | 950 |
| 250 – 400 | 20 | 40 | 20 | 50 | 30 | 90 | 30 | 120 | 50 | 180 | 60 | 250 | 80 | 360 | 110 | 500 |
| 400 – 630 | 20 | 30 | 20 | 40 | 30 | 50 | 30 | 70 | 40 | 110 | 50 | 200 | 70 | 220 | 90 | 320 |
| nad 630 | 10 | 20 | 10 | 20 | 20 | 30 | 30 | 40 | 40 | 60 | 50 | 90 | 60 | 130 | 70 | 170 |

Dle [10] bývá na základě praktických zkušeností při přesném stříhání bývá otřep 0,0026 mm na jednotku tloušťky materiálu. U tloušťky materiálu nad 10 mm bývá otřep 0,052 mm. Znárodnění stažení hran a otřep je na obr. 2.31.



Obr. 2.31 Stažení hran a tvoření otřepů [10]

2.4.5. Technologičnost konstrukce výstřížků [6]

Návrh výstřížku musí respektovat vlastnosti materiálu (anizotropie) a zvláštnosti technologie stříhání zejména, že:

- drsnost střížné plochy se zmenšuje se zvyšující se tvárností materiálu
- odchylka kolmosti střížné plochy se zvětšuje s zvětšující střížnou vůlí
- podél střížné plochy dochází ke ztenčení materiálu
- materiál podél střížné plochy zpevňuje
- rozměry výstřížku se mění odpružením a opotřebením nástrojů
- zejména u malých tlustostěnných výstřížků dochází k prohnutí výstřížku ohybovým momentem stříhání

Odtud vyplývají zásady technologičnosti výstřížků:

- nezužovat tolerance rozměrů pod reálnou mez pro stříhání na běžném zařízení. Tolerance jsou funkcí tloušťky stěny a rozměru výstřížků
- není-li střížná plocha funkční, nepředepisovat její drsnost ani kolmost
- u nefunkčních ploch nepředepisovat jakost povrchu ani kolmost k rovině plechu
- u výstřížků z tenkých plechů nepředepisovat rovinost, u tlustostěnných jen výjimečně minimální velikost otvorů, kterou lze běžným nástrojem prostříhnout, je u měkké oceli ϕ 0,6 až 0,8 mm, je-li střížník vedený přidržovačem ϕ 0,25 až 0,30 mm, u tvrdé oceli je to ϕ 1,2 až 1,5 mm, respektive ϕ 0,25 až 0,5 mm (tab.6)

Tab. 6 Minimální velikost otvorů [6]

| Materiál | Obvyklé děrování | | Děrování vedeným střížníkem a s přidržovačem | |
|----------------------------|------------------|-------|--|-------|
| | A | B | A | B |
| Textgumoid, pertinax apod. | 0,4s | 0,35s | 0,3s | 0,25s |
| Hliník, měkká ocel | 0,8s | 0,6s | 0,3s | 0,25s |
| Mosaz | 1,00s | 0,80s | 0,35s | 0,30s |
| Tvrdá ocel | 1,5s | 1,20s | 0,50s | 0,40s |

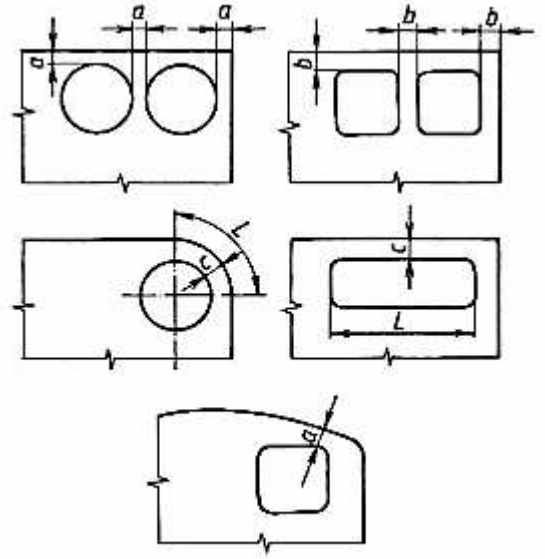
A – průměr kruhového otvoru, B – šířka obdélníkového otvoru, s – tloušťka plechu

- otvorům kruhového průřezu je nutno dát vždy přednost, protože jejich výroba je ekonomičtější. Přesné rozměry jsou v tab. 7.

Tab. 7 Dosažitelné přesnosti děrovaných otvorů [16]

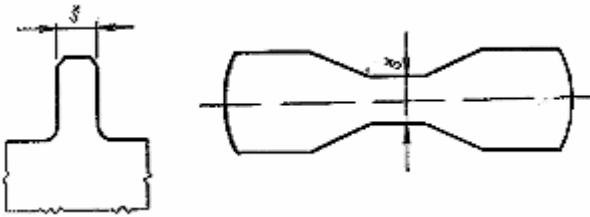
| Tloušťka děrovaného plechu [mm] | | Průměr otvoru [mm] | | | | | |
|---------------------------------|----|------------------------|------|----------|------|-----------|------|
| | | do 10 | | 10 až 50 | | 50 až 100 | |
| 0,2 | 1 | 0,06 | 0,02 | 0,08 | 0,04 | 0,01 | 0,08 |
| 1 | 4 | 0,08 | 0,03 | 0,10 | 0,06 | 0,12 | 0,10 |
| 4 | 10 | 0,10 | 0,06 | 0,12 | 0,10 | 0,15 | 0,14 |
| od | do | od | do | od | do | od | do |
| | | tolerance rozměrů [mm] | | | | | |

- vzdálenost mezi otvory, otvorů od okraje výstřižků má být min. 0,8 až 1,5 s.(obr. 2.32)
Uvedené údaje platí pro polotvrdý ocelový plech $R_m = 500 \text{ MPa}$. U měkkých materiálů se tyto hodnoty zvětšují o 15 až 25 %



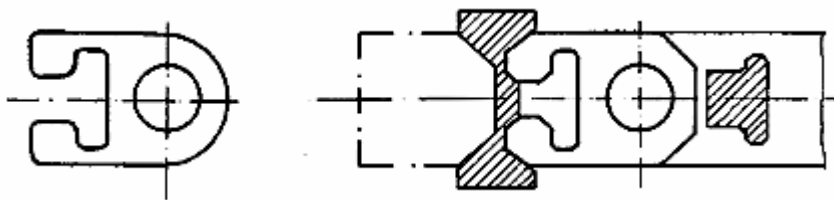
Obr. 2.32 Technologické vzdálenosti stříhaných otvorů [6]

- šířka vyčnívajících částí obrysů nebo nejmenší šířka úzkých výstřižků má být $b > 1,5 s$ (obr. 2.33)

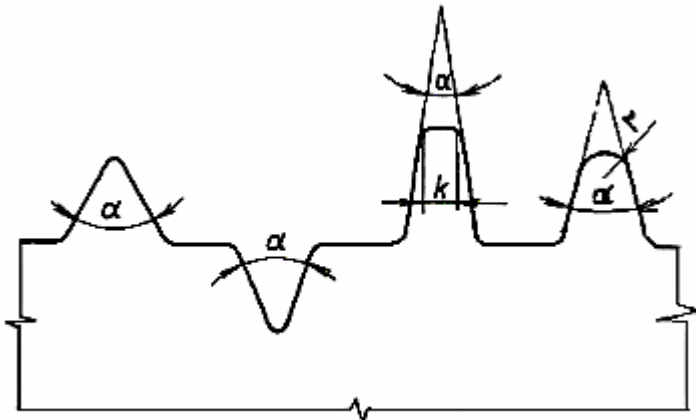


Obr. 2.33 Nejmenší stříhaná šířka [5]

- rohů mají být raději sražené než zaoblené, Sražení 45° je nezbytné vzniká-li výstřižek postupným stříhem obr. 2.34

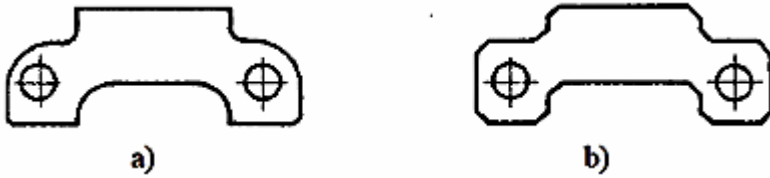


Obr. 2.34 Úprava rohů výstřižku, vlevo-nevhodná, vpravo-vhodná [5]



Obr. 2.35 Úhly vyčnívajících hrotů výstřižku [6]

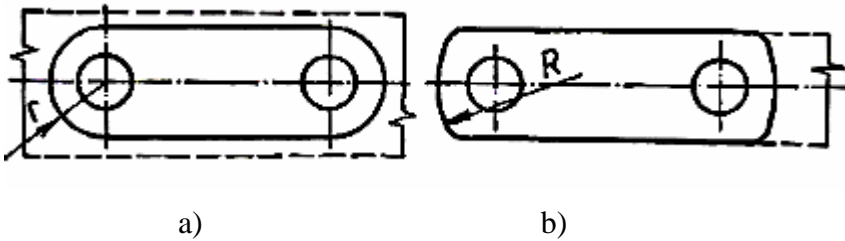
- minimální úhly rohů u tvrdých plechů (600 MPa) $> 90^\circ$, u měkkých (< 300 MPa) $> 45^\circ$ obr. 2.35.
- ostré rohy lze vyrobit na dvě operace není správné měnit na výstřižku poloměr zaoblení rohů a střídání ostré a zaoblené rohy obr. 2.36.



Obr. 2.36 Zaoblení rohů výstřižku [6]

a) nevhodné střídání poloměrů, a) vhodná úprava

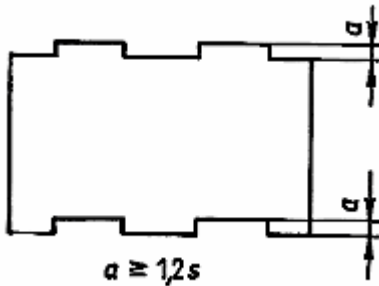
- plynulé přechody oblouků do přímých částí obrysu zdražují nástroj a vyžadují uzavřený stříh s postranním odpadem a přepážkami obr. 2.37.



Obr. 2.37 Přechody oblouků do přímých částí [6]

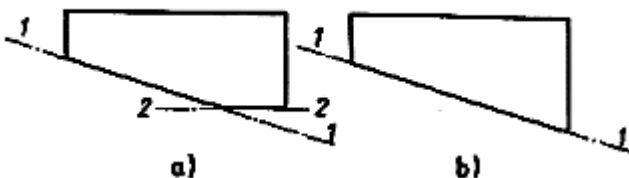
a) nevhodné, b) vhodné

- vystupující delší části obrysu mají mít výšku $h_{max} = 1,2 s$ obr. 2.38



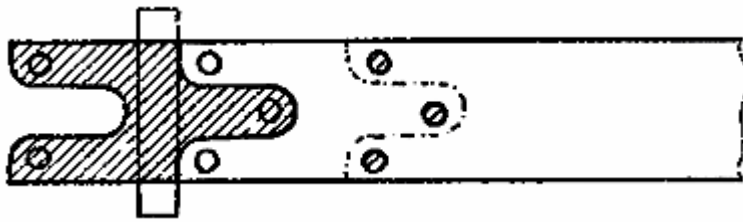
Obr. 2.38 Vystupující části obrysu [6]

- nemusí-li být jednotlivé výstřižky identické a jejich obrys zaoblený, nemusí být střížná čára uzavřena a je možno vynechat přepážky
- při stříhání na nůžkách volíme tvary vyžadující nejmenší počet stříhů obr. 2.39



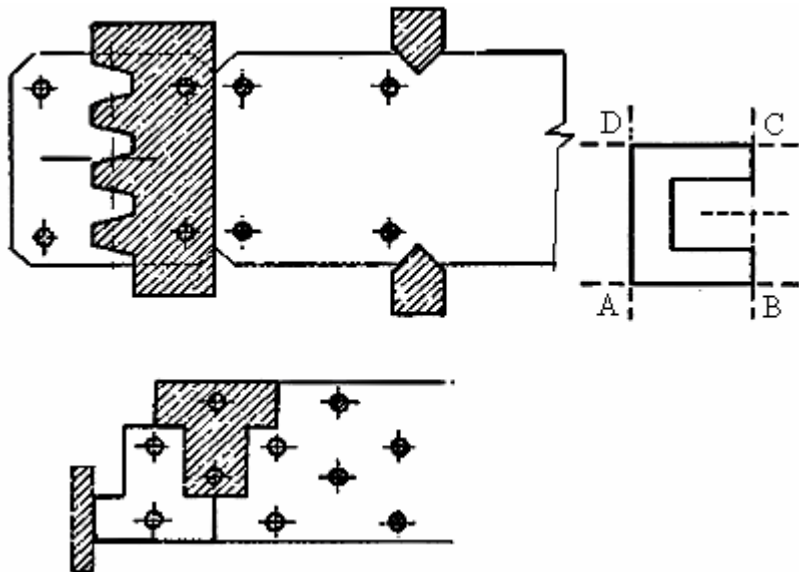
Obr. 2.39 Tvar výstřižků stříhaných na nůžkách [6]

- nejvhodnější tvar výstřižku je rovnoběžník jehož protilehlé strany jsou tvarované jako pozitiv a negativ obr. 2.40



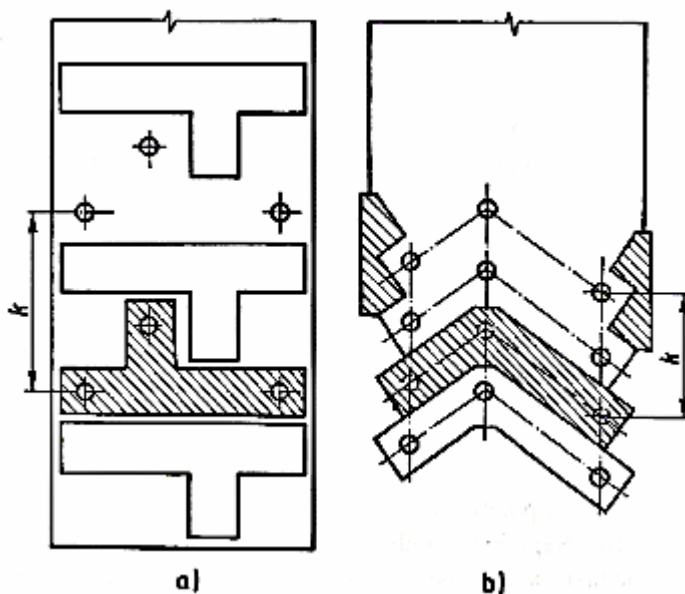
Obr. 2.40 Vnější tvar výstřižku [6]

- není-li možné dodržet tvar pozitiv-negativ, vyhoví i tvar symetrický vzhledem k ose strany obr. 2.41



Obr. 2.41 Vhodný tvar výstřižku negativ-pozitiv a pozitiv negativ [6]

- trojúhelníkový tvar výstřižku je výhodný pokud jde o rovnoramenný trojúhelník
- kruhový obrys výstřižku je nevýhodný kvůli velkému odpadu materiálu
- z hlediska spotřeby materiálu jsou též nevhodné rozvětvené tvary výstřižku (obr. 2.42)



Obr. 2.42 Úprava tvaru rozvětveného výstřižku [11]

- a) nevhodná konstrukce,
- b) vhodná konstrukce

2.4.6 Materiály vhodné pro přesné vystřihování [4]

Oceli [4]

Oceli pro přesné vystřihování musí mít dostatečnou tvárnost za studena a minimální mez kluzu. Pro racionální výrobu součástí a hospodárné využití nástrojů jsou nejvýhodnější nízkouhlíkové a nízkolegované oceli s pevností $R_m = 600$ MPa a s malým obsahem přímíšenin jako pozůstatku hutního pochodu (fosfor, síra, dusík, vměstky apod.). Oceli s vysokým obsahem chromu, manganu a křemíku nejsou pro přesné vystřihování vhodné. V příloze 2 jsou uvedeny oceli u kterých byla odzkoušena vhodnost použití pro přesné vystřihování.

Pro přesné vystřihování ocelí má rozhodující význam struktura, která je ovlivněna obsahem uhlíku a přítomných legujících prvků i předchozím tepelným zpracováním.

S rostoucím podílem tvrdých strukturních složek se zvyšuje opotřebení nástrojů a snižuje se možnost přesného vystřihování. Například z oceli ve stavu přírodním, tj. z oceli tepelně nezpracované se strukturou feriticko - perlitickou s lamelárním perlitem, lze přesně stříhat tvary pouze s dostatečně velkým zaoblením. Při malém zaoblení vznikají mikroskopické trhlinky. Z oceli ve stavu žhaném se strukturou perlitickou s globulárním perlitem je možné přesně stříhat složité tvary součástí s malým zaoblením aniž vzniknou trhlinky. Makrostruktura ocelí pro přesné vystřihování nemá vykazovat metalurgické vady, např. shluky nekovových vměstků, trhliny, segregace a ostatní vady, které jsou po naleptání na příčných řezech viditelné okem.

Neželezné kovy [4]

Měď a měkké bronzy (tvárné materiály) zároveň s mosazí s obsahem mědi nad 63 % jsou vhodné pro přesné vystřihování. Slitiny mědi, které obsahují méně než 56 % mědi, jsou nevhodné pro přesné vystřihování. Mosaz s obsahem olova (automatová mosaz je také nevhodná k přesnému vystřihování. Hliník a jeho slitiny až do $R_m = 300$ MPa jsou pro přesné vystřihování vhodné. Berylium a jeho slitiny jsou také vhodné materiály pro přesné vystřihování.

Kvalita výchozího materiálu [2]

Pro přesné vystřihování jsou vhodnější pásy nebo pruhy plechů válcované za studena. Povrch musí být hladký bez zaválcovaných okují, šupin, přeložek a nátlaků.

Hloubka oduhličení nesmí překročit 2 % tloušťky stříhaného materiálu. K výrobě zvláště namáhaných součástí je nutné použít již povrchově upraveného výchozího materiálu bez vrchní oduhličené vrstvy. Úchylka rovinnosti pruhů nesmí na 1m délky překročit 5 mm. Úchylka přímosti délky ve směru šipky (šavovitost) nesmí na 1 metr délky překročit 4 mm. Obecně platí, že stejnoměrnost výchozího materiálu co do chemického složení, struktury, přesnosti rozměrů a jakosti je nutnou podmínkou pro úspěšné využití přesného vystřihování.

3.4.7. Tolerance střížníku a střížnice [2], [5]

Přesnost výrobku bude hlavním činitelem ovlivňující tolerance střížných nástrojů. Střední přesnost výrobku je ve třídě IT 11, IT 12. Střížné nástroje musí být přesnější, jejich tolerance musí být nižší (pro IT 11 vystřihovaného výrobku je základní výrobní tolerance IT střížníku a střížnice 7 až 8).

Tolerance střížných nástrojů je ovlivněna také velikostí střížné vůle. Jakost střížné plochy, velikost střížné síly a s tím související opotřebení nástroje jsou hlavní hlediska, která mají vliv na volbu vůle mezi střížnými nástroji. Pro přímé určení velikosti vůle se proto

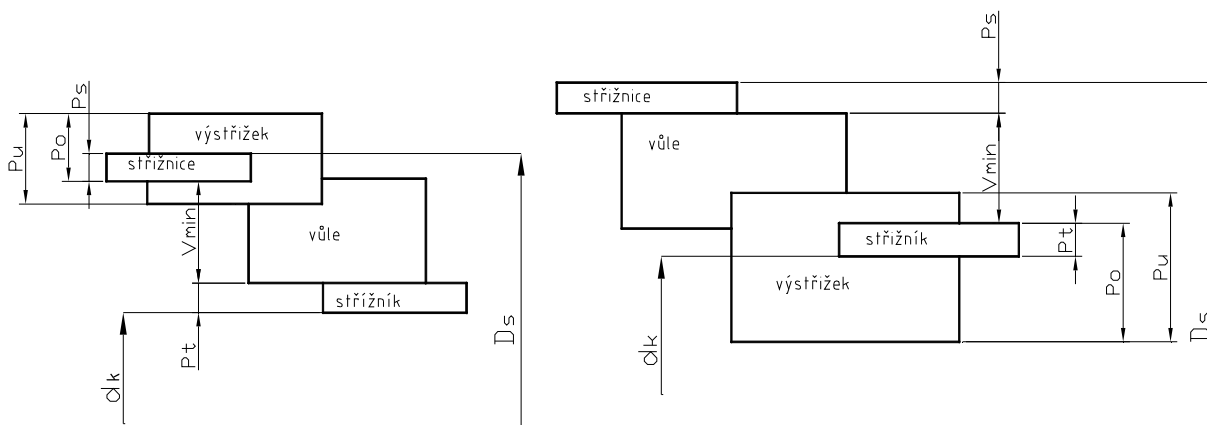
přihlíží k tloušťce materiálu a k pevnosti ve stříhu. Rozměry stříhadel jsou určeny rozměrem výstřížku nebo otvoru s příslušnou tolerancí.

Při oddělování materiálu se rozměry činných částí nástroje vlivem opotřebení mění. Střížník se v průběhu stříhání zmenšuje. Otvor ve střížnici se naopak vlivem opotřebení zvětšuje. Kde je rozměr díry závislý na rozměru střížníku a jeho opotřebení je účelné větší část tolerance součásti přidat při konstruování k toleranci střížníku. Při vystřihování má vliv na rozměr součásti hodnota rozměru otvoru ve střížnici a její opotřebení. V závislosti na tloušťce stříhaného materiálu a stupni možného opotřebení nástroje je velikost přídávku v rozmezí $0,6 \div 0,8$ příslušné tolerance. Pro součásti o základní toleranci ve stupni IT8 až IT9 se podle [5] doporučuje volit velikost přídávku na opotřebení v rozsahu celé velikosti příslušné tolerance.

Pro stříhání připadají v úvahu dva typy operací:

Děrování – tj. vystřížení otvoru (otvor je výrobkem, výstřížek odpadem) – jeho rozměry budou odpovídat rozměrům střížníku a otvor ve střížnici bude větší o střížnou vůli

Vystřihování – výstřížek je výrobkem a jeho rozměr se odvíjí od rozměru otvoru ve střížnici a střížník je podle rozměrů střížnice tolerován se střížnou mezerou $z/2 = 0,5 \%$ s.



Obr. 2.43 Toleranční pole při stříhání [8]

Nalevo – výstřížku, napravo - otvoru

Dle Novotného a Langra [2] je toleranční pole dané výrobním postupem součásti pro správné určení rozměrů rozděleno na třetiny. Rozměry vnitřních tvarů součásti se tolerují tak, aby tolerance střížnice ležela v horní třetině tolerančního pole, neboť vnitřní rozměry se po vystřížení smršťují. Pro dodržení rozměrů vnějších tvarů leží tolerance střížnice v dolní třetině tolerančního pole. Výhodou tohoto způsobu je, že při vystřížení součásti s malými rozměry může být střížnice dále opracována. Střížník je podle rozměrů střížnice tolerován se střížnou mezerou $z/2 = 0,5 \%$ s.

2.5. NÁSTROJE PRO PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ [2], [4], [8], [11]

2.5.1 Druhy nástrojů

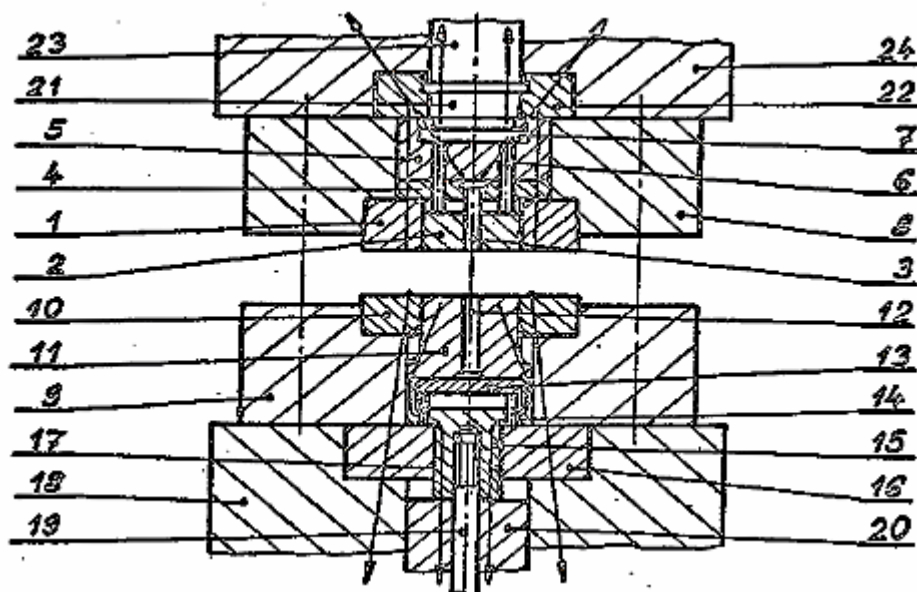
Podle konstrukce těchto nástrojů je lze rozdělit na:

- nástroje s pohyblivým střížníkem a pevnou přítlačnou deskou
- nástroje s pevným střížníkem a s pohyblivou přítlačnou deskou

Pro součásti vyžadující střížnou sílu do 1500 kN se převážně používají nástroje s pohyblivým střížníkem a pevnou přítlačnou deskou.

U nástroje s pevnou tlačnou deskou a pohyblivým střížníkem (obr. 2.44) jsou střížnice a přidržovač s tlačnou deskou pevné. Střížník je pohyblivý a při vystřihování je veden přidržovačem. Většina nástrojů pro přesné vystřihování plošných rovinných součástí je konstruována podle tohoto způsobu. Systém je vhodný pro symetrické součásti do tloušťky 5 mm. Příčné síly vznikající při přesném vystřihování namáhají střížné prvky na ohyb. Síla na zalisování hrany je přenášena přímo upínací deskou. Střížná síla je vyvozována hydraulickým válcem bezprostředně na střížník, který je dokonale veden v tlačné desce nebo v upínací desce stojánku a není citlivý na vychýlení působením bočních sil.

Vyhazovač odpadu je ovládán podpěrou vyhazovače, umístěnou ve vybrání střížníku.



Horní část nástroje:

1. střížnice
2. vyhazovač
3. děrovací střížník
4. kotevní deska
5. podložka
6. tlačný kolík
7. vyhazovací kroužek
8. upínací deska vod. stojánku

Spodní část nástroje:

9. základová deska vod. stoj.
10. přítlačná deska
11. tvarový střížník
12. vyrážec
13. vyrážecí lišta
14. tlačný kolík
15. držák střížníku

Spodní část lisu:

16. tlakový opěrný kroužek
17. stavěcí tlakový kroužek
18. stůl lisu
19. upevňovací šroub
20. beran lisu

Horní část lisu:

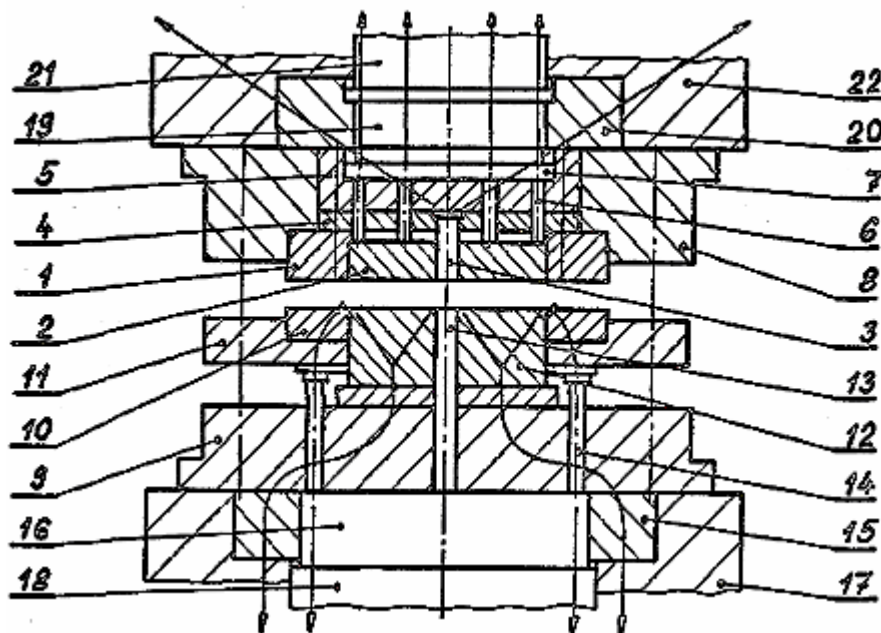
21. tlačná vložka
22. tlakový opěrný kroužek
23. hydraulický píst pro protitlak
24. stůl lisu

Obr. 2.44 Střížný nástroj pro přesné stříhání s nátlakovou hranou, pevnou tlačnou deskou a pohyblivým střížníkem [4]

Nástroj s pevným střížníkem (obr. 2.45) je podobný sloučenému stříhadlu. Konstrukce nástroje podle tohoto způsobu je vhodná pro velké a dlouhé součásti nesymetrických tvarů s

mnoha otvory a zejména pro součásti tloušťky nad 5 mm. Střížník zakotvený v upínací desce vodícího stojánu je náchylný k vychýlení vlivem bočních tlaků, které vznikají při stříhání, zejména je-li jeho průřez vzhledem k délce relativně malý. Lisovací síla na tlačnou desku a tlak na vyhazovač se přenášejí z hydraulických válců prostřednictvím kolíků, které jsou značně namáhány. Rozdělení síly na jednotlivé kolíky je jen výjimečně rovnoměrné, a tím lze těžko zaručit rovnoběžnost tlačné desky a střížnice.

Upínací deska vodícího stojánu přenáší sílu působící na střížník v místech, kde není podepřena a kde je ještě zeslabena otvory pro kolíky, pro vyhazovač odpadu a otvory pro šrouby, které drží střížník. Z těchto důvodů musí být nástroj velmi masivní.



Horní část nástroje:

1. střížnice
2. vyhazovač
3. děrovací střížník
4. kotevní deska
5. podložka
6. tlačný kolík
7. vyhazovací kroužek
8. upínací deska vod. stojánu

Spodní část nástroje:

9. základová deska vod. stoj.
10. přítlačná deska
11. vodící deska
12. tvarový střížník
13. vyrážec
14. tlačný kolík

Spodní část lisu:

15. tlakový opěrný kroužek
16. stavěcí tlakový kroužek
17. stůl lisu
18. hydraulický píst pro lisovací sílu

Horní část lisu:

19. tlačná vložka
20. tlakový opěrný kroužek
21. hydraulický píst pro protitlak
22. stůl lisu

Obr. 2.45 Střížný nástroj pro přesné stříhání s nátlacnou hranou, s pevným střížníkem a pohyblivou tlačnou deskou [4]

Tato konfigurace je nevhodná pro součásti, které mají tvarově poddimenzované partie (dlouhé výstupky, ramena apod.). Další nevýhody tohoto konstrukčního uspořádání jsou:

- vzájemné protínání střížné síly na přítlačné desce, viz průběh sil na obr. 2.45
- v průběhu střížného procesu je střížník vychylován příčnými silami

- otvory pro tlačné kolíky zeslabují průřez základové desky vodícího stojánku, která přenáší střižnou sílu na střižník.

2.5.2 Konstrukční požadavky

Konstrukce nástroje je dána nástřihovým plánem, který by měl zajistit úsporu materiálu, silové vyvážení v ose nástroje a v rovině plechu (kap.2.7), snadný a přesný posun materiálu v rovině plechu při jednotlivých krocích. Vlastní konstrukce je ovlivněna množstvím výrobků, druhem zpracovávaného materiálu, následnými operacemi a strojem, pro který je nástroj určen.

Životnost funkčních částí nástroje [2]

Životnost funkčních částí nástroje (střižník, střižnice, přidržovač, vyhazovač, opěrné desky) závisí na mnoha činitelích. Je to především druh materiálu a tepelné zpracování, tloušťka a tvar stříhané součásti, materiál funkčních částí nástroje apod. Povrchovou úpravou funkčních ploch se zvyšuje životnost nástroje. Především se jedná o lapování, leštění a také nasycování funkčních ploch wolframem a dusíkem. Trvanlivost funkčních částí, tj. čas, po který nástroj pracuje od svého naostření až do otupení, je značně rozdílná. Optimální velikost trvanlivosti střižníku je při zpracování materiálu o pevnosti do $R_m = 600$ MPa přibližně 30 000 kusů vyrobených součástí. Trvanlivost střižnice je 3,5 až 4krát. větší než u střižníku. Při obnově funkčních částí nástroje (tj. na jedno naostření střižníku a střižnice) je nutno počítat s úbytkem 0,2 až 0,25 mm.

Kvalita funkčních částí nástroje [5]

Střižné hrany musí být uhlazené. Střižník je zvlášť přesně broušený a střižnice má ostří zaoblené. S velikostí zaoblení do maximální hodnoty

$$R_s = (0,1 \text{ až } 0,2) \text{ s} \quad (2.16)$$

se kvalita střižné plochy zvětšuje. Při překročení R_s se kvalita střižné plochy zhoršuje a vznikají otřepy. Pro některé druhy nástrojových materiálů je vhodné napustit střižné hrany po tepelném zpracování karbidem wolframu s použitím přístroje švýcarské výroby Carbidor.

2.5.3. Hlavní funkční části nástroje

Střižník [5], [8]

Oproti běžnému vystřihování je střižník značně namáhán zejména proto, že má uvnitř otvory a vybrání pro vyhazovače. To značně komplikuje jeho konstrukci. Tvarově složité střižníky se vložkují. Při ustavení nástroje je nutné, aby na začátku procesu vystřihování byl střižník buď ve stejné úrovni s plochou přidržovače, nebo o 0,2 mm níže. V opačném případě se snižuje kvalita střižné plochy. Při ukončení vystřihování se čelní plocha střižníku nesmí ponořit do otvoru střižnice, neboť by došlo k jeho rychlému opotřebení. Při vystřihování velmi tvrdých materiálů lze uvažovat hloubku vniknutí střižníku do střižnice, která nepřevyšuje hodnotu poloměru zaoblení střižné hrany střižnice. Střižník musí být ve vyhazovači zalícován suvně a musí být zajištěn proti pootočení. Střižné hrany střižníku musí být pečlivě vybroušené a střižnice musí mít poloměr zaoblení přibližně 0,05 až 0,1 mm.

Skutečné namáhání střižníku na tlak

$$\sigma_D = F_D / S_D \leq \sigma_{Ddov} \quad [\text{MPa}] \quad (2.17)$$

kde F_D je sřížná síla daného sřížníku [N]
 S_D - obsah plochy průřezu sřížníku [mm²]
 σ_{Ddov} - dovolené namáhání v tlaku [MPa]

Při kontrole sřížníků na vzpěr hraje roli jejich délka. Slabé a dlouhé sřížníky mohou vybočit z osy. Kritická síla F_{kr} , která způsobí vybočení je pro nástroje s vedením, resp. bez vedení, dána vztahem [8]:

$$F_{kr} = \frac{2\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{krit}^2} \quad [N] \quad \text{resp.} \quad F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{krit}^2} \quad [N] \quad (2.18)$$

Kde E je modul pružnosti [MPa]
 I - moment setrvačnosti [mm⁴]
 l_{krit} - kritická délka sřížníku [mm]

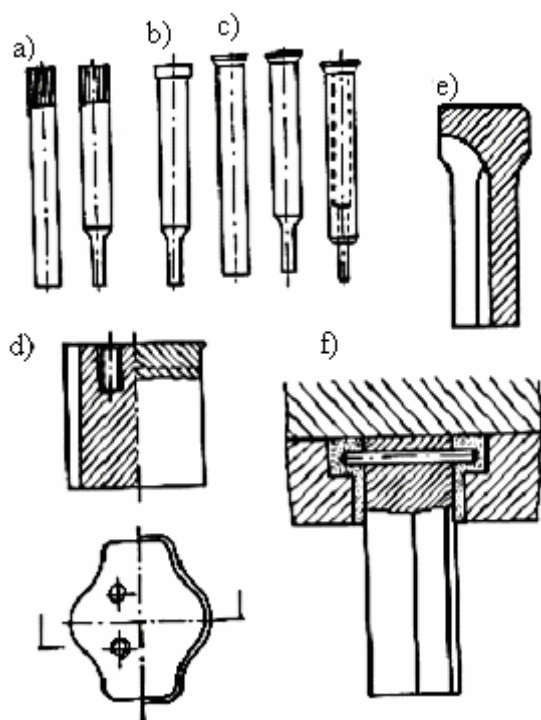
Pevnost tenkých sřížníků se zvětší osazením nebo vkládáním do pouzdra.

Používá se různých druhů sřížníků. Základním požadavkem u všech je tuhost a kolmost upevnění v kotevní desce. Sřížníky jsou v kotevní desce upevněny rozkýtováním, osazením nebo nákrůžky. Délky sřížníků jsou 60 až 90 mm, odstupňované po 10 mm. Sřížníky se vyrábějí z nástrojových ocelí a tepelně se zpracovávají nebo mají činné části ze slinutých karbidů.

Požadavky na sřížník

Sřížník musí mít dostatečnou délku na ostření a musí být :

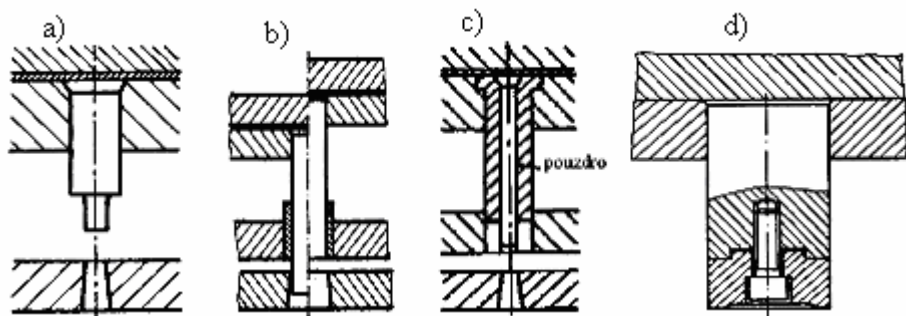
- kolmý a zalícovaný ve vyhazovači suvně
- zalícovaný v kotevní desce
- odmagnetizovaný
- souosý (zejména otvory pro vyhazovač)



Velmi různorodé je ukotvení sřížníku do kotevní desky. Kotvení má zajistit sřížník proti vytažení z kotevní desky stahovací silou, která dosahuje maximálně 20% sřížné síly. K jejímu zachycení stačí vytvořit na sřížníku buď rozklepáním nebo při třískovém opracování kuželovou nebo válcovou plochu (obr. 2.46 a,b,c). Sřížníky s jednodušším tvarem se mohou kotvit přišroubováním ke kotevní desce s vystředěním pomocí dvou kolíků (obr. 2.46 d). Sřížníky se složitým tvarem sřížného obvodu se často kotví zalitím pryskyřicí (obr. 2.46 f).

Obr. 2.46 Způsoby upevnění sřížníků v kotevní desce [8]

Na obr. 2.47 jsou některá provedení vystřihovacích a prostřihovacích střížníků.



Obr. 2.47 Střížníky [8]

a) nevedený zesílený osazením, b) vedený, c) vedený s pouzdem pro malé průměry do 5 mm, d) dělený pro velké průměry nad 50 mm

Střížnice

Střížnice je nejnákladnější funkční částí stříhadla. Je to deska čtvercového, obdélníkového nebo kruhového průřezu o tloušťce 18 až 30 mm, vyrobená z nástrojové oceli a tepelně zpracovaná. Pro drobné a jednoduché tvary výstřížků je střížnice celistvá pro složitější tvary a rozměrné výstřížky je skládána z více částí. Pro předběžný odhad tloušťky střížnice se používá vzorec [3]:

$$H = \sqrt[3]{0,1F_s} \quad [mm] \quad (2.19)$$

kde H je tloušťka střížnice [mm]
 F_s – střížná síla [N]

Požadavky na střížnici

Střížnice musí být:

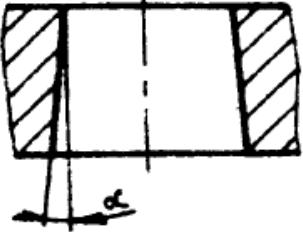
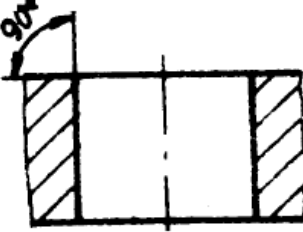
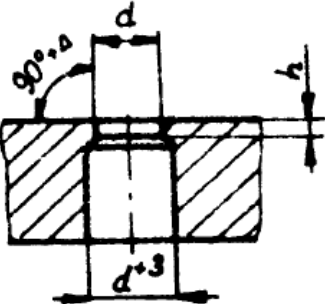
- vyrobená bez přechodů a broušená, popř. vyjiskřená;
- ve vodicím stojánku zalícovaná se správným předpětím [2];
- v zeslabených místech podepřená zesponu tvarovými vložkami;
- konstruovaná s odvodušňovací drážkou;
- konstruovaná s ochrannými ploškami proti poškození tlačné hrany;
- konstruovaná s tlačnými hranami, jejichž geometrie odpovídá technologickým směrnici

V Tab. 9 jsou uvedeny základní tvary střížnic.

Tab. 9 Základní tvary střížnic [3]

| tvary střížnice | | Použití |
|------------------------------|--|---|
| kuželová s válcovou fasetkou | | díly s komplikovaným obvodem a vysokými požadavky na přesnost fasetka $h = 3 - 5 \text{ mm } s = 0,5 \text{ mm}$ $h = 5 - 10 \text{ mm } s = 0,5 - 5 \text{ mm}$ $h = 10 - 15 \text{ mm } s = 5 - 10 \text{ mm}$ $\alpha = 3 - 5^\circ$ |

Tab. 9 Základní tvary střížnic [3] - pokračování

| tvar střížnice | | Použití |
|-----------------------------|--|--|
| kuželová |  | malé díly se střední přesností úkos $\alpha = 10 - 15' \quad s = 0,1 - 0,5 \text{ mm}$ $\alpha = 15 - 20' \quad s = 0,5 - 1,0 \text{ mm}$ $\alpha = 20 - 30' \quad s = 1 - 2 \text{ mm}$ $\alpha = 30 - 45' \quad s = 2 - 4 \text{ mm}$ $\alpha = 45' - 1^\circ \quad s = 4 - 6 \text{ mm}$ |
| válcová nebo prizmatická |  | díly vyhazované zpět a rozměrné díly |
| |  | malé díly do $\Phi = 5 \text{ mm}$ |

Přidržovač a vyhazovač

Při konstrukci přidržovače je nutno dbát na geometrii tvaru tlačných hran, na správné předpětí a na nutnost ochranných plošek proti poškození tlačných hran. Výjimečně jsou na čelní ploše přidržovače konstruovány drážky k odtoku oleje. Příklady konstrukce přidržovače a vyhazovače jsou uvedeny v literatuře [3].

Vyhazovač musí být:

- lícovaný do střížnice suvně;
- zajištěný proti pootočení a vypadnutí;
- ustavený ve střížnici tak, aby nad ni přečnívalo 0,1 až 0,2 mm

2.5.4 Materiály používané pro střížné nástroje [3], [5], [7]

Materiály používané pro konstrukci střížných nástrojů lze rozdělit do pěti skupin:

1. konstrukční oceli - obvyklých jakostí tříd 10 a 11
- ušlechtilé, buď uhlíkové nebo slitinové oceli tříd 12 až 17
2. šedé litiny - používá se jen pro základové části nástrojů
3. oceli na odlitky - nahrazuje šedou litinu v případech, že tato již pevnostně nevyhovuje
4. nástrojové oceli - ušlechtilé oceli třídy 19
5. ostatní materiály - lité pryskyřice plněné kovovým či nekovovým plnidlem, keramické vložky, SK, slitiny Al, Zn, dřevo, papír, pryž,

Činné části střížných nástrojů je také možno upravovat nanášením povlaků (TiN) či pomocí návarů.

Nástroje pro přesné stříhání jsou konstruovány především pro stříhání větších sérií výstřižků. Také síly působící na jednotlivé části nástroje pro přesné stříhání jsou podstatně vyšší oproti silám působícím při konvenčním stříhání. Z těchto důvodů je nezbytné pečlivě dimenzovat jednotlivé díly nástroje pro přesné stříhání, volit pro ně vhodný materiál a správné tepelné zpracování.

Přehled materiálů používaných v současné době pro jednotlivé díly nástrojů pro přesné stříhání a jejich tepelné zpracování je v tab. 10 a podrobnější přehled v příloze 3.

Tab. 10 Přehled materiálů na nástroje

| Název | Materiál | Tepelné zpracování |
|---------------------|-----------------------|------------------------|
| Střížník | 19 437.3 | kal.,pop. 61÷60 HRC |
| Střížnice | 19 437.3 | kal.,pop. 63÷62 HRC |
| Přítlačná deska | 19 437.3 | kal.,pop. 59÷58 HRC |
| Vyhazovač | 19 437.3 | kal., pop. 59÷58 HRC |
| Zděř | 19 452.3 překovaný | kal. ,2x pop. 55÷2 HRC |
| Držák střížníku | 19 437.3 | kal.,pop. 58÷56 HRC |
| Vyrážecí | 19 421.3 | kal.,pop. 60 HRC |
| Vyrážecí lišta | 19 436.3 | kal.,pop. 56 HRC |
| Vyrážecí kolík | 19 421.3 | kal.,pop. 60 HRC |
| Děrovací střížník | 19 421.3 | kal.,pop. 64 HRC |
| Tlačný kolík | 19 421.3 | kal.,pop. 60 HRC |
| Kotevní deska spod. | 19 437.3 | kal.,pop. 56 HRC |
| Kotevní deska | 19 431.3 | kal.,pop. 56 HRC |
| Podložka | 19 437.3 | kal.,pop. 58÷56 HRC |
| Podložka střížníku | 19 437.3 | kal. , pop.. 58÷56 HRC |
| Vyhazovací kroužek | 19 437.3 | kal.,pop. 60÷58 HRC |

Vzhledem ke stále rostoucímu významu tváření a stříhání za studena a k rozšiřování jeho použití (větší rozměry výstřižků, tlustší stříhané materiály a vyšší pevnost stříhaných materiálů) vzrůstají požadavky na oceli používané pro výrobu střížných nástrojů. Stále častěji se pro výrobu hlavních funkčních částí stříhadel používají oceli rychlořezné. Aby se s nimi dosáhlo dobrých výsledků, je třeba přesně dodržovat postup a teploty jejich tepelného zpracování.

Použití slinutých karbidů pro střížné nástroje

Pro střížné nástroje byly vyvinuty slinuté karbidy s 15 až 30 % kobaltu. Podíl kobaltu je měřítkem houževnatosti. Při použití těchto vysokokobaltových slinutých karbidů se dosahuje vyšších výkonů i u složitých stříhů a tedy jejich použití je ekonomicky

opodstatněné. Všeobecně lze počítat s 10 až 20 násobným vyšším výkonem oproti ocelovým nástrojům. Nástroje se slinutými karbidy však vyžadují pečlivou kontrolu při provozu, vysokou tuhost stroje a dokonalé a přesné vedení.

Pro výrobu stříhadel se doporučují tyto druhy slinutých karbidů. Universálním druhem pro výrobu střížnic i střížníků je druh G3. Použití dalších druhů je závislé na složitosti nástroje. Pro střížnice možno užít druh G4, pro střížníky druh G4 nebo G5.

Střížná vůle může být stejná jako u nástrojů ocelových. Je třeba však dbát na to, aby podél celého obvodu byla stejná. Velikost střížné vůle ovlivňuje střížnou sílu a jakost střížné plochy.

Střížnice zhotovené ze slinutého karbidu se vyrábí buď z jednoho kusu (složitě tvary elektrickým vyjiskřením), nebo se skládají z pečlivě zabroušených dílců. Spojení dílců se děje zalisováním s přesahem za tepla do ocelových objímek. Dělení jednotlivých tvrdokovových elementů by nemělo probíhat přes rádius, vedle nebo přes vyčnívající profily. Také upevňovací a funkční otvory musí být od dělení dostatečně vzdáleny.

Střížníky mohou být zhotoveny buď celé ze slinutého karbidu nebo jen funkční část ve formě destičky, kterou připájíme na ocelový držák. Síla destičky však musí být minimálně 3 mm. V případě stříhání jemným profilů se doporučuje vyrobít střížníky ocelové jen střížnice ze slinutých karbidů. Při této kombinaci má střížník 6 až 10 násobnou trvanlivost proti použití ocelové střížnice. Ekonomicky efektivní je použití nástroje ze slinutých karbidů při sérii 700 000 kusů součástí.

Trvanlivost, výkon a údržba nástrojů pro přesné stříhání [4]

Na trvanlivosti nástrojů pro přesné stříhání má vliv řezná rychlost, tloušťka materiálu, pevnost materiálu v tahu, mazání a chlazení nástroje, jakost použité nástrojové oceli pro jednotlivé části nástroje a v neposlední řadě lis na přesné stříhání. Dále má vliv tvar vystřihovaných dílců, požadované úchytky rozměrů, drsnost střížných ploch, chemické složení a struktura zpracovávaného materiálu. Z těchto mnoha spouštějících činitelů lze však vyvozovat obecně jen přibližně směrné hodnoty trvanlivosti nástrojů.

Při používání materiálu velmi vhodného pro přesné stříhání a s použitím dokonale konstruovaného nástroje, lze vylišovat 20 000 až 50 000 výstřížků bez přebrušování výstřížků. Při přebrušování střížníku se ubírá vždy asi 0,2 až 0,4 mm. Střížnice vydrží mezi dvěma broušeními asi 100 000 až 150 000 výstřížků. Potřebné přebrušení střížnice však potom vyžaduje úběr 0,1 až 0,2 tloušťky zpracovaného materiálu. Přítlačná deska na níž je umístěna tlačná hrana nepodléhá prakticky žádnému opotřebení a nemusí se proto přebrušovat.

Správné přebrušování, případně uvolňování a správné seřízení střížných částí nástrojů jsou důležité údržbářské práce. Při zpracování materiálů s velmi ztíženými podmínkami, či při zhotovování dílců s poddimenzovanými průřezy je nutné počítat případně i s obnovením tlačné hrany nebo s výměnou děrovacích střížníků.

2.6 STROJE PRO PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ [4]

Technologie přesného stříhání vyžaduje speciální trojčinné lisy, které musí kromě běžných požadavků kladených na tvářecí stroje vyhovovat ještě speciálním požadavkům, které jsou nezbytné vzhledem k odlišnému charakteru stříhání.

a) Lis pracuje jako trojčinný. Přitom maximální přidržovací síla a maximální vyhazovací síla musí být v určitém poměru k nejvyššímu přípustnému zatížení lisu. Přidržovací síla má

dosahovat nejvýše 40 %, vyhazovací síla nejvýše 20 % jmenovité tvářecí síly lisu. Obě síly mají být v rozmezí těchto hodnot libovolně volitelné a na střížné síle zcela nezávislé.

b) Pracovní schopnost lisu má odpovídat požadavkům přesného stříhání, protože práce potřebná pro tuto technologii je přibližně dvou až třináásobkem práce při klasickém způsobu stříhání.

c) Rychlost stříhání při vlastním střížném procesu nemá překročit 15 mm/s u slabších plechů a 10 mm/s u silnějších plechů.

d) Součástí lisů se mohou i při největším zatížení jen nepatrně pružně deformovat jedině ve směru stříhu. Tento požadavek si vynucuje masivní, uzavřenou konstrukci stojanu lisu.

e) Je nezbytné naprosto přesné vedení beranu lisu a to bez vůle, protože ani při mimostředném zatížení se nesmí beran přesunout napříč směru stříhu.

f) Lis musí být opatřen bezpečnostní pojistkou proti přetížení a jinými ochrannými zařízeními, které spolehlivě zajistí zejména kontrolu vyhození výstřížku a odpadu, překročení dovolené spodní polohy beranu, ochranu drahého nástroje, ochranu obsluhujícího pracovníka atd.

g) Lisy jsou běžně vybaveny automatickým podáváním a mazáním pásu, stříhání odpadu a odfukováním nebo vyjímáním výlisků.

h) Lis má vyhovovat hospodárné výrobě pro všechny přesně stříhané součásti, má mít jednoduché ovládání a jednoduchou údržbu.

Rozdělení lisů pro přesné stříhání dle způsobu pohonu:

a) Mechanicko - hydraulické lisy, střížná síla na střížníku je vyvozována mechanicky, přidržovací síla a síla na vyhazovači je vyvozována hydraulicky. Mechanický pohon bývá vyvozován zpravidla pomocí kolenopákového mechanismu, jehož výhodou je přesné dodržení spodní úvrati dané kinematikou mechanismu. Další výhodou je jejich malá rychlost pohybu beranu. Lis musí mít uzavřenou konstrukci rámu, aby případné deformace byly jen ve směru pohybu beranu. Vedení beranu musí být pomocí kuličkového vedení s předpětím. Praktické zkušenosti ukazují, že mechanické lisy pro přesné stříhání je vhodné vyrábět jen pro celkové síly do 2500 kN.

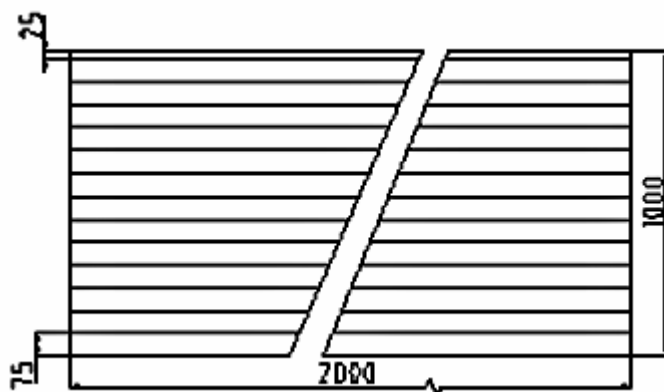
b) Hydraulické lisy mají všechny tři síly na sobě nezávislé a jsou vyvozovány samostatnými jednotkami pomocí hydraulických válců. Výhoda tohoto systému spočívá ve snadnější regulaci a ovládání pohybu beranu. Lisy tohoto typu jsou vhodné pro celkové síly nad 2 500 kN, protože mechanické lisy vychází z pevnostních důvodů příliš velké. U hydraulických lisů s uzavřeným stojanem nepůsobí žádné síly napříč ke stojanu. Rychlost lisů je konstantní a může být jednoduchým způsobem přizpůsobována daným požadavkům. Pohonná energie se dodává u hydraulických lisů, kde energie dodávaná setrvačnickem musí být před každým pracovním pochodem obnovena. U hydraulických lisů pro přesné stříhání mají však velký význam stlačitelnost hydraulického oleje. Množství oleje mezi čerpadlem a válcem má být, pokud možno malé, protože jinak by mohly být celkové změny tvaru větší než u mechanických lisů.

3. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ

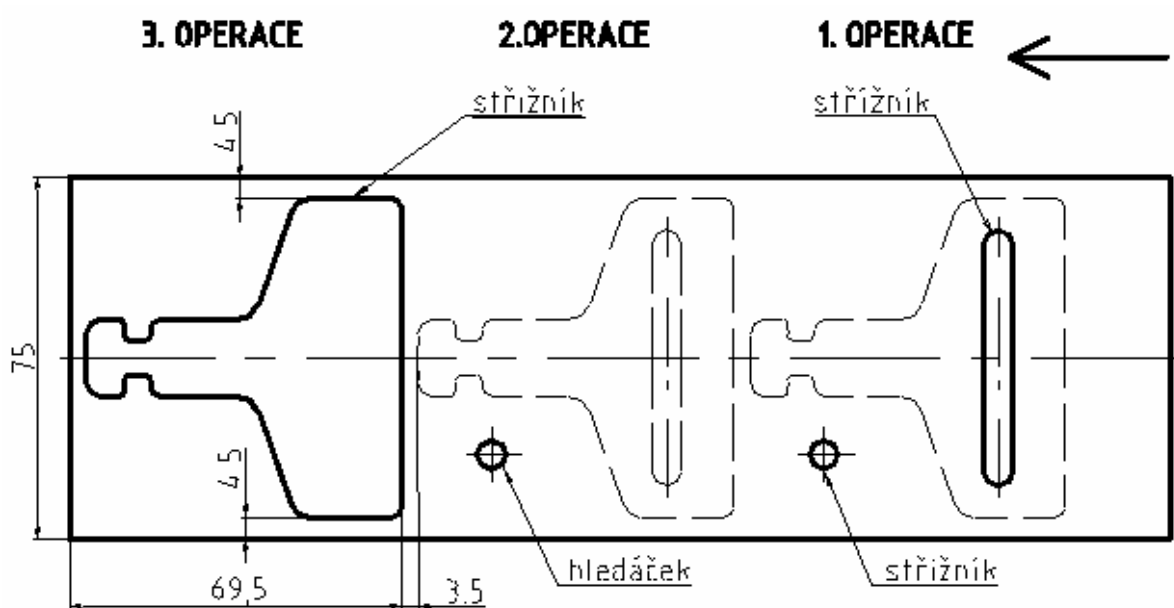
Součást je vyráběna postupovým stříháním na stříhadlech ve výrobní dávce 800 000 ks/rok. Stříhání je prováděno na postupovém nástroji z pásů plechu vzniklých rozstříháním tabulového plechu 2000 x 1000 x 3 mm na pásy 2000 x 75 x 3 mm na tabulových nůžkách.

3.1 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Pro zajištění plynulého lisování je v současném stavu průběhu výroby nutná příprava vstupního tabulového plechu 2000 x 1000 x 3 mm na pásy o rozměrech 2000 x 75 x 3 mm podle nástřihového plánu (obr. 3.1). Šíře pásu byla stanovena s ohledem na technologičnost konstrukce především byly zohledněny šíře okrajů a můstku. Z nástřihového plánu vyplývá, že z jedné tabule plechu se nastříhá 13 ks pásů. Technologický odpad z tabule je pás 2000 x 25 mm.



Obr.3.1 Nástřihový plán pro stříhání pásů



Obr. 3.2 Nástřihový plán pro vystřížení součásti

Vystříhování spony probíhá ve třech krocích. V prvním kroku se pás vloží mezi vodící lišty a dorazí se na načínací doraz pro 1. krok. Při zdvihu lisu se děruje otvor o rozměrech

6x53mm a otvor o průměru 4 mm, který je mimo stříhanou součást a slouží pro zahledání v dalším kroku. Ve druhém kroku se pás posune na načínací doraz pro 2. krok. V tomto kroku se pouze zahledá za otvor $\varnothing 4$. Tento krok slouží vzhledem k rozměrům výrobku pro zjednodušení výroby nástroje. Ve třetím kroku se pás posune na načínací doraz pro 3. krok a vystřihne se tvar součásti.

3.2 EKONOMICKÉ VYUŽITÍ MATERIÁLU PŘI SOUČASNÉM ZPŮSOBU STŘÍHÁNÍ

Výpočet je proveden pro požadované zvýšení výroby na 1 000 000 kusů za rok.

Šíře pásu: $M_p = 66 + F = 66 + 9 = 75 \text{ mm}$

Krok při lisování: $K = 66 + E = 66 + 3,5 = 69,5 \text{ mm}$

Délka pásu: $L = 2000 \text{ mm}$

Počet celých pásů z tabule: $P_p = \frac{1000}{75} = 13 \text{ ks}$ (3.1)

Počet celých výstřížků z pásu: $P_v = \frac{L}{K} = \frac{2000}{69,5} = 28 \text{ ks}$ (3.2)

Počet výstřížků z tabule: $n_t = P_p \cdot n_p = 13 \cdot 28 = 364 \text{ ks}$ (3.3)

Spotřeba tabulí plechu: $S_t = \frac{1000000}{n_t} = \frac{1000000}{364} = 2747,25 = 2748 \text{ ks}$ (3.4)

Ekonomické využití

Plocha 1 výstřížku: $S = 2318 \text{ mm}^2 = 0,002318 \text{ m}^2$ (výpočet pomocí programu AutoCad)

Plocha 1 tabule: $S_{\text{tab}} = 2 \text{ m}^2$

Plocha součásti: $S_v = 2008 \text{ mm}^2 = 0,002008 \text{ m}^2$ (výpočet pomocí programu AutoCad)

Hmotnost součásti: $m_s = S_v \cdot s \cdot \rho = 0,002016 \cdot 0,003 \cdot 7800 = 0,0471842 \text{ kg}$ (3.5)

ρ – hustota, pro ocel: $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$

Plocha výstřížků z tabule: $S_{vt} = n_t \cdot S = 364 \cdot 0,002318 = 0,8438 \text{ m}^2$ (3.6)

Procento využití pásu: $P = \frac{S_{vt}}{S_t} \cdot 100 = \frac{0,8438}{2} \cdot 100 = 42,18 \%$ (3.7)

Hmotnost tabule: $m_t = V_t \cdot \rho = 2000 \cdot 1000 \cdot 3 \cdot 7,85 = 46,8 \text{ kg}$ (3.8)

Spotřeba plechu celková: $m_c = m_t \cdot S_t = 46,8 \cdot 2748 = 128\,606,4 \text{ kg}$ (3.9)

Hmotnost vystřížených součástí: $m_{cs} = Q \cdot m_s = 47184 \text{ kg}$ (3.10)

Hmotnost technologického odpadu: $m_{po} = m_c - m_{cs} = 128606 - 47184 = 81422 \text{ kg}$ (3.11)

Rámcový technologický postup pro výrobu součásti spona bezpečnostního pásu:

| Operace | Popis práce |
|---------|---|
| 10 | Stříhat tabuli na rozměr pásu 75mm |
| 20 | Stříhat, děrovat součást na postupovém nástroji |
| 30 | Kontrolovat součást namátkově |

4. ŘEŠENÍ PRÁCE

4.1 MATERIÁL SOUČÁSTI

Součást je vyrobena z oceli 14 220.3 ČSN 41 4220.

Charakteristika: Nejčastěji používaná cementační ocel pro středně namáhané díly strojů a motorových vozidel. Prokaluje do hloubky ca 20 mm. Ve stavu kaleném a popuštěném je použitelná pro průměry do cca 35 mm. Je svařitelná a vhodně tepelně zpracovaná též dobře tvařitelná za studena. Přísadou bóru se docílí zvýšené houževnatosti cementované vrstvy.

Stříhatelnost - Ocel 16MnCr5 je stříhatelná za studena i ve stavu po válcování.

- chemické složení:
 - 0,12 – 0,21% C
 - max. 0,43% Si
 - 0,96 – 1,34%Mn
 - 0,75 – 1,15%Cr
 - max. 0,040% P
 - max. 0,040% S
- polotovary: pásy a pruhy válcované za studena
- mechanické vlastnosti:
 - mez kluzu $R_e - 588$ MPa
 - mez pevnosti $R_m - 637$ MPa
- použití: svařitelná ocel, dobře tvárná za tepla po žhání na měkko i za studena, dobře obrobitelná. Je vhodná pro strojní součásti pro zušlechťení do průměru 35 mm k cementování s velmi tvrdou cementovanou vrstvou s velmi velkou pevností v jádře.
- ostatní vlastnosti: Příloha 4

4.2. TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY

Výpočet střížné síly

Dle kap. 2.3.3 je $F_s = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_s$ [N] (2.8)

S – plocha stříhu, [mm²]

l – délka stříhu [mm]

s – tloušťka stříhaného materiálu [mm]

τ_s – střížný odpor ($\tau_s = 0,8 \cdot R_m$) [MPa]

n – koeficient zahrnující opotřebení nástroje (1,22 – 1,55)

Střížná síla pro vystřížení otvoru šířky 6 mm a délky 53 mm

Délka stříhu získaná pomocí programu AutoCad:

$$l_1 = 47 + 47 + 2 \cdot \pi \cdot 3 = 112 \text{ mm} \quad (4.1)$$

Střížná síla:

$$F_{s1} = n \cdot S_1 \cdot \tau_s = n \cdot l_1 \cdot s \cdot \tau_s = 1,3 \cdot 112 \cdot 3 \cdot 529 = 231\,067 \text{ N}$$

Střížná síla pro vystřížení tvaru spony bezpečnostního pásu

Délka stříhu získaná pomocí programu AutoCad:

$$l_2 = 249,8 \text{ mm}$$

Střížná síla:

$$F_{s2} = n \cdot S_2 \cdot \tau_s = n \cdot l_2 \cdot s \cdot \tau_s = 1,3 \cdot 249,8 \cdot 3 \cdot 529 = 515\,362 \text{ N}$$

Celková střížná síla pro stříhání dvou výstřížků F_s :

$$F_{sc} = 2F_{s1} + 2F_{s2} = 462 + 1030 = \underline{\underline{1592 \text{ kN}}} \quad (4.2)$$

Síla na přítlačné desce F_p :

$$F_p = k_p \cdot L_n \cdot h \quad [N] \quad (2.9)$$

L_n – délka nátláčnej hrany [mm]

h – výška nátláčnej hrany [mm]

k_p – odpor materiálu proti vtlačení tlačnej hrany [MPa]

(pro přibližný výpočet: $k_p = 4 \cdot R_m$)

$L_n = 270,8 \text{ mm}$ (délka nátláčnej hrany získaná pomocí programu AutoCad)

$h = 0,45 \text{ mm}$

$$F_p = 4 \cdot R_m \cdot L_n \cdot h = 4 \cdot 637 \cdot 270,8 \cdot 0,45 = 310,5 \text{ kN}$$

Pro stříhání dvou výstřížků současně pak:

$$F_{pc} = 2F_p = \underline{\underline{621 \text{ kN}}} \quad (4.3)$$

Síla na vyhazovači F_v :

$$F_v = S \cdot p \quad [N] \quad (2.10)$$

S – plocha přesně stříhané součásti [mm²]

p – měrný tlak (volí se $p = 30$ až 70 MPa) [MPa]

$S = 2318 \text{ mm}^2$ (plocha součásti získaná pomocí programu AutoCad)

$p = 50 \text{ MPa}$

$$F_v = S \cdot p = 2318 \cdot 50 = 115,9 \text{ kN}$$

Pro stříhání dvou výstřížků současně pak:

$$F_{vc} = 2F_v = \underline{\underline{231,8 \text{ kN}}} \quad (4.4)$$

Celková síla potřebná pro určení velikosti lisu:

$$F_c = F_{sc} + F_{pc} + F_{vc} = 1492 + 621 + 231,8 = \underline{\underline{2342,8 \text{ kN}}} \quad (4.5)$$

Výpočet střížné práce

Střížnou práci určíme dle vzorce (2.7)

$$A = \frac{k \cdot F_s \cdot s}{1000} \quad [J]$$

kde k je koeficient závislý na druhu materiálu = 0,3 dle tab. 1

A je střížná práce [J]

F_s je střížná síla = 1492000 [N]

s je tloušťka materiálu = 3 [mm]

$$A = \frac{0,3 \cdot 1492000 \cdot 3}{1000} = \underline{\underline{1342,8 \text{ J}}} \quad (4.6)$$

Kontrola předepsané rozměrové přesnosti a jakosti povrchu

Výstřižek je tolerován v IT 8 a IT 9, doporučená rozměrová přesnost pro materiály s pevností $R_m > 500$ MPa a tloušťkou materiálu 3 mm v IT 8. Přesnost výstřižku je tedy dle doporučení. Jakost povrchu součásti $R_a = 1,6 \mu\text{m}$ je také vyhovující při jakosti povrchu, které může být dosaženo při přesném stříhání $R_a = 0,4$ až $1,6 \mu\text{m}$.

Kontrola technologičnosti tvaru součásti

Dle kap. 2.4.4 zadaná součást vyhovuje všem požadavkům na technologičnost a to:

- Poloměr rohů a hran součásti – součást: 2 mm, doporučeno: $> 0,7$ mm
- Minimální šířka drážky - součást: 5,5 mm, doporučeno: $> 2,4$ mm

4.2.1 Technologické parametry nástroje

Velikost postranního odpadu a šířky můstku

Dle obr 2.29 jsou stanoveny následující rozměry:

$$b_1 = 4,5 \text{ mm}$$

$$b_2 = 5,5 \text{ mm}$$

Tvar a rozměry nátláčné hrany

Pro tloušťku materiálu 3 mm bude jen jedna nátláčná hrana – na přidržovači.

Pro úhly α a β jsou stanoveny následující hodnoty:

$$\alpha = 30^\circ, \beta = 45^\circ,$$

další hodnoty nátláčné hrany stanoveny dle tab. 3:

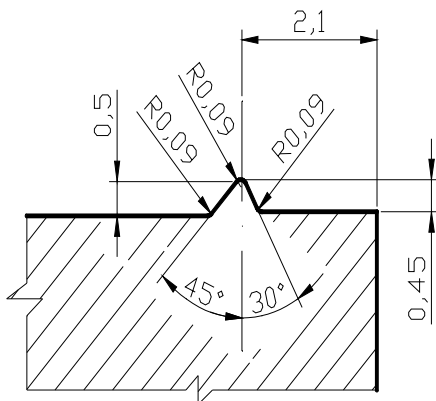
vzdálenost vrcholu nátláčné hrany od křivky stříhu $a = 2,1$ mm,

výška nátláčné hrany $h = 0,45$ mm,

výška nátláčné hrany $h_1 = 0,5$ mm,

poloměr zaoblení $R = 0,09$ mm.

Tvar a rozměry nátláčné hrany jsou zobrazeny na obr. 4.1.



Obr. 4.1 Tvar a rozměry nátláčné hrany

4.2.2 Nástřihový plán

Výpočet počtů kusů z role svitku a ekonomika nástřihového plánu

Výstřižek bude stříhán ze svitku plechu který je namotán na bubnu. Vnitřní průměr bubnu je 500 mm a vnější průměr bubnu je 1200 mm.

Délka pásu na bubnu se vypočítá dle vzorce:

$$DS = \frac{(D_B^2 - d_B^2)}{4s} \pi \quad [m] \quad (4.7)$$

kde: D_B – vnější průměr namotaného pásu [m]
 d_B – vnitřní průměr namotaného pásu [m]
 s – tloušťka pásu [m]

Délka pásu ve svitku:

$$DS = \frac{(1,2^2 - 0,5^2)}{4 \cdot 0,003} \pi = \underline{\underline{311,54 m}} \quad (4.8)$$

Objednáme tedy 310 m svitku.

Výpočet počtu kusů z role svitku

Pro výpočet počtu kusů z role svitku jsou porovnávány dvě varianty nástřihového plánu (obr.4.2).

Při postupu stříhu dle nástřihových plánů (obr 4.2) se nevystřihne první výstřížek v druhé řadě. S tím je třeba počítat při výpočtu počtu výstřížku z svitku a počítat každou řadu samostatně a od druhé řady odpočítat vzdálenost k prvnímu stříhanému výstřížku.

Zároveň je třeba odpočítat vzdálenost nevyužité části plechu od druhého střížníku k zadní podpěře plechu.

Varianta A:

Délka kroku potřebná pro vystřížení 2 kusů výstřížku : $K = 71,5$ mm

Šířka svitku: $M = \check{S} + 2 b_1 = 95 + 9 = 104$ mm

Délka svitku: $DS = 310000$ mm

Vzdálenost nevyužité části plechu: $VP = 110$ mm

Vzdálenost k prvnímu stříhanému výstřížku: $VV = 107$ mm

$$\text{Počet výstřížků v první řadě} = \frac{DS - VP}{DK} = \frac{310000 - 110}{71,5} = \underline{\underline{4334,1259}} \Rightarrow \underline{\underline{4335 \text{ kusů}}} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} \text{Počet výstřížků v druhé řadě} &= \frac{DS - VP - VV}{DK} = \frac{310000 - 110 - 107}{71,5} = \\ &= \underline{\underline{4332,6294}} \Rightarrow \underline{\underline{4332 \text{ kusů}}} \end{aligned} \quad (4.10)$$

Počet výstřížků z svitku $P_v = 4335 + 4332 = \underline{\underline{8667 \text{ kusů}}}$

Varianta B:

Délka kroku potřebná pro vystřížení 2 kusů výstřížku : $K = 93$ mm

Šířka svitku: $M = \check{S} + 2 b_1 = 66 + 9 = 75$ mm

Délka svitku: $DS = 310000$ mm

Vzdálenost nevyužité části plechu: $VP = 110$ mm

Vzdálenost k prvnímu stříhanému výstřížku: $VV = 118$ mm

$$\text{Počet výstřížků v první řadě} = \frac{DS - VP}{DK} = \frac{310000 - 110}{93} = \underline{\underline{3332,1505}} \Rightarrow \underline{\underline{3332 \text{ kusů}}} \quad (4.11)$$

$$\begin{aligned} \text{Počet výstřížků v druhé řadě} &= \frac{DS - VP - VV}{DK} = \frac{310000 - 110 - 118}{93} = \\ &= \underline{\underline{3330,8817}} \Rightarrow \underline{\underline{3330 \text{ kusů}}} \end{aligned} \quad (4.12)$$

Počet výstřížků z svitku $P_v = 3332 + 3330 = \underline{\underline{6662 \text{ kusů}}}$

Ekonomické využití nástřihového plánu:

Varianta A:

Plocha výstřižku: $S = 2318 \text{ mm}^2 = 0,002318 \text{ m}^2$ (výpočet pomocí programu AutoCad)

Plocha výstřižku ze svitku:

$$S_{vs} = P_v \times S_v = 8667 \cdot 2,3185 \cdot 10^{-3} \cong \underline{\underline{20,090 \text{ m}^2}} \quad (4.13)$$

$$\text{Plocha svitku: } S_s = 310 \cdot 0,104 = 32,24 \text{ m}^2 \quad (4.14)$$

$$\text{Využití svitku} = \frac{S_{vs}}{S_s} \cdot 100\% = \frac{20,090}{32,24} = 0,5385 \cdot 100 = \underline{\underline{62,31\%}} \quad (4.15)$$

Varianta B:

Plocha výstřižku: $S = 2318 \text{ mm}^2 = 0,002318 \text{ m}^2$ (výpočet pomocí programu AutoCad)

Plocha výstřižku ze svitku:

$$S_{vs} = P_v \times S_v = 6662 \cdot 2,318 \cdot 10^{-3} \cong \underline{\underline{15,4425 \text{ m}^2}} \quad (4.16)$$

$$\text{Plocha svitku: } S_s = 310 \cdot 0,075 = 23,25 \text{ m}^2 \quad (4.17)$$

$$\text{Využití svitku} = \frac{S_{vs}}{S_s} \cdot 100\% = \frac{15,4425}{23,25} = 0,5745 \cdot 100 = \underline{\underline{66,42\%}} \quad (4.18)$$

Zvolena byla varianta B z důvodu nejvyšší výtěžnosti plechu.

Výpočet spotřeby materiálu pro výrobu 1 000 000 ks / rok

$$\text{Hmotnost svitku: } m_{sv} = \rho \cdot S_s \cdot s = 7850 \cdot 23,25 \cdot 0,003 = \underline{\underline{547,5375 \text{ kg}}} \quad (4.19)$$

kde: ρ = hustota [kg/m^3]

$$\text{Počet svitků: } P_s = \frac{Q}{P_v} = \frac{1000000}{6662} = \underline{\underline{150 \text{ ks svitků}}} \quad (4.20)$$

$$\text{Spotřeba plechu celková: } m_c = m_{sv} \cdot P_s = 547,5375 \cdot 150 = 82130,625 \text{ kg} \quad (4.21)$$

Plocha součásti: $S_v = 2008 \text{ mm}^2 = 0,002008 \text{ m}^2$ (výpočet pomocí programu AutoCad)

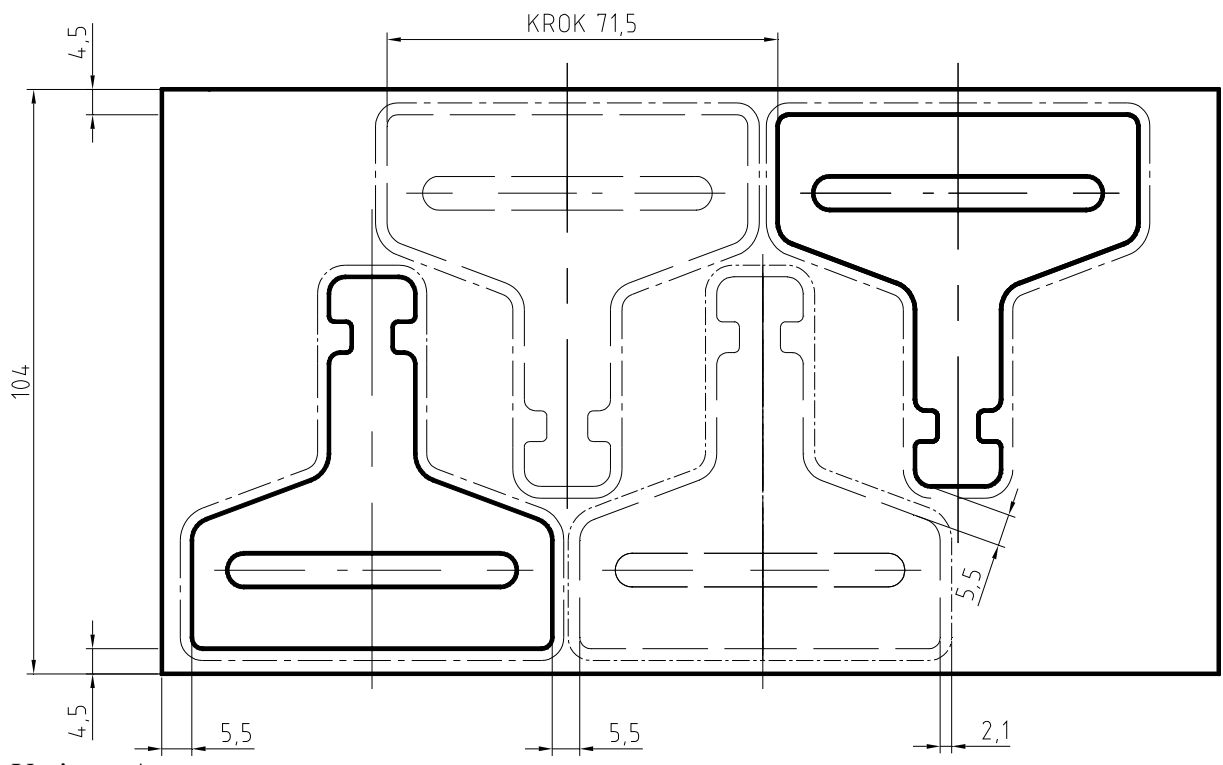
$$\text{Hmotnost součásti: } m_s = S_v \cdot s \cdot \rho = 0,002016 \cdot 0,003 \cdot 7800 = 0,0471842 \text{ kg} \quad (3.5)$$

ρ – hustota, pro ocel: $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$

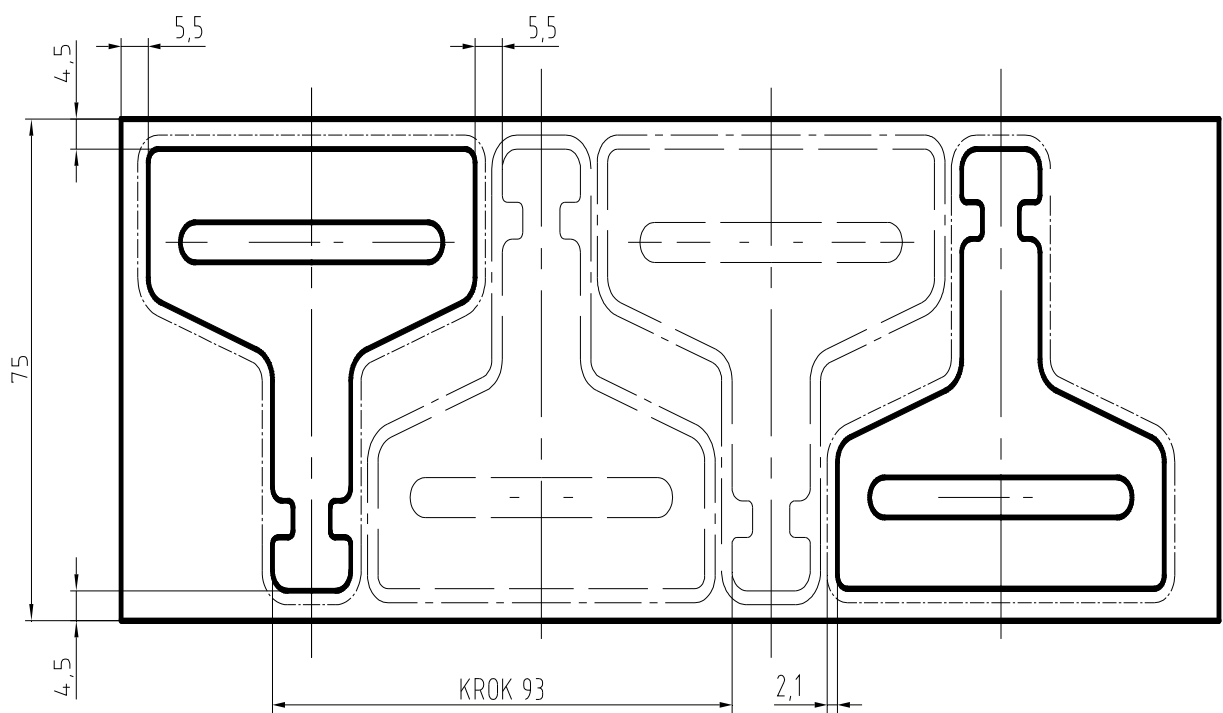
$$\text{Hmotnost vystřižených součástí: } m_{cs} = Q \cdot m_s = \underline{\underline{47184 \text{ kg}}} \quad (4.22)$$

$$\text{Hmotnost technologického odpadu: } m_{po} = m_c - m_{cs} = 82130 - 47184 = 81422 \text{ kg} \quad (4.23)$$

Bude tedy objednáno 150 ks svitků EN 10048-3 x75-EN 10084- 16MnCr5 (1.7131)



Varianta A



Varianta B

Obr. 4.2 Nástřihový plán

Stanovení střížné vůle

- pro plechy tloušťky $s \leq 3 \text{ mm}$

$$v = 2 \cdot m_s = c \cdot s \cdot 0,32 \sqrt{\tau_s} \quad (2.14)$$

v - střížná vůle [mm]

m_s - střížná mezera [mm]

s - tloušťka materiálu = 3 [mm]

τ_s - střížný odpor (0,8 ÷ 0,86) $R_m = 529$ [MPa]

c – koeficient závislý na druhu stříhání, jeho hodnota pro přesné stříhání je $7 \cdot 10^{-4}$

$$v = 2 \cdot m_s = c \cdot s \cdot 0,32 \sqrt{\tau_s} = 7 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 0,32 \sqrt{529} = 0,0155 \text{ mm} \quad (4.24)$$

pro běžnou praxi lze brát střížnou vůli asi 0,5% tloušťky materiálu:

$$v = \frac{5 \cdot s}{1000} = \frac{5 \cdot 3}{1000} = 0,015 \text{ mm} \quad (4.25)$$

Pro výpočty jmenovitých rozměrů funkčních částí stříhadla byla střížná vůle stanovena na rozměr 0,015 mm

Pevnostní výpočty

Kontrola střížníku na otláčení resp. na napětí na dosedací ploše střížníku v upínací hlavici dle [7]:

$$\sigma_{dov} = \frac{F_{stř}}{S} \quad [Pa] \quad (4.26)$$

kde F_s střížná síla

S plocha průřezu činné části střížníku

σ_{dov} .. dovolené namáhání tlakem s ohledem na bezpečnost, pro ocel 19 436.1

je $\sigma_{dov} = 2490 - 2610 \text{ MPa}$.

Kontrolovat budeme střížník s menší plochou průřezu činné části, kde se předpokládá větší napětí na dosedací ploše

Pro střížník šířky 6 mm a délky 53 mm bude $\sigma_{dov} = \frac{F_{stř}}{S} = \frac{231067}{310} = \underline{\underline{745 \text{ MPa}}}$

Protože je namáhání na dosedací ploše střížníku v upínací hlavici větší než 180 MPa u oceli, je nutno použít v upínací hlavici opěrnou kalenou desku, aby nedošlo k omačkání. Střížník vyhovuje i dovolenému namáhání tlakem pro ocel 19 436.1, které je maximálně 2610 MPa.

Stanovení kritické délky střížníku

Pro účely konstrukce nástroje bude určena kritická délka střížníku šířky 6 mm a délky 53 mm. Ostatní střížníky s většími rozměry budou analogicky vyhovovat pevnostním kritériím. Pro jednodušší výpočet provedeme aproximaci a obdélníkový průřez střížníku.

Kritickou délku obdélníkového střížníku, který je veden ve vodící desce vypočítáme dle:

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{\mu \cdot s \cdot 2(a+b) \cdot \tau_s}} \quad [\text{mm}] \quad (4.27)$$

Kde: I - moment setrvačnosti průřezu střížníku [mm⁴]

$$I = \frac{b_s \cdot a^3}{12} \quad [mm^4] \quad (4.28)$$

$$I = \frac{53 \cdot 6^3}{12} = 954 \quad [mm^4]$$

E – modul pružnosti v tahu – ocel $2,1 \cdot 10^5$ MPa

μ – součinitel bezpečnosti – (1,5 ÷ 2)

b_s – delší strana průřezu střížníku [mm]

a – kratší strana průřezu střížníku [mm]

s – tloušťka materiálu [mm]

τ_s – střížný odpor materiálu [MPa]

l_{krit} – délka střížníku [mm]

pak:

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 954}{1,5 \cdot 3 \cdot 2(53 + 6) \cdot 529}} = \underline{\underline{137 \text{ mm}}} \quad (4.29)$$

Je zvolena délka střížníku 90 mm.

Pro předběžný odhad tloušťky střížnice se dle [6] používá vzorec:

$$H = \sqrt[3]{0,1F_s} \quad [mm] \quad (4.30)$$

$$H = \sqrt[3]{0,1 \cdot 515362} = 37,2138 \quad [mm]$$

kde H je tloušťka střížnice [mm]

F_s – střížná síla [N]

Rozměry a tolerance střížníku a střížnice

Stanovení dle ČSN 22 6015

REV... rozměr střížnice při vystřihování

RAV... rozměr střížníku při vystřihování

RED.. rozměr střížnice při děrování

RAD... rozměr střížníku při děrování

JR jmenovitý rozměr součásti

v střížná vůle

TS..... tolerance jmenovitého rozměru

P..... přípustná míra opotřebení

TE výrobní tolerance střížnice

TA výrobní tolerance střížníku

Děrování rozměr 6 mm

JR = 6 mm

TS = ± 0,2 mm

P = 0,16 mm

TA = 0,035 mm

TE = 0,054 mm

v = 0,015 mm

$$RED = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TE \right) - TE = \left(6 - \frac{0,16}{2} - 0,015 + 0,054 \right) - 0,054 =$$

$$= \underline{\underline{5,959}}_{-0,054}^0 \Rightarrow \underline{\underline{5,96}}_{-0,05}^0 \quad (4.31)$$

$$RAD = \left(JR - \frac{P}{2} \right) + TA = \left(6 - \frac{0,16}{2} \right) + 0,035 = \underline{\underline{5,92}}_0^{+0,035} \quad (4.32)$$

Děrování rozměr 53 mm

$$JR = 53 \text{ mm}$$

$$TS = \pm 0,3 \text{ mm}$$

$$P = 0,23 \text{ mm}$$

$$TA = 0,057 \text{ mm}$$

$$TE = 0,089 \text{ mm}$$

$$v = 0,015 \text{ mm}$$

$$RED = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TE \right) - TE = \left(53 - \frac{0,23}{2} - 0,015 + 0,089 \right) - 0,089 =$$

$$= \underline{\underline{52,959}}_{-0,089}^0 \Rightarrow \underline{\underline{52,95}}_{-0,08}^0 \quad (4.33)$$

$$RAD = \left(JR - \frac{P}{2} \right) + TA = \left(53 - \frac{0,23}{2} \right) + 0,057 = \underline{\underline{52,885}}_0^{+0,057} \Rightarrow \underline{\underline{52,88}}_0^{+0,05} \quad (4.34)$$

Vystřihování rozměr 5,5 mm

$$JR = 5,5 \text{ mm}$$

$$TS = \begin{matrix} +0,2 \\ 0 \end{matrix} \text{ mm}$$

$$P = 0,160 \text{ mm}$$

$$TA = 0,035 \text{ mm}$$

$$TE = 0,054 \text{ mm}$$

$$v = 0,015 \text{ mm}$$

$$REV = (JR) + TE = (5,5) + 0,054 = \underline{\underline{5,5}}_0^{+0,054} \quad (4.35)$$

$$RAV = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA = \left(5,5 - \frac{0,16}{2} - 0,015 + 0,035 \right) - 0,035 = \underline{\underline{5,44}}_{-0,035}^0 \quad (4.36)$$

Vystřihování rozměr 8 mm

$$JR = 8 \text{ mm}$$

$$TS = \begin{matrix} +0,2 \\ 0 \end{matrix} \text{ mm}$$

$$P = 0,160 \text{ mm}$$

$$TA = 0,035 \text{ mm}$$

$$TE = 0,054 \text{ mm}$$

$$v = 0,015 \text{ mm}$$

$$REV += (JR) + TE = (8) + 0,054 = \underline{\underline{8_0^{+0,054}}} \quad (4.37)$$

$$RAV = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA = \left(8 - \frac{0,16}{2} - 0,015 + 0,035 \right) - 0,035 = \underline{\underline{7,94_{-0,035}^0}} \quad (4.38)$$

Vystřihování rozměr 15,8 mm

$$JR = 15,8 \text{ mm}$$

$$TS = \begin{matrix} +0,2 \\ 0 \end{matrix} \text{ mm}$$

$$P = 0,160 \text{ mm}$$

$$TA = 0,035 \text{ mm}$$

$$TE = 0,054 \text{ mm}$$

$$v = 0,015 \text{ mm}$$

$$REV = (JR) + TE = (15,8) + 0,054 = \underline{\underline{15,8_0^{+0,054}}} \quad (4.39)$$

$$RAV = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA = \left(15,8 - \frac{0,16}{2} - 0,015 + 0,035 \right) - 0,035 = \underline{\underline{15,76_{-0,035}^0}} \quad (4.40)$$

Vystřihování rozměr 22 mm

$$JR = 22 \text{ mm}$$

$$TS = \pm 0,2 \text{ mm}$$

$$P = 0,16 \text{ mm}$$

$$TA = 0,035 \text{ mm}$$

$$TE = 0,054 \text{ mm}$$

$$v = 0,15 \text{ mm}$$

$$REV = \left(JR - \frac{P}{2} \right) + TE = \left(22 - \frac{0,16}{2} \right) + 0,054 = \underline{\underline{21,92_0^{+0,054}}} \quad (4.41)$$

$$RAV = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA = \left(22 - \frac{0,16}{2} - 0,15 + 0,035 \right) - 0,035 = \underline{\underline{21,805_{-0,035}^0}} \quad (4.42)$$

Vystřihování rozměr 66 mm

$$JR = 66 \text{ mm}$$

$$TS = \pm 0,3 \text{ mm}$$

$$P = 0,23 \text{ mm}$$

$$TA = 0,057 \text{ mm}$$

$$TE = 0,089 \text{ mm}$$

$$v = 0,015 \text{ mm}$$

$$REV = \left(JR - \frac{P}{2} \right) + TE = \left(66 - \frac{0,23}{2} \right) + 0,089 = \underline{\underline{65,885_0^{+0,089}}} \quad (4.43)$$

$$RAV = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA = \left(66 - \frac{0,23}{2} - 0,015 + 0,057 \right) - 0,057 = \underline{\underline{65,927_{-0,057}^0}} \quad (4.44)$$

POTŘEBNÝ POČET TLAČNÝCH A VYHAZOVACÍCH KOLÍKŮ

a) potřebný počet tlačných kolíků k rovnoměrnému zatlačení nátláčné hrany do materiálu

$$S_a = \frac{F_p}{p} = \frac{161000}{50} = 3220 \text{ mm}^2 \quad (4.45)$$

$$S_p = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} = \frac{\pi \cdot 22^2}{4} = 380,1327 \text{ mm}^2 \quad (4.46)$$

$$B_k = \frac{S_a}{S_p} = \frac{3220}{380,1327} = \underline{\underline{8,47 \approx 9 \text{ kusů kolíků}}} \quad (4.47)$$

| | |
|---|--------------------|
| S_a – plocha na níž působí přitlačná síla při daném tlaku | [mm ²] |
| S_p – plocha průřezu tlačného kolíku | [mm ²] |
| B_k – potřebný počet kolíků | [-] |
| F_p – přitlačná síla | [N] |
| p – měrný tlak | = 50 [MPa] |
| d_{kp} – průměr tlačného kolíku | = 22 [mm] |

b) potřebný počet vyhazovacích kolíků na jeden vyhazovač

$$S_b = \frac{F_v}{3p} = \frac{231000}{150} = 1540 \text{ mm}^2 \quad (4.48)$$

$$S_p = \frac{\pi \cdot d_{kv}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 11^2}{4} = 99,0331 \text{ mm}^2 \quad (4.49)$$

$$B_k = \frac{S_b}{S_p} = \frac{1540}{99,0331} = \underline{\underline{15,55 \approx 16 \text{ kusů kolíků}}} \quad (4.50)$$

| | |
|---|--------------------|
| S_b – plocha na níž působí přitlačná síla při daném tlaku | [mm ²] |
| S_{vk} – plocha průřezu vyhazovacího kolíku | [mm ²] |
| B_{vk} – potřebný počet kolíků | [-] |
| F_p – přitlačná síla | [N] |
| p – měrný tlak | = 50 [MPa] |
| d_{kv} – průměr vyhazovacího kolíku | = 11 [mm] |

4.3 NÁVRH STROJE

Při výběru lisu se vychází z vypočítané celkové střížné síly, která je dána součtem síly střížné, přidržovací a vyhazovací. Při trvalém chodu nesmí být lis zatížen silou větší než 90% dovoleného zatížení lisu pro přesné stříhání.

Pro přesné stříhání volíme trojčinné lisy mechanické s přidavným hydraulickým zařízením nebo hydraulické. Dalšími parametry stroje, ke kterým je třeba přihlídnout při výběru lisu jsou síla nátláčné hrany, síla přidržovače, zdvih beranu, zdvih válce nátláčné hrany, a maximální šířka a tloušťka materiálu.

Podle vypočtené střížné síly a ostatních parametrů proto volíme trojčinný lis Feintool HFA 3200 plus.

Technické údaje

| | | |
|--------------------------------|-------|----------------------|
| Celková střížná síla | kN | 2000 - 3200 |
| Síla na přítlačné desce | kN | 140 - 1400 |
| Síla vyhazovače | kN | max. 225 |
| Počet zdvihů při trvalém chodu | 1/min | 70 |
| Výška otevření | mm | min. 330. – max. 410 |
| Upínací plocha stolu | mm | 600 x 600 |
| Tloušťka materiálu | mm | max. 16 |
| Výkon elektromotoru | kW | 97 |
| Rozměry stroje š x d x v | mm | 5500 x 6500 x 3550 |
| Hmotnost | kg | 17600 |

Podrobnější parametry stroje jsou uvedeny v příloze 5.

4.4 PRINCIP NÁSTROJE

Jako optimální technologie pro výrobu součásti „spona bezpečnostního pásu“ je stříhání v střížném nástroji na principu přesného stříhání s nátláčnou hranou. Konstrukce nástroje je založena na principu pevného střížníku nahoře a pohyblivého přidržovače (příloha 6). Vstupní materiál má šíři 75 mm a je veden ve drážkách přidržovačů plechu, které jsou od sebe vzdálené 76 mm. Svitek je posouván po krocích 93 mm podavačem pásu.

Hromadnému charakteru výroby odpovídá masivnější konstrukce nástroje s velkou životností. Hlavní rozměry nástroje jsou voleny dle normativu firmy Feintool [10]. Horní a spodní část nástroje jsou proti sobě vedeny čtyřmi vodícími sloupky s kuličkovým vedením. Horní a spodní část nástroje jsou upnuty pomocí upínek v T drážkách upínací desky lisu. Střížnice je nedělená, kruhová. Ve střížnici jsou smykově uloženy čtyři tvarové vyhazovače. Do tvarových vyhazovačů jsou smykově uloženy střížníky a odtlačovací kolíky, které zamezují nalepování výstřížků na vyhazovač. Vyhazovače jsou ovládány prostřednictvím vyhazovacích kolíků. Střížníky jsou připevněny k základové desce pomocí válcového osazení kotevní deskou.

V horní části nástroje je k upínací desce připevněna opěrná deska, která spolu s kotevní deskou je připevněna pomocí čtyř šroubů k upínací desce. Zároveň je tím připevněny dva střížníky, které jsou opatřeny válcovým osazením. Ve tvarovém střížníku je smykově uložen tři vyrážecí opatřený dvěma odtlačovacími kolíky. Pohyb odtlačovacích kolíků je omezen pružinami a tyčkami, které jsou zabezpečeny proti vysunutí šrouby. Pomocí vyrážecích kolíků je zajištěn pohyb vyrážeců. K vodící desce je pevně připevněna přítlačná deska šesti šrouby a proti pootočení je zabezpečena třemi kolíky. Pohyb přítlačné desky je zajištěn pomocí devíti tlačných kolíků. Přítlačná deska se pohybuje po vodícím sloupku pomocí valivého vedení, které je uloženo ve vodícím pouzdře. Aby nedošlo k nadměrnému zasunutí střížníku do střížnice jsou zde použity dva výškové dorazy. Pro správné odvedení vystříhaného pásu z pracovního prostoru slouží vedení, které se nachází na obou stranách vstupu plechu nástroje.

Po ukončení operace v postupovém nástroji pokračuje výrobek k dalším operacím jako jsou: omílání, čistění, odmašťování, úprava povrchu apod.

5. TECHNICKO – EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

5.1 TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ

Navržená technologie vychází ze současných teoretických poznatků problematiky uzavřeného stříhání a z možnosti dosažitelné přesnosti stříhání.

Při vytvoření technologické konstrukce pro výrobu uvažované součásti – „spony bezpečnostního pásu“ je brán zřetel na vhodný tvar výstřižku s přihlédnutím k výrobní technologii, vhodný materiál, který zabezpečí potřebné mechanické a technologické vlastnosti výstřižku a v neposlední řadě je výběr vhodného typu tvářecího stroje s možností jiné využitelnosti a konstrukci tvářecího nástroje.

Ze dvou možných variant nástřihového plánu byla vybrána varianta B, která měla nejvyšší využití plechu a tím zlevní výrobu součásti.

Stříhání je prováděno na střižném nástroji z svitků plechu šířky 75 mm a tloušťky 3 mm.

Součást je vystřihována z materiálu 14 220.3 jehož charakteristika je popsána v příloze 1. Pracoviště přesného stříhání se skládá z odvíječky, rovnacího zařízení (viz příloha 7) a vlastního lisu, který má podávání svitku a dělení odpadu (zbytku svitku). Vylisované součásti jsou odfukovány i s odpadem (otvory v součásti, otvory pro hledáčky, různé obstřížení tvaru, atd.) na pásový dopravník, který je dopraví do separačního zařízení. Zde se oddělí drobný odpad od součástí, které postupují na konec tohoto zařízení, aby nakonec spadly např. do palety se součástmi. Po chromování a zástřiku do plastu je zkoušena na pevnost v tahu, kdy při této statické zkoušce musí vydržet pevnost min 20 kN a to z hlediska statistické přejímky.

Zvolený stroj Feintool HFA 3200 Plus vyhovuje všem požadavkům na výrobu zadané součásti.

5.2 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Kalkulace nákladů

Kalkulace nákladů je písemný přehled jednotlivých složek nákladů a jejich úhrn na kalkulační jednici.

Kalkulace má 3 významy, které na sebe navazují:

- pomocí kalkulace lze zjistit potřebné náklady na konkrétní výkon podniku, který je vztažen na kalkulační jednici
- výsledkem kalkulace je propočet celkových nákladů na kalkulační jednici
- kalkulace je jedna z mnoha informačních složek podniku, která je úzce spojena s nákladovým účetnictvím, plánováním, rozpočetnictvím, a kterou nelze opomenout díky svému informačnímu obsahu

Kalkulační jednice je výkon vymezený kvalitativně i kvantitativně, např.

- množstvím,
- časem (u výkonů povahy služeb),
- jiným způsobem.

Předmětem kalkulace jsou

- výkony vytvářené vlastní činností, tj. výrobky a služby určené pro odbyt (odbytové výkony) nebo pro vnitropodnikovou spotřebu (vnitropodnikové výkony)
- výkony nakupované od jiných organizací, tj. zjištění pořizovací ceny nakoupeného dlouhodobého nehmotného a hmotného majetku a zásob (pomocí kalkulačních účtů finančního účetnictví).

Kalkulační vzorec je předepsané seskupení a členění nákladů a ostatních složek ceny do kalkulačních položek.

Zajišťuje se jím jednotnost při sestavování a vzájemném porovnání kalkulací. Volba kalkulačního vzorce závisí na konkrétních podmínkách každé účetní jednotky a je plně v její

pravomoci. Kalkulační vzorec a náplň jeho jednotlivých položek je závazně určena ve vnitřní směrnici účetní jednotky. Kalkulační vzorec může mít následující podobu:

| | | | | | | |
|----|--|------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------|
| 1. | přímý materiál | vlastní náklady výroby | vlastní náklady výkonu | úplné vlastní náklady výkonu | výrobní cena | prodejní cena |
| 2. | přímé mzdy | | | | | |
| 3. | ostatní přímé náklady | | | | | |
| 4. | výrobní (provozní) režie | | | | | |
| 5. | správní režie | | | | | |
| 6. | zásobovací režie | | | | | |
| 7. | odbytová režie | | | | | |
| 8. | zisk (ztráta) | | | | | |
| 9. | obchodní a odbytové přirážky a srážky | | | | | |

Náplň položek kalkulačního vzorce:

1. PŘÍMÝ MATERIÁL

- surovina základní materiál, který tvoří podstatu výrobku nebo přispívá k tvorbě podstatných vlastností
- spotřební norma, ceník
- zahrnujeme sem i výrobní obaly, pokud jejich hodnotu můžeme jednoduchým způsobem vyčíslit na KJ

2. PŘÍMÉ MZDY

- mzdy výrobních dělníků za dopracovaný čas
- příplatky, prémie, odměny, vztahující se k těmto mzdám a lze je jednoduše vyčíslit na KJ

3. OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY

- zákonné pojištění ke mzdám výrobních dělníků (35% k 524)
- také opotřebením speciálních nástrojů, spotřeba technologického paliva a energií

4. VÝROBNÍ REŽIE

- náklady, které souvisí s provozem, s výrobou
- např. spotřeba formulářů, olejů, mazadel, tiskopisů
mzdy pomocných dělníků, služby, opravy a udržování, všechny energie, telefonní poplatky,
opotřebením výrobních strojů

5. SPRÁVNÍ REŽIE

- náklady, které souvisí s řízením a správou podniku (tiskopisy, mzdy, spotřeba energií, opravy a udržování)

6. ODBYTOVÉ NÁKLADY

- souvisí se skladováním, uzavíráním kupních smluv, prodejem a expedicí

Kalkulační metody používané pro rozvrhování režijních nákladů

Způsob, jakým se stanoví podíl nepřímých nákladů na kalkulační jednici

- kalkulace dělením prostým používá se u stejnorodé výroby, výsledkem je 1 druh výrobku, který se neliší
- kalkulace pomocí poměrových čísel - používá se opět u stejnorodé výroby, výsledný výrobek se nepatrně liší kvalitou, tvrdostí, pracností, velikostí

- c) kalkulace postupná a průběžná je typická pouze u firem ,kde výroba prochází několika fázemi, které tvoří technologicky uzavřený celek
- d) kalkulace režijní (přirážková) použití u firem, kde se vyrábí více nákladově různorodých výrobků. Při rozvrhování režijních nákladů na kalkulační jednici se volí rozvrhová základna, měří se poměry jednotlivých faktorů, jednic k ní:
- propočtem v naturálním vyjádření jednotek se stanoví režijní sazba
 - propočtem ve finančním vyjádření se stanoví režijní přirážka, zpravidla dle zvyklosti jednotlivých podniků v procentech základní částky

Vztah mezi ziskem, objemem výroby, cenou a náklady

Pro rentabilitu výroby je nutné mít rovnováhu celkové náklady a celkové výnosy. Toto nám v závislosti na objemu výroby udává bod zvratu. V praxi je samozřejmě snaha o největší zisk a proto musí být výnosy větší než náklady a pohybovat se v grafickém vyjádření bodu zvratu s objemem výroby nad tímto bodem (obr. 5.1).

Podstata metody

Analýza bodu zvratu je všeobecně známá pod anglickým názvem Break Even Analysis. Jedná se o zkoumání rovnováhy mezi náklady a výnosy. Analýza bodu zvratu předpokládá, že se v podnikových výkazech sledují odděleně variabilní a fixní náklady. Oddělené sledování variabilních a fixních nákladů je nutné, jestliže podnik pracuje s metodou příspěvku na úhradu. Při analýze bodu zvratu jsou vztahy mezi tržbami, náklady a ziskem přehledně a jasně uspořádány. Výsledky pak mohou být zjišťovány matematicky nebo graficky.

Pomocí analýzy bodu zvratu je možno určit bod zvratu, v němž se vyrovnávají celkový výnosy s celkovými náklady podniku. Analýza bodu zvratu poskytuje vedení podniku a odpovědným pracovníkům koncentrované informace, které mu umožňují v budoucnu lépe rozhodovat. Poněvadž pomocí této analýzy lze jednoduše přezkoumat různé alternativy jednání, je tato metoda ve firmách ekonomicky vyspělých zemí velmi oblíbená.

S použitím analýzy zvratu lze lépe posuzovat možnosti dosažení zisku. Umožňuje jasnější výpovědi o jistotě firmy. Výše zisku a jistota jejího dosažení jsou důležitými informacemi pro úspěšné vedení firmy.

Jednoduchým způsobem lze vypočítat, jaký vliv mají změny prodávaných množství, prodejní ceny jakož i variabilní a fixní náklady na výši dosahovaného zisku.

Odvození bodu zvratu

Vycházíme z toho, že celkové náklady = celkové tržby

$$CN = CT \quad (5.1)$$

$$\text{Celkové tržby určíme ze vztahu: } CT = p_c \cdot q \quad (5.2)$$

$$\text{Celkové náklady ze vztahu: } CN = FN + vn \cdot q \quad (5.3)$$

pak dosažením

$$FN + vn \cdot q = p_c \cdot q \quad (5.4)$$

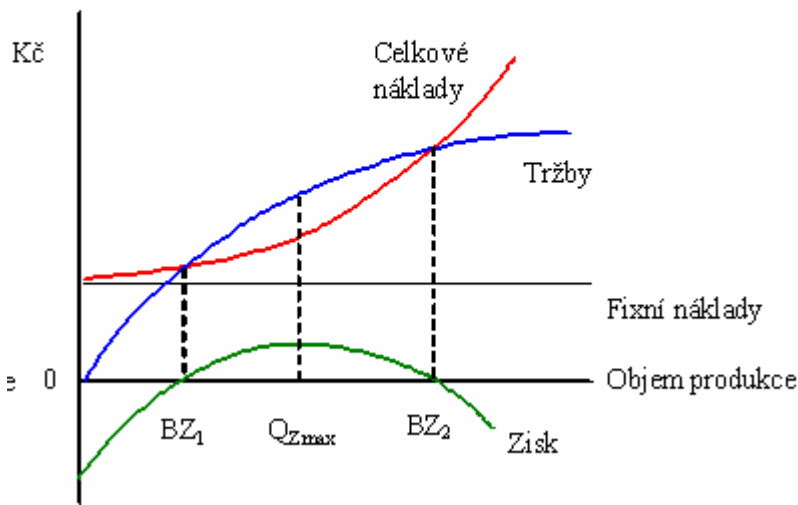
| | | |
|-----|-------------------------------|---------|
| kde | FN - fixní náklady | [Kč] |
| | CN - celkové náklady | [Kč] |
| | CT - celkové tržby | [Kč] |
| | q - objem výkonů | [ks] |
| | p _c - cena výrobku | [Kč] |
| | vn - variabilní náklady | [Kč/ks] |

Bodu zvratu je dosaženo, když se cena rovná průměrným nákladům (součtu fixních nákladů připadajících na jednotku produkce a variabilních nákladů na jednotku produkce):

$$q(BZ) = \frac{FN}{p_c - vn} \quad (5.5)$$

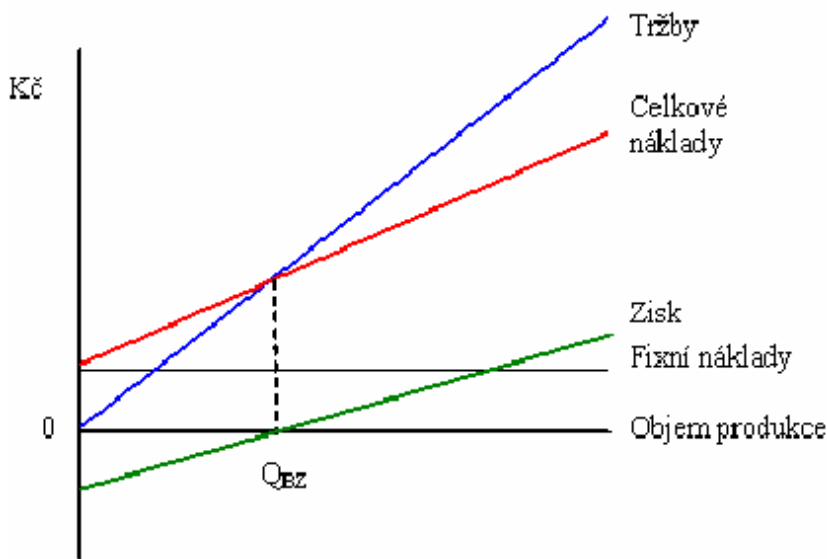
$q(BZ)$ - množství (bod zvratu) [ks]
 FN - fixní náklady [Kč]
 p_c - cena výrobku [Kč]
 vn - variabilní náklady [Kč/ks]

Bod zvratu při nelineárním průběhu nákladů



a)

Bod zvratu při lineárním průběhu nákladů



b)

Obr.5.2 Grafické znázornění bodu zvratu
 a) při nelineárním průběhu nákladů
 b) při lineárním průběhu nákladů

5.2.1 Výpočet ekonomického zhodnocení pro stávající variantu

Do nákladů na výrobu jsou zahrnuty jen cena nástroje a ceny spotřebovaného materiálu. Navržené strojní zařízení zde není zahrnuto, protože se nachází ve vybavení podniku.

Vstupní hodnoty

K výpočtu ekonomických ukazatelů jsou potřebné tyto údaje.

Životnost nástroje $T_s = 4$ roky
Vyráběné množství $Q = 1\,000\,000$ ks/rok
Dílenské režie:

- jednicové mzdy $JM = 100\%$
- výrobní režie $VR = 435\%$
- správní režie $SR = 125\%$
- ostatní přímé náklady $OPN = 20\%$

Zpracovatelská režie:

$$\begin{aligned} ZR &= JM + VR + SR + OPN \\ ZR &= 100 + 435 + 125 + 20 \\ ZR &= 680\% \end{aligned} \quad (5.6)$$

Tarifní třídy :

- TKK 4 = 130,00 Kč/hod (obsluha lisu)
- TKK 5 = 140,00 Kč/hod
- TKK 6 = 150,00 Kč/hod (seřizovač)
- TKK 7 = 160,00 Kč/hod (nástrojař)

Náklady na materiál

Dáno:

| | |
|-------------------------|----------|
| materiál | 14 220.3 |
| cena materiálu v tabuli | 54 Kč/kg |
| cena odpadu | 6 Kč/kg |

Hmotnost plechu spotřebovaného za rok je dle kap. 2.2 :

$$m_p = 128606 \text{ kg}$$

Cena plechu spotřebovaného za rok

$$C_p = m_p \cdot \text{cena materiálu za 1 kg} = 128606 \cdot 54 = \underline{\underline{6944724 \text{ Kč}}} \quad (5.7)$$

Hmotnost odpadu je dle kap. 2.2:

$$m_{po} = 81422 \text{ kg}$$

Výpočet ceny odpadu

$$C_{od} = m_{po} \cdot \text{cena odpadu za 1 kg} = 81422 \cdot 6 = \underline{\underline{488532 \text{ Kč}}} \quad (5.8)$$

Náklady na materiál za 1 rok

$$N_m = C_p - C_{od} = 982\,692 - 179\,676 = \underline{\underline{6\,456\,192 \text{ Kč}}} \quad (5.9)$$

Náklady na nástroj

Čas pro výrobu: $VČ = 130Nh$ v TTK 7

Jednicové mzdy:

$$\begin{aligned} JM &= V\check{C} \cdot TTK \cdot 7 \\ JM &= 130 \cdot 160 = \underline{20\,080\text{ Kč}} \end{aligned} \quad (5.10)$$

Zpracovatelské náklady:

$$\begin{aligned} ZN &= JM \cdot RN \\ ZN &= 20\,080 \cdot 680\% \\ ZN &= \underline{141\,440\text{ Kč}} \end{aligned} \quad (5.11)$$

Zisk:

Zisk v závodě činí 20% ZN

$$\begin{aligned} Z &= 0,2 \cdot 141\,440 \\ Z &= \underline{28\,288\text{ Kč}} \end{aligned}$$

Cena materiálu na nástroj:

| Materiál | Hmotnost [kg] | Cena [Kč/kg] | Částka [Kč] |
|---------------|---------------|--------------|---------------|
| tř. 11 | 21,5 | 25 | 537,00 |
| tř. 12 | 2 | 25 | 50,00 |
| tř. 14 | 5,1 | 28 | 143,00 |
| tř. 19 | 4,1 | 50 | 205,00 |
| Celkem | | | 935,00 |

tab. 11 cena materiálu dle ceníku Feron a.s. [19]

Celková cena materiálu na nástroj je dle tab. 11 rovna 935,00 Kč

Cena nástroje:

$$\begin{aligned} N &= ZN + Z + \text{materiál} \\ N &= 141440 + 28288 + 935 \\ N &= \underline{170\,663,00\text{ Kč}} \end{aligned} \quad (5.12)$$

Náklady na přímé mzdy

$$M_A = \underline{0,55\text{ Kč/ks}}$$

Hodnota M_A je stanovena dle zvyklostí podniku na základě výrobních časů jednotlivých operací a příslušných tarifních tříd.

Celkové roční náklady na mzdy a režii

$$\begin{aligned} N_{mr} &= M_A \cdot Q \cdot (VR + SR) \\ N_{mr} &= 0,55 \cdot 1\,000\,000 \cdot (4,35 + 1,25) \\ N_{mr} &= \underline{3\,080\,000\text{ Kč}} \end{aligned} \quad (5.13)$$

Náklady na výrobu jednoho kusu po dobu životnosti nástroje

$$\begin{aligned} N_{KS} &= \frac{T_s \cdot N_{mr} + N}{Q \cdot T_s} + N_{KSmat} \\ N_{KS} &= \frac{4 \cdot 3\,080\,000 + 170\,663}{10\,000\,000 \cdot 4} + 6,5 = \underline{9,75\text{ Kč}} \end{aligned} \quad (5.14)$$

N_{KSmat} – materiálové náklady na jeden kus [Kč/ks]

$$N_{KSmat} = \frac{N_m}{Q} [K\check{c} / ks] \quad (5.15)$$

Náklady na chromátování jsou stanoveny na 20 Kč na kilogram materiálu.

Náklady na chromátování na jeden kus:

$$N_{PU} = \frac{m_p \cdot 20}{1000000} = \frac{47184,0440 \cdot 20}{1000000} = 0,94 \text{ K}\check{c} \quad (5.16)$$

Celková cena výrobku:

Zisk podniku je stanoven na 30% ceny výrobku

$$N_c = (N_{KS} + N_{PU}) \cdot 1,3 = (9,75 + 0,94) \cdot 1,3 = 13,98 \text{ K}\check{c} \quad (5.17)$$

Stanovení bodu zvratu

Stanovíme dle kapitoly 5.2

Základní údaje:

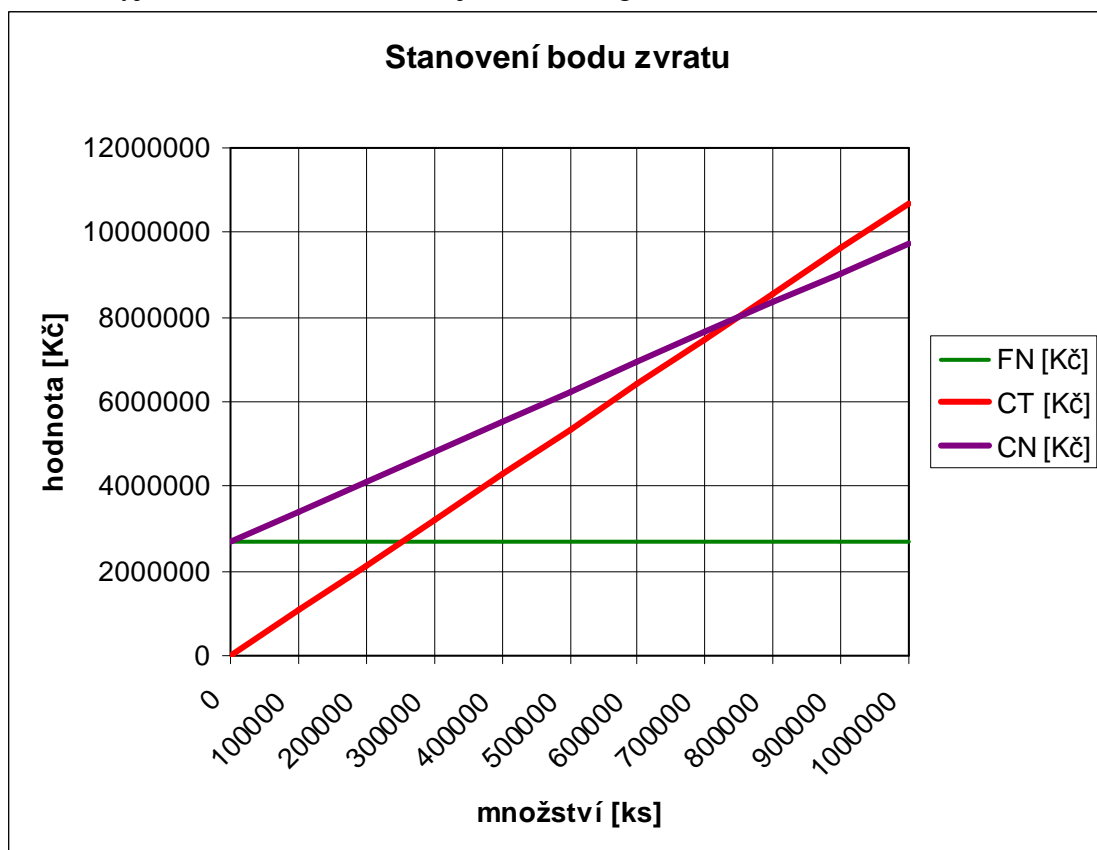
FN = 2 700 663 Kč

$p_c = 10,69 \text{ K}\check{c}/ks$

$vn = 7,05 \text{ K}\check{c}/ks$

$$q(BZ) = \frac{FN}{p_c - vn} = \frac{2700663}{10,69 - 7,05} = 741940 \text{ Kusů} \quad (5.18)$$

Graf 1. Vyjádření bodu zvratu stávající technologie



5.2.2 Výpočet ekonomického zhodnocení pro novou variantu

Vstupní hodnoty

Vstupní hodnoty jsou stejné jako u stávající technologie (kap. 5.2.1)

Náklady na materiál

| | |
|----------------|----------|
| Dáno: materiál | 14 220.3 |
| cena materiálu | 54 Kč/kg |
| cena odpadu | 6 Kč/kg |

Hmotnost plechu spotřebovaného za rok je dle kap. 4.2 :

$$m_p = 82\,130,625 \text{ kg}$$

Cena plechu spotřebovaného za rok

$$C_p = m_p \cdot \text{cena materiálu za 1 kg} = 82\,130,625 \cdot 54 = \underline{\underline{4\,435\,053,75 \text{ Kč}}} \quad (5.19)$$

Hmotnost odpadu je dle kap. 4.2:

$$m_{po} = \underline{\underline{34946,5809 \text{ kg}}}$$

Výpočet ceny odpadu

$$C_{od} = m_{po} \cdot \text{cena odpadu za 1 kg} = 34946,5809 \text{ kg} \cdot 6 = \underline{\underline{209\,679,50 \text{ Kč}}} \quad (5.20)$$

Náklady na materiál za 1 rok

$$N_m = C_p - C_{od} = 4\,435\,053,75 - 209\,679,50 = \underline{\underline{4\,225\,374,25 \text{ Kč}}} \quad (5.21)$$

Náklady na nástroj

Čas pro výrobu: $V\check{C} = \underline{\underline{260 \text{ Nh}}}$ v TTK 7

Jednicové mzdy:

$$JM = V\check{C} \cdot \text{TTK 7} \quad (5.22)$$

$$JM = 260 \cdot 160 = \underline{\underline{41\,600 \text{ Kč}}}$$

Zpracovatelské náklady:

$$ZN = JM \cdot RN \quad (5.23)$$

$$ZN = 41\,600 \cdot 680\%$$

$$ZN = \underline{\underline{282\,880 \text{ Kč}}}$$

Zisk:

Zisk činí 20% ZN

$$Z = 0,2 \cdot 279\,072$$

$$Z = \underline{\underline{56\,576 \text{ Kč}}}$$

Cena materiálu na nástroj:

| Materiál | Hmotnost [kg] | Cena [Kč/kg] | Částka [Kč] |
|------------------------------|---------------|--------------|------------------|
| tř. 11 | 447 | 25 | 11175,00 |
| tř. 12 | 16 | 25 | 400,00 |
| tř. 14 | 16 | 28 | 448,00 |
| tř. 19 | 120 | 50 | 6000,00 |
| spojovací a ostatní materiál | | | 2000,00 |
| Celkem | | | 20 023,00 |

tab. 12 cena materiálu dle ceníku Feron a.s.

Celková cena materiálu na nástroj je dle tab. 12 rovna 20 023,00 Kč

Cena nástroje:

$$\begin{aligned} N &= ZN + Z + \text{materiál} & (5.24) \\ N &= 282880 + 56676 + 20023 \\ N &= \underline{359\,579,00 \text{ Kč}} \end{aligned}$$

Náklady na přímé mzdy

$$M_A = \underline{0,495 \text{ Kč/ks}}$$

Hodnota M_A je stanovena dle zvyklostí PBS Třebíč na základě výrobních časů jednotlivých operací a příslušných tarifních tříd.

Celkové roční náklady na mzdy a režii

$$\begin{aligned} N_{mr} &= M_A \cdot Q \cdot (VR + SR) & (5.25) \\ N_{mr} &= 0,495 \cdot 1\,000\,000 \cdot (4,35 + 1,25) \\ N_{mr} &= \underline{2\,772\,000 \text{ Kč}} \end{aligned}$$

Náklady na výrobu jednoho kusu „spony“ po dobu životnosti nástroje

$$\begin{aligned} N_{KS} &= \frac{T_s \cdot N_{mr} + N}{Q \cdot T_s} + N_{KSmat} & (5.26) \\ N_{KS} &= \frac{4 \cdot 2772000 + 359579}{1000000 \cdot 4} + 4,23 = \underline{7,36 \text{ Kč}} \end{aligned}$$

N_{KSmat} – materiálové náklady na jeden kus [Kč/ks]

$$N_{KSmat} = \frac{N_m}{Q} = \frac{4225374}{1000000} = 4,23 \text{ Kč / ks} \quad (5.27)$$

Náklady na chromátování jsou stanoveny na 20 Kč na kilogram materiálu.

Náklady na chromátování na jeden kus:

$$N_{PU} = \frac{m_p \cdot 20}{1000000} = \frac{47\,184,0440 \cdot 20}{1000000} = 0,94 \text{ Kč} \quad (5.28)$$

Celková cena výrobku:

Zisk podniku je stanoven na 30% ceny výrobku

$$N_c = (N_{KS} + N_{PU}) \cdot 1,3 = (7,36 + 0,94) \cdot 1,3 = 10,79 \text{ Kč} \quad (5.29)$$

Stanovení bodu zvratu

Stanovíme dle kapitoly 5.2

Základní údaje:

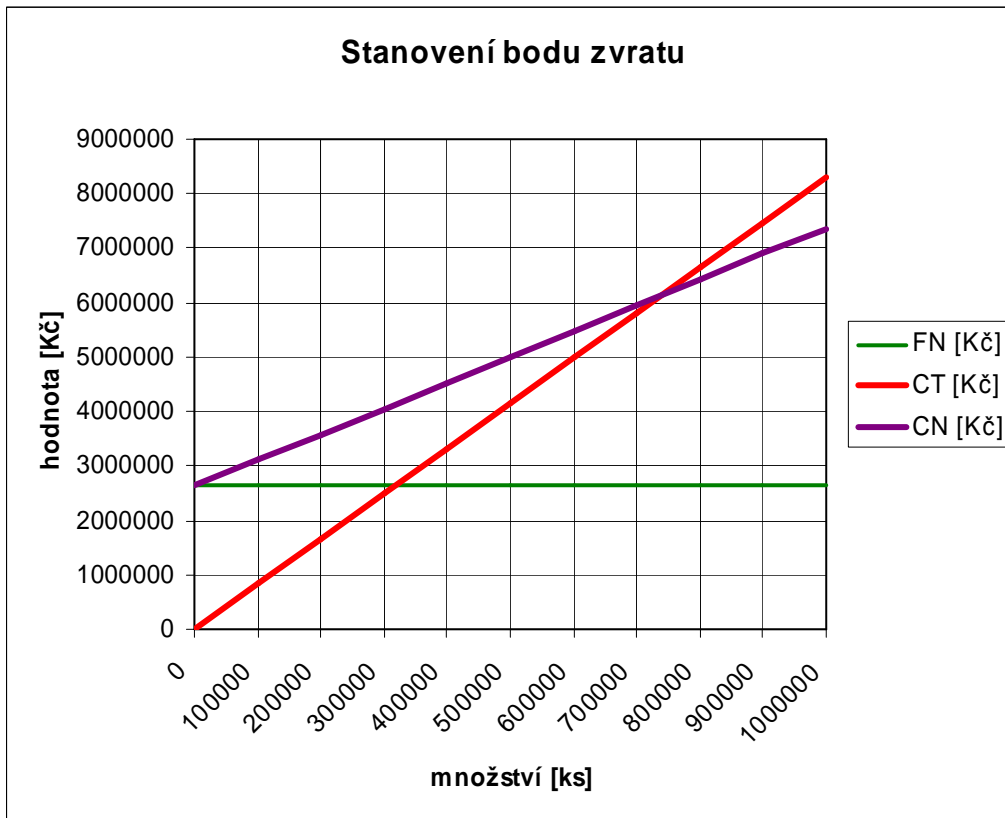
$$FN = 2\,636\,579 \text{ Kč}$$

$$p_c = 8,3 \text{ Kč/ks}$$

$$vn = 4,725 \text{ Kč/ks}$$

$$q(BZ) = \frac{FN}{p_c - vn} = \frac{2636579}{8,3 - 4,725} = 737507,6 \text{ Kusů} \quad (5.30)$$

Graf 2. Vyjádření bodu zvratu nová technologie



5.2.3 Ekonomické porovnání stávající a nově navržené technologie výroby součástí

Technologie budeme porovnávat za základě závislosti jednotkové ceny výrobku na počtu vyrobených kusů. Pro výpočet použijeme vzorec :

$$N_{KS} = M_A \cdot (VR + SR) + \frac{N}{Q \cdot T_S} + N_{KSMat} \quad (5.31)$$

kde N_{KS} jsou náklady na výrobu jednoho kusu [Kč/ks]
 M_A - náklady na přímé mzdy [Kč/ks]
 VR - výrobní režie [%]
 SR - správní režie [%]
 N - cena nástroje [Kč]
 Q - vyrobené množství [ks]
 T_S - doba výroby [rok]
 N_{KSMat} - kusové náklady na materiál [Kč/ks]

Vstupní data pro stávající výrobu:

$M_A = 0,55$ Kč/ks
 $VR = 4,35\%$
 $SR = 1,25\%$
 $N = 170\,663$ Kč
 $T_S = 1$ rok
 $N_{KSMat} = 6,50$ Kč/ks

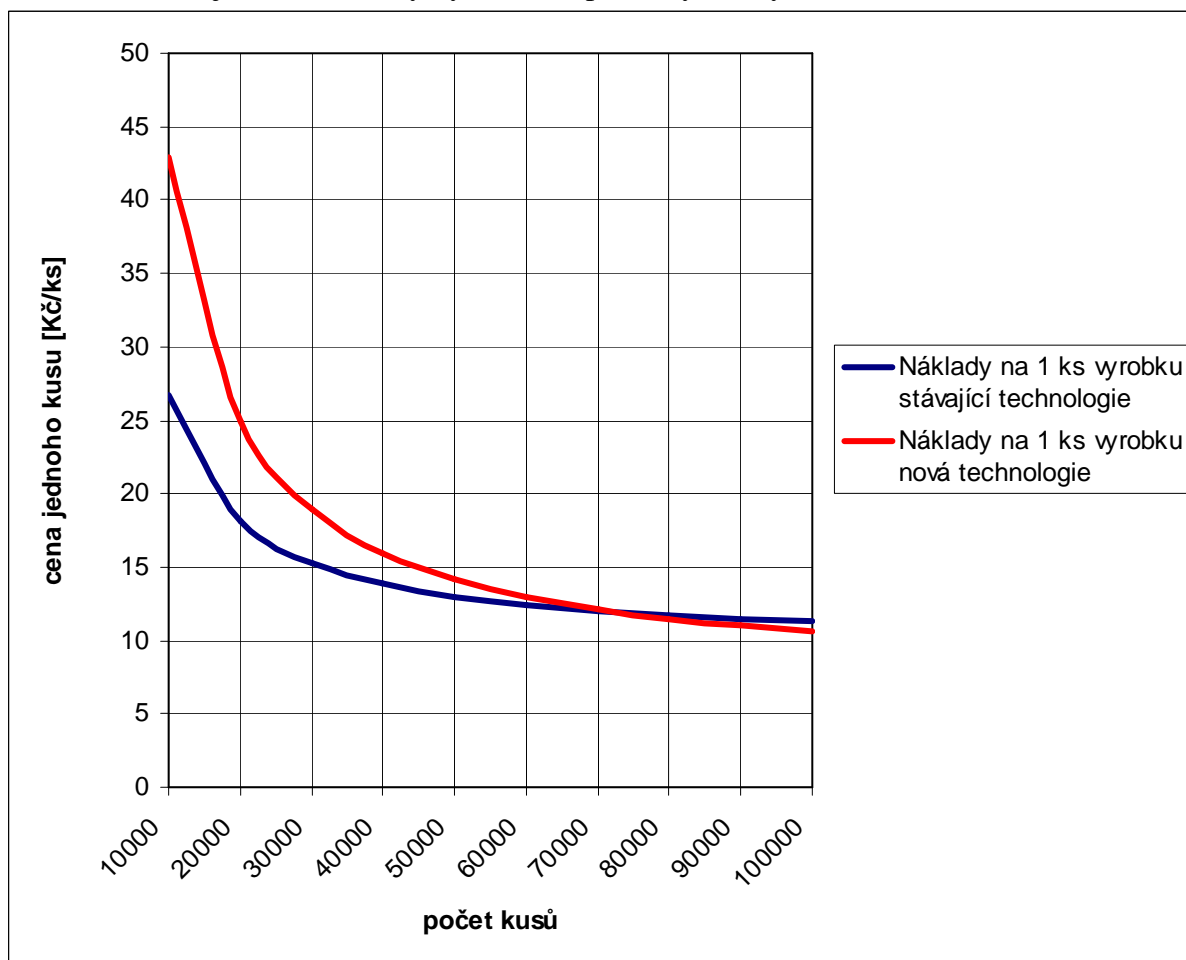
Vstupní data pro nově navrhovanou výrobu:

$M_A = 0,495$ Kč/ks
 $VR = 4,35\%$

SR = 1,25%
N = 359 579 Kč
 $T_S = 1$ rok
 $N_{KSMat} = 4,23$ Kč/ks

Závislosti a porovnání jsou provedeny v programu Excel a výsledek v grafu 3.

Graf 3 Závislost jednotkové ceny výrobku na počtu vyrobených kusů



Z grafu a výpočtu vyplývá, že nově navrhovaná technologie výroby spony přesným stříháním s nátláčnou hranou je i přes počáteční vyšší náklady za nástroj výhodnější od výroby 73 280 kusů za rok a to především díky úsporám na materiálu a nižších nákladech na přímé mzdy.

6. ZÁVĚR

Zadáním diplomové práce bylo zvolit a zpracovat vhodnou produktivnější technologii výroby pro požadovanou součást – „spona bezpečnostního pásu“. Pro možnost porovnání nové technologie je v úvodní části rámcově zpracována varianta současného stavu výroby této součásti. Při navrhování nové technologie bylo vycházeno ze současných teoretických poznatků problematiky stříhání. Novou technologií pro výrobu spony bezpečnostního pásu byla zvolena technologie přesného stříhání s nátláčnou hranou. Hlavní důraz byl kladen na výpočty tvářecích, přidržovacích a vyhazovacích sil, které nám slouží jako hlavní parametr pro určení výsledné síly, která je pak důležitá pro určení velikosti tvářecího stroje. Z hlediska technologičnosti konstrukce součásti byly dodrženy zásady technologičnosti z důvodu vyrobitelnosti součásti, které se týkaly např.: zužování tolerancí rozměrů, drsnosti povrchu, velikosti otvorů, zaoblení rohů výstřížku apod.

Ve vypracovaném projektu jsou posouzeny celkem 2 varianty nástřihového plánu. Nástroj je řešen dle zvyklostí firmy Feintool. Konstrukce nástroje je založena na principu pevného střížníku nahoře a pohyblivého přidržovače. Nástroj je upnut do trojčinného hydraulického lisu HFA 3200 plus od výrobce Feintool s nominální střížnou silou 2505 - 3200 kN. Vypočtená cena nástroje 359 579 Kč je srovnatelná s obdobnými vyráběnými střížnými nástroji.

Počet kusů zadané série odpovídá hromadnému způsobu výroby. Z tohoto důvodu bylo také navrženo pracoviště s mechanizačními prvky, které vedle konstrukce nástroje podstatně pomohly k výraznému nárůstu produktivity práce a zásadnímu snížení nákladů na výrobu.

Cena kalkulované dávky 1000000 ks je díky nově navržené technologii snížena o 3 190 000 Kč. Zde je patrné, jak se negativně projeví vliv výrobních režii a ceny práce stávající technologie.

Výhodou nově navržené technologie je i odstranění stereotypní práce při ruční manipulaci s pásy plechu při jejich vkládání do nástroje.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření : plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno : CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [2] NOVOTNÝ, Josef, LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1980. 216 s.
- [3] NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. VUT. 1. vyd. Brno : VUT, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
- [4] VYSKOČIL, Oldřich, BARTOŠ, Pavel. *Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání*. 1. vyd. Brno: Zbrojovka Brno, 1977. 88 s.
- [5] BAREŠ, Karel, et al. *Lisování*. Jindřich Klůna; Vladislav Lacina; TISK n.p. Brno. 1. vyd. Praha : SNTL, 1971. 544 s. , 10 grafických příloh. Strojírenská literatura; sv. 6870.
- [6] KRÍŽ, Rudolf, VÁVRA , Pavel. *Strojírenská příručka : 8.sv. : Tváření*. Praha : Scientia, 1998. 255 . ISBN 80-7183-054-2.
- [7] FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vysoké učení technické v Brně. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
- [8] KOTOUČ, JIŘÍ, et al. *Tvářecí nástroje*. ČVUT. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1993. 350 s. ISBN 80-01-01003-1.
- [9] AMBROŽ, O., HORÁČEK, M., MACÁŠEK, Z.: *Technologie slévání, tváření a spojování*, Laboratorní cvičení, VUT Brno, 1989, 92s
- [10] BIRZER, Franz. *Forming and fineblanking*. Landsberg : Verl. Moderne Industrie, 1997. 71 s. ISBN 3-478-93161-4.
- [11] Řasa, J., Haňek, V., Kafka, J.: *Strojírenská technologie 4*, Scientia spol s r.o., 2003, ISBN 80-7183-284-7
- [12] SYNEK, Miloslav, et al. *Podniková ekonomika*. 4. přeprac. vyd. PhDr.Marcela Palíšková. Praha : C.H.Beck, 2006. Typologie podniků, s. 72-88. ISBN 8071798924
- [13] NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje a zařízení*. Brno : [s.n.], 2002. 122 s. Dostupný z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/vyrobnni_stroje_a_zarizeni_novotny.pdf>.
- [14] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 1. vyd. Praha 6 : ALBRA, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [15] HRIVŇÁK, A., aj.: *Technológia plošného tvárnenia*, 1985, Bratislava, Alfa , skripta
- [16] HRIVŇÁK,A., PODOLSKÝ,M., DOMAZETOVÍČ,V.: *Teória tvárnenia a nástroje*. ALFA Bratislava1992, s 338. ISBN 80-05-01032-X
- [17] Petruželka, J., Březina, R.: *Úvod do tváření II* , učební texty ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, Fakulta strojní, Dostupné na WWW: <<http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/TTV/>>
- [18] *Technické normy: ČSN 22 6015: Stříhadla a střížné vřle, Směrnice pro výpočet a konstrukci*
- [19] Internet: <http://www.ferona.cz> – internetové stránky firmy Feron
- [20] Internet: <http://www.feintool.com> - internetové stránky firmy Feintool

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| Označení | Legenda | Jednotka |
|------------|--------------------------------------|----------|
| A | střižná práce | [J] |
| a | kratší strana průřezu střižníku | [mm] |
| b | šířka zářezu součásti | [mm] |
| b_1 | velikost postranních odpadů | [mm] |
| b_2 | šířka můstku | [mm] |
| B_k | počet tlačných kolíků | [ks] |
| b_s | delší strana průřezu střižníku | [mm] |
| B_{vk} | počet vyhazovacích kolíků | [ks] |
| c | koef. závislý na druhu stříhání | [-] |
| CN | celkové náklady | [Kč] |
| C_{od} | cena odpadu | [Kč] |
| C_p | cena plechu | [Kč] |
| CT | celkové tržby | [Kč] |
| D_B | vnější průměr bubnu | [mm] |
| d_B | vnitřní průměr bubnu | [mm] |
| d_{kp} | průměr tlačného kolíku | [mm] |
| DS | délka svitku | [m] |
| d_{vk} | průměr vyhazovacího kolíku | [mm] |
| E | modul pružnosti | [MPa] |
| f | průměr otvoru | [mm] |
| F_1 | střižná síla na jeden zub | [N] |
| F_c | celková síla | [MPa] |
| F_D | střižná síla střižníku | [N] |
| F_{kr} | kritická síla | [N] |
| FN | fixní náklady | [Kč] |
| F_p | přidržovací síla | [N] |
| F_{pc} | celková přidržovací síla | [N] |
| F_s | střižná síla | [N] |
| F_{s1} | střižná síla pro vystřihování otvoru | [N] |
| F_{s2} | střižná síla pro vystřihování tvaru | [N] |
| F_{smax} | maximální střižná síla | [N] |
| F_t | třecí síla | [N] |
| F_v | vyhazovací síla | [N] |
| F_{vc} | celková vyhazovací síla | [N] |
| H | tloušťka střižnice | [mm] |
| h | výška nátláčné hrany | [m] |
| h_{max} | výška vystupující části obrysu | [mm] |
| h_s | hloubka zatlačení střižníku | [mm] |

| Označení | Legenda | Jednotka |
|--------------------|---|--------------------|
| I | moment setrvačnosti | [mm ⁴] |
| IT | rozměrová přesnost | [-] |
| JM | jednicové mzdy | [%] |
| JR | jmenovitý rozměr součásti | [mm] |
| k | koef. závislý na druhu a tloušťce materiálu | [-] |
| K | délka kroku | [mm] |
| k _p | odpor materiálu proti vtlačení natlačné hrany | [MPa] |
| L | délka pásu | [mm] |
| l | délka stříhu | [mm] |
| l _{krit} | kritická délka střížníku | [mm] |
| L _n | délka tlačné hrany | [mm] |
| M | šířka svitku | [mm] |
| MA | náklady na přímé mzdy | [Kč] |
| m _c | celková spotřeba plechu | [kg] |
| m _{cs} | hmotnost vystřižených součástí | [kg] |
| M _p | šře pásu | [mm] |
| m _p | hmotnost plechu | [kg] |
| m _{po} | hmotnost odpadu | [kg] |
| m _s | střížná mezera | [mm] |
| m _{sv} | hmotnost svitku | [kg] |
| m _t | hmotnost tabule | [kg] |
| m _z | modul zubu | [mm] |
| n | součinitel otupení nástroje | [-] |
| N | cena nástroje | [Kč] |
| N _c | celková cena výrobku | [Kč] |
| N _{KS} | náklady na výrobu jednoho ks | [Kč/ks] |
| N _{KSmat} | materiálové náklady na výrobu jednoho ks | [Kč/ks] |
| N _m | náklady na materiál | [Kč] |
| N _{mr} | náklady na mzdy a režii | [Kč] |
| N _{pu} | náklady na povrchovou úpravu | [Kč] |
| n _t | počet výstřížků z tabule | [ks] |
| o | obvod součásti | [mm] |
| OPN | ostatní přímé náklady | [%] |
| P | využití pásu | [%] |
| p | měrný tlak | [MPa] |
| p _c | cena | [Kč] |
| P _p | počet pásů z tabule | [ks] |
| P _s | počet svitků | [ks] |
| P _v | počet výstřížků | [ks] |
| q | objem výkonů | [ks] |
| Q | vyráběné množství | [ks] |

| Označení | Legenda | Jednotka |
|------------------|--------------------------------------|--------------------|
| r | poloměr | [mm] |
| R | poloměr na střížné hraně | [mm] |
| R _a | jakost povrchu | [μm] |
| RAD | rozměr střížníku při děrování | [mm] |
| RAV | rozměr střížníku při vystřihování | [mm] |
| RED | rozměr střížnice při děrování | [mm] |
| REV | rozměr střížnice při vystřihování | [mm] |
| R _m | napětí na mezi pevnosti v tahu | [MPa] |
| RN | režijní náklady | [%] |
| R _s | zaoblení ostří střížnice | [mm] |
| s | tloušťka materiálu | [mm] |
| S | plocha stříhu | [mm ²] |
| S _a | plocha na níž působí přítlačná síla | [mm ²] |
| S _b | plocha na níž působí vyhazovací síla | [mm ²] |
| S _D | obsah plochy průřezu střížníku | [mm ²] |
| S _p | plocha průřezu tlačného kolíku | [mm ²] |
| SR | správné režie | [%] |
| S _s | plocha svitku | [m ²] |
| S _t | spotřeba tabulí plechu | [ks] |
| S _{tab} | plocha tabule | [mm ²] |
| S _v | plocha výstřížku | [mm ²] |
| S _{vk} | plocha průřezu vyhazovacího kolíku | [mm ²] |
| S _{vs} | plocha výstřížků ze svitku | [mm ²] |
| S _{vt} | plocha výstřížků z tabule | [mm ²] |
| S _z | průřez zubu | [mm ²] |
| š | šířka vystupujících částí obrysu | [mm] |
| T | přípustná míra opotřebení | [mm] |
| TA | výrobní tolerance střížníku | [mm] |
| TE | výrobní tolerance střížnice | [mm] |
| TS | tolerance jmenovitého rozměru | [mm] |
| T _s | životnost | [rok] |
| TTK | tarifní třídy | [-] |
| v | střížná vůle | [mm] |
| VČ | výrobní čas | [Nh] |
| vn | variabilní náklady | [Kč] |
| VP | délka nevyužitých částí svitku | [mm] |
| VR | výrobní režie | [%] |
| VV | vzdálenost k prvnímu výstřížku | [mm] |
| Z | zisk | [Kč] |
| ZN | zpracovatelské náklady | [Kč] |
| ZR | zpracovatelská režie | [%] |
| ZS | zisk podniku | [%] |

| Označení | Legenda | Jednotka |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------|
| α | úhel | [°] |
| β | úhel | [°] |
| λ | součinitel zaplnění diagramu | [-] |
| μ | součinitel bezpečnosti | [-] |
| π | Ludolfovo číslo | [-] |
| ρ | hustota | [kg/m ³] |
| σ_1 | přetvárný odpor | [MPa] |
| σ_D | skutečné namáhání střižníku ny tlak | [MPa] |
| σ_{DDov} | dovolené namáhání v tlaku | [MPa] |
| σ_{Dov} | střední tlakové napětí | [MPa] |
| τ_s | střižný odpor materiálu | [MPa] |
| χ | koef. závislý na druhu materiálu | [-] |

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Tvar ozubení při stříhání

Příloha č. 2 - Materiály vhodné pro přesné vystřihování

Příloha č. 3 - Přehled používaných materiálů pro konstrukci střížných nástrojů

Příloha č. 4 - Rozbor materiálu 14 220 dle Lexikonu technických materiálů

Příloha č. 5 - Lis Feintool HFA 3200 Plus

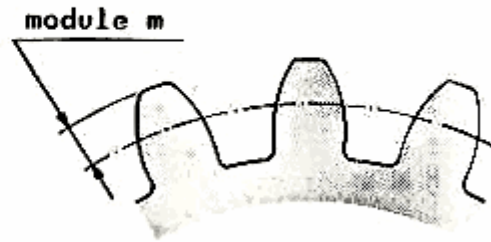
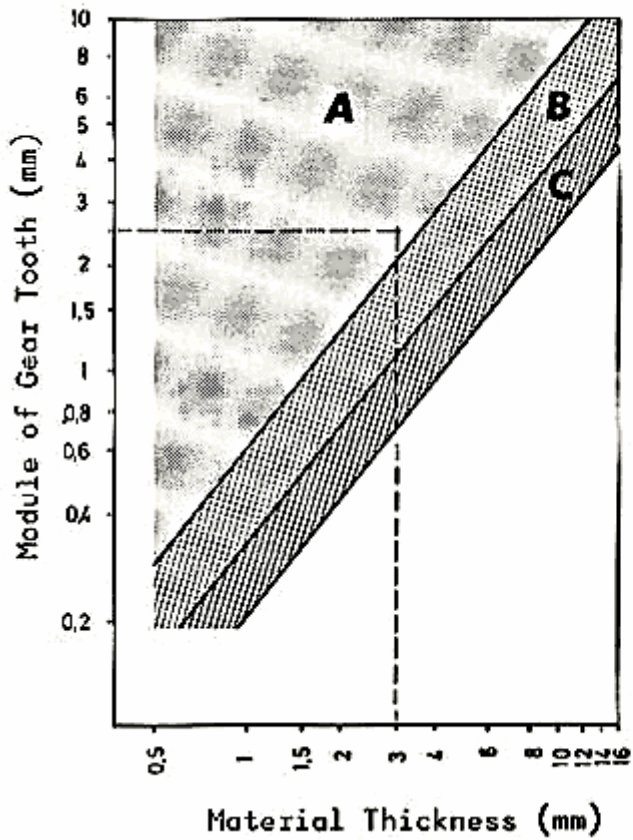
Příloha č. 6 - Střížný nástroj – pevný střížník nahoře a pohyblivý přídržovač

Příloha č. 7 – Odvíječka a rovnací zařízení

Výkresová dokumentace

Tvar ozubení

Module of Gear Tooth



Example:

Material Thickness = 3 mm

Module = 2,5 mm

Range A

- A) simple - very long tool life
- B) medium - long tool life
- C) difficult - satisfactory tool life

PŘÍLOHA 2

Materiály vhodné pro přesné vystřihování

| Ocel | Chemické složení | | | | | | | Mechanické vlastnosti Rm/Re |
|----------|------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------|
| | C | Mn | Ni | Cr | N | P | S | |
| 11300.20 | 0,09 | - | - | - | - | 0,040 | 0,040 | 340/220 |
| 11320.21 | 0,11 | - | - | - | - | 0,045 | 0,045 | 400/180 |
| 11330.20 | 0,13 | - | - | - | - | 0,050 | 0,050 | 400/300 |
| 11343.20 | 0,17 | - | - | - | - | 0,050 | 0,050 | 420/190 |
| 11373.20 | 0,22 | - | - | - | - | 0,050 | 0,050 | 420/210 |
| 11423.21 | 0,24 | - | - | - | - | 0,050 | 0,050 | 520/230 |
| 11700.20 | 0,65 | - | - | - | - | 0,055 | 0,055 | 780/380 |
| 12010.1 | 0,14 | 0,65 | 0,37 | 0,15 | 0,30 | 0,040 | 0,040 | 400/230 |
| 12014.1 | 0,06 | 0,45 | 0,15 | - | - | 0,020 | 0,020 | 450/350 |
| 12020.1 | 0,13 | 0,60 | 0,17 | 0,35 | 0,30 | 0,040 | 0,040 | 420/260 |
| 12023.1 | 0,19 | 0,65 | 0,37 | 0,25 | 0,30 | 0,040 | 0,040 | 370/220 |
| 12024.1 | 0,24 | 0,65 | 0,37 | - | - | 0,040 | 0,040 | 400/240 |
| 12040.1 | 0,40 | 0,80 | 0,37 | 0,25 | 0,30 | 0,040 | 0,040 | 400/200 |
| 12050.1 | 0,50 | 0,80 | 0,37 | 0,25 | 0,30 | 0,040 | 0,040 | 550/300 |
| 12060.1 | 0,60 | 0,80 | 0,37 | 0,26 | 0,30 | 0,040 | 0,040 | 510/350 |
| 12001.1 | 0,65 | 0,80 | 0,37 | 0,25 | 0,30 | 0,040 | 0,040 | 676/390 |
| 13180.0 | 0,80 | 1,20 | 0,35 | 0,30 | 0,30 | 0,035 | 0,035 | - |
| 14109.3 | 1,10 | 0,50 | 0,35 | 1,65 | 0,30 | 0,027 | 0,027 | - |
| 14180.0 | 0,80 | 0,50 | 0,35 | 0,60 | - | 0,030 | 0,030 | - |
| 14220.0 | 0,19 | 1,40 | 0,37 | 1,10 | - | 0,035 | 0,035 | - |
| 14260.3 | 0,60 | 0,80 | 1,60 | 0,70 | 0,50 | 0,035 | 0,035 | - |
| 16221.0 | 0,19 | 1,00 | 0,37 | 0,20 | 1,50 | 0,035 | 0,035 | - |
| 17 242,0 | 0,25 | 2,00 | 1,00 | 20,00 | 11,50 | 0,045 | 0,030 | - |
| 17 042,0 | 0,45 | 0,90 | 0,70 | 14,00 | - | 0,040 | 0,035 | - |
| 19 192,0 | 1,05 | 0,40 | 0,35 | 0,20 | 0,25 | 0,030 | 0,035 | - |
| 19312.3 | 0,85 | 2,15 | 0,35 | 0,25 | 0,35 | 0,030 | 0,035 | - |
| 19452.3 | 0,65 | 0,90 | 1,90 | 1,00 | 0,35 | 0,030 | 0,035 | - |

Přehled používaných materiálů pro konstrukci střížných nástrojů

Uhlíkové oceli a litiny

| Materiál | Použití |
|-----------------|---|
| 11373,11343 | Základové a upínací desky malých a středních nástrojů |
| 11500 | Kotevní desky, vodící desky, vodící lišty |
| 11600 | Stopky, vodící lišty, vložky |
| 12020 | Vodící sloupky, vedení (cementované do hloubky 0,5 mm a kalené na HRC 60-62) |
| 12050 | Dorazy pevné a načínací, vodící, kotevní a upínací desky |
| 12090 | Vinuté pružiny do průměru drátu 12 mm |
| 14220 | Vodící stojánky, desky, sloupky, vodící lišty |
| 14260 | Pružiny vinuté i talířové |
| 422425 | Odlitky pro základové desky, přidržovače středních a velkých nástrojů, s tl. stěny 15-50 mm |
| 422430 | Shodné jako 422425, ale pro tl. stěny 25-75 mm |
| 422456, 422661 | Vodící stojánky – desky, sloupky, pouzdra |

Nástrojové oceli

| Materiál | Použití |
|--------------------------|--|
| 19191, 19221 | Střížníky a střížnice pro menší namáhání, stírače |
| 19312,19313 | Střížníky a střížnice pro složitější střížné obvody, dorazy, pouzdra ke střížníkům |
| 19314 | Jako 19313 pro střední tloušťky plechu |
| 19421, 19422 | střížné nástroje |
| 19436 | Střížné nástroje pro složitější střížné obvody |
| 19550 | Střížné nástroje pracující za studena i za tepla |
| 19564 | Střížné nástroje pro nejvyšší namáhání, odolné proti tepelným trhlinám |
| 19457 | Nástroje pro stříhání elektroplechů |
| 19665,19732,19733, 19735 | Střížné nástroje pro práci za studena i za tepla s odolností proti tepelné únavě |
| 19820 | Vysoce namáhané nástroje |

Návarové a zvláštní materiály

| Materiál | HRC | HV | HB | Použití |
|-----------------|------------|-----------|-----------|--|
| K 40 | 40 | | | Pro navařování středně tvrdých vrstev, obrobitelný, odolný proti rázům |
| K 50 | 50 | | | Jako K 40, pro abrazivní materiály, zvýšenou teplotu |
| K 55 | 55 | | | Pro návary s vysokou tvrdostí i za zvýšených teplot |
| K 60 | 60 | | | Jako K 55 |
| E-B 511 | | 500 | | Pro návary střížnic a střížníků na litině i oceli s předehřevem 150 až 350°C |
| E-B 513 | | 600 | | Jako E-B 511, předehřev 300 až 400°C |
| E-B 524 | | 600 | | Pro návary střížnic, nutné tepelné zpracování |

Rozbor materiálu 14 220 dle Lexikonu technických materiálů

LEXIKON TECHNICKÝCH MATERIÁLŮ

část 3, díl 7, 14220, str. 1

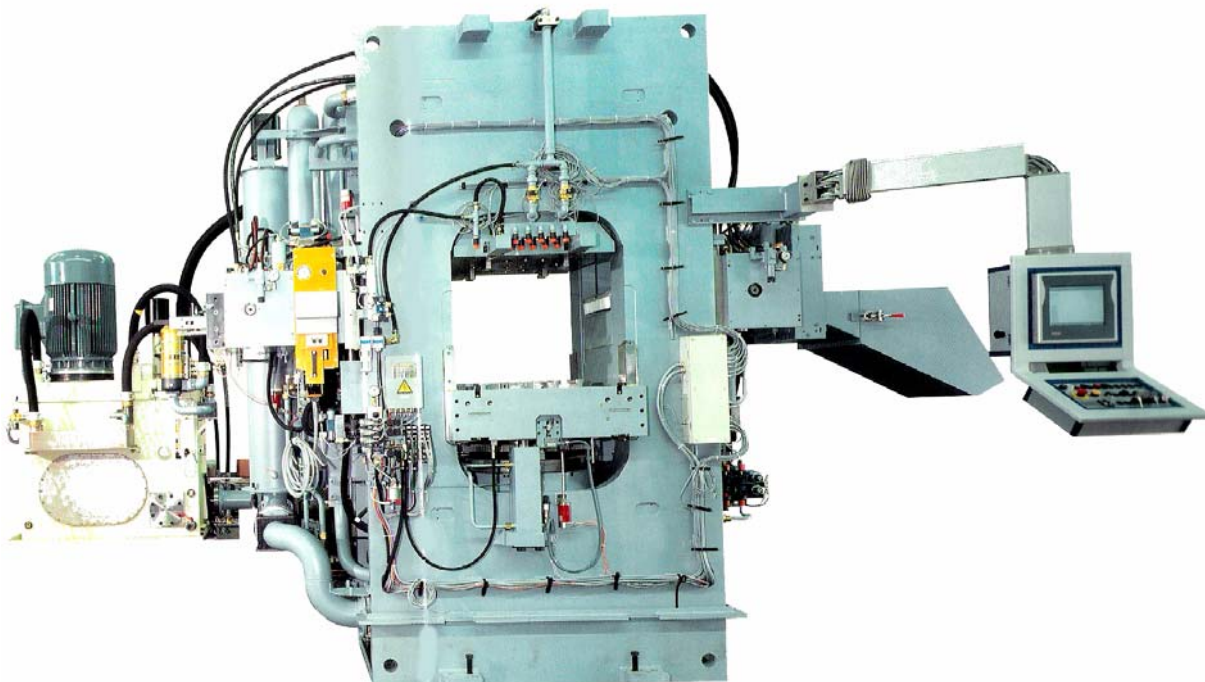
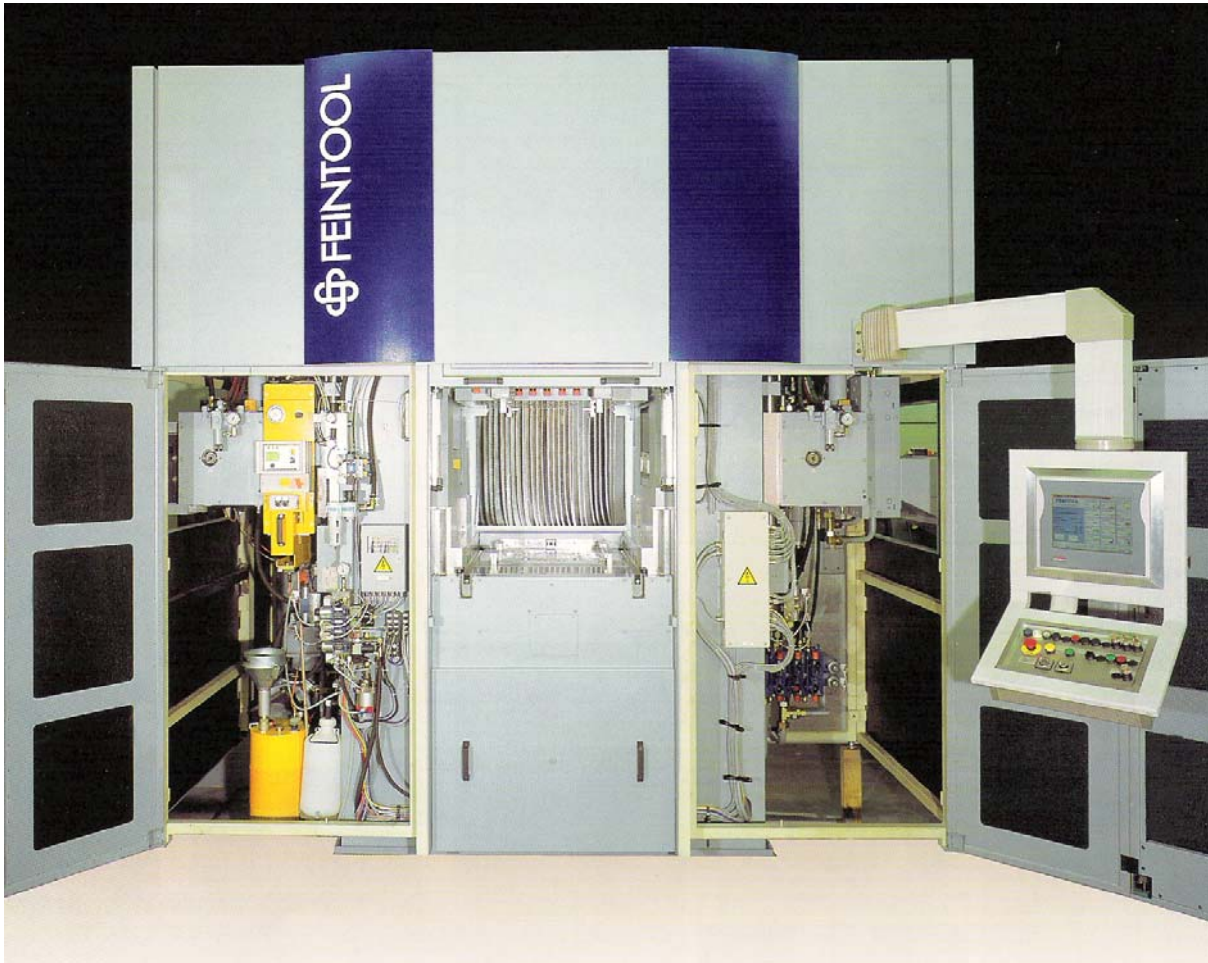
díl 7, oceli třídy 14

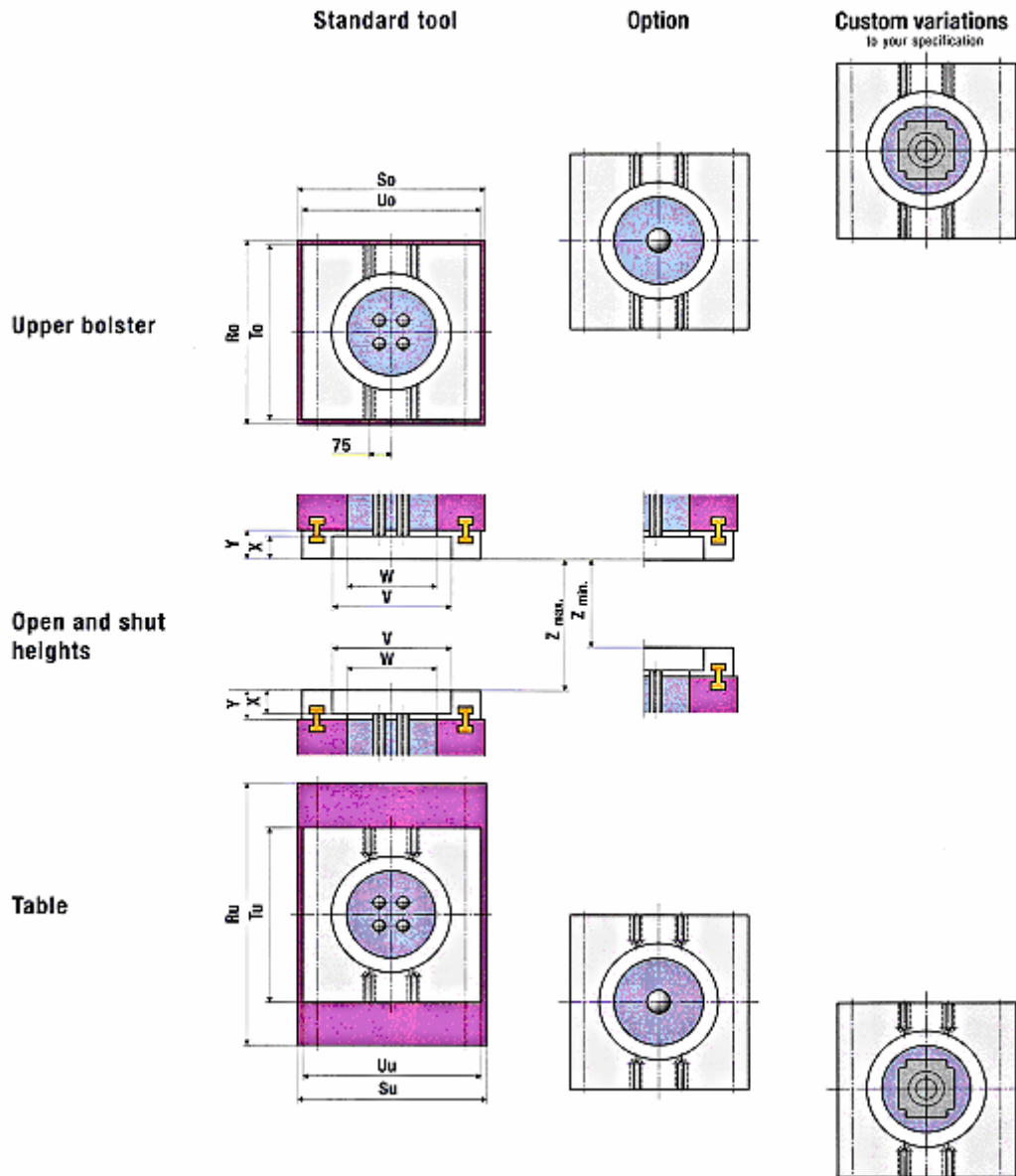
| ČSN 41 4220 | | Mn-Cr ocel k cementování | | | | OCEL | |
|---|--|---------------------------------|--|--|------------------|--------|--|
| STN 41 4220 | | | | | | 14 220 | |
| Chemické složení [hm. %] | | | | | | | |
| C | Mn | Si | Cr | P | S | | |
| 0,14–0,19 | 1,10–1,40 | 0,17–0,37 | 0,80–1,10 | max 0,035 | max 0,035 | | |
| Polotovary | | | | | | | |
| [1] předvalky | | | | [5] přesné bezešvé trubky tvářené za studena | | | |
| [2] tyče válcované za tepla | | | | [6] tyče tažené za studena | | | |
| [3] výkovky | | | | [7] pásy a pruhy válcované za studena | | | |
| [4] bezešvé trubky tvářené za tepla | | | | | | | |
| Mechanické vlastnosti | | | | | | | |
| Polotovary | [2] [3] | [2] | [3] [4] [5] [6] | [7] | | | |
| Rozměr t, d [mm] | – | – | – | – | | | |
| Stav | .1 | .3 | .3 | .3 | .2 | | |
| Mez kluzu R_e nebo $R_p 0,2$ [MPa] min | – | 588 | – | – | | | |
| Mez pevnosti R_m [MPa] | | | | max. 637 | – | | |
| Tvrdość HB | min. 152 | max. 197 | max. 197 | – | max. 207 | | |
| Modul pružnosti E [GPa] | 206 | | | | | | |
| Modul pružnosti ve smyku G [GPa] | 79 | | | | | | |
| Polotovary | [2] | [3] | [2] | [1] [2] ²⁾ | | | |
| Rozměr t, d [mm] | 30 ¹⁾ | 30 ¹⁾ | – | 30 ¹⁾ | 63 ¹⁾ | | |
| Stav | .4 | .4 | .6 | .4 | | | |
| Mez kluzu R_e nebo $R_p 0,2$ [MPa] min | – | 588 | – | 680 | inf. 560 | | |
| Mez pevnosti R_m [MPa] min | 785 | 785 | – | 900 | inf. 800 | | |
| Kontrakce Z [%] min | 10 | 10 | – | 10 | inf. 10 | | |
| Nárazová práce KCU KCV [J] | 30 | 30 | – | 30 | inf. 30 | | |
| Vrubová houževnatost KCU3 [J.cm ⁻²] min | 49 | 49 | – | 50 | inf. 50 | | |
| Tvrdość HB | min 239 | min 239 | 208-269 | – | – | | |
| Fyzikální vlastnosti | | | | | | | |
| Hustota | Měrná tepelná kapacita | Teplotní součinitel roztažnosti | Tepelná vodivost | Rezistivita | | | |
| ρ [kg . m ⁻³] | c_p [J . kg ⁻¹ .K ⁻¹] | α [K ⁻¹] | λ_t [W . m ⁻¹ K ⁻¹] | ρ [Ω . m] | | | |
| 7850 | – | 11,0.10 ⁻⁶ | – | – | | | |

| ČSN 41 4220 | | Mn-Cr ocel k cementování | | OCEL | |
|---|--|---------------------------------|---|-----------------------|------------------|
| STN 41 4220 | | | | 14 220 | |
| Chemické složení [hm. %] | | | | | |
| C | Mn | Si | Cr | P | S |
| 0,14–0,19 | 1,10–1,40 | 0,17–0,37 | 0,80–1,10 | max 0,035 | max 0,035 |
| Polotovary | | | | | |
| [1] předvalky | | | [5] přesné bezešvé trubky tvářené za studena | | |
| [2] tyče válcované za tepla | | | [6] tyče tažené za studena | | |
| [3] výkovky | | | [7] pásy a pruhy válcované za studena | | |
| [4] bezešvé trubky tvářené za tepla | | | | | |
| Mechanické vlastnosti | | | | | |
| Polotovary | [2] [3] | [2] | [3] [4] [5] [6] | [7] | |
| Rozměr t, d [mm] | – | – | – | – | |
| Stav | .1 | .3 | .3 | .3 | .2 |
| Mez kluzu R_e nebo $R_p 0,2$ [MPa] min | – | 588 | – | – | |
| Mez pevnosti R_m [MPa] | | | | max. 637 | – |
| Tvrdost HB | min. 152 | max. 197 | max. 197 | – | max. 207 |
| Modul pružnosti E [GPa] | 206 | | | | |
| Modul pružnosti ve smyku G [GPa] | 79 | | | | |
| Polotovary | [2] | [3] | [2] | [1] [2] ²⁾ | |
| Rozměr t, d [mm] | 30 ¹⁾ | 30 ¹⁾ | – | 30 ¹⁾ | 63 ¹⁾ |
| Stav | .4 | .4 | .6 | .4 | |
| Mez kluzu R_e nebo $R_p 0,2$ [MPa] min | – | 588 | – | 680 | inf. 560 |
| Mez pevnosti R_m [MPa] min | 785 | 785 | – | 900 | inf. 800 |
| Kontrakce Z [%] min | 10 | 10 | – | 10 | inf. 10 |
| Nárazová práce KCU KCV [J] | 30 | 30 | – | 30 | inf. 30 |
| Vrubová houževnatost KCU3 [J.cm ⁻²] min | 49 | 49 | – | 50 | inf. 50 |
| Tvrdost HB | min 239 | min 239 | 208-269 | – | – |
| Fyzikální vlastnosti | | | | | |
| Hustota | Měrná tepelná kapacita | Teplotní součinitel roztažnosti | Tepelná vodivost | Rezistivita | |
| ρ [kg.m ⁻³] | c_p [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹] | α [K ⁻¹] | λ_t [W.m ⁻¹ .K ⁻¹] | ρ [Ω .m] | |
| 7850 | – | 11,0.10 ⁻⁶ | – | – | |

| Porovnání se zahraničními materiály | | | | | |
|-------------------------------------|--|---------------------------------|---|--------------------|---------------------------------|
| ISO | | EURO | | Německo | |
| TYPE 5 | ISO 683/11-70 | 16MnCr5 16MnCr5 16MnCr5KD | EN 84-70 EN 10084-94 EN 119-74/3 | 16MnCr5 16MnCr5 | DIN 17210-86 DIN EN 10084-94 |
| Francie | | Velká Británie | | Rusko | |
| 16MC5 16MnCr5RR 16MnCr5 | NF A35-551-84 NF A35-102-93 NF EN 10084-94 | 527M17 590M17 590H17 | BS 970/1-96 BS 970/1-96 BS 970/1-96 | 18ChG | GOST 4543-71 |
| USA | | Japonsko | | Kanada | |
| No. 5115 Gr. 5120 | ASTM A519-84 ASTM A506 | - | - | - | - |
| Itálie | | Rakousko | | Švédsko | |
| 16MnCr5 16MnCr5 | UNI 7846-78 UNI 8788-85 | - | - | 2127 2511 | SS 142127-84 SS 142511-84 |
| Polsko | | Maďarsko | | Norsko | |
| 15HG 16HG | PN H84030-89 PN H84030/02-89 | BC3 BC3Z | MSZ 31-85 MSZ 6251-87 | - | - |
| Finsko | | Švýcarsko | | Španělsko | |
| - | - | - | - | 16MnCr5 | UNE 36013-79 |
| Čína | | Rumunsko | | Bulharsko | |
| 15CrMn | GB 3077-88 | 17MnCr10 18MnCr11 | STAS 791-88 STAS 791-88 | 16ChG | BDS 6354-85 |
| Jugoslávie | | Belgie | | - | |
| č. 4320 | JUS C.B9.020-89 | 16MnCr5 | NBN 253-03-72 | - | - |
| Poznámky | | | | | |
| 1) referenčné vzorek | | | | | |

Lis Feintool HFA 3200 Plus

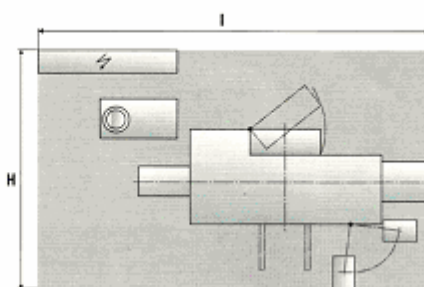
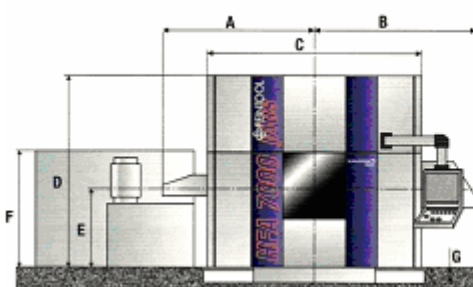




PŘÍLOHA 5/3

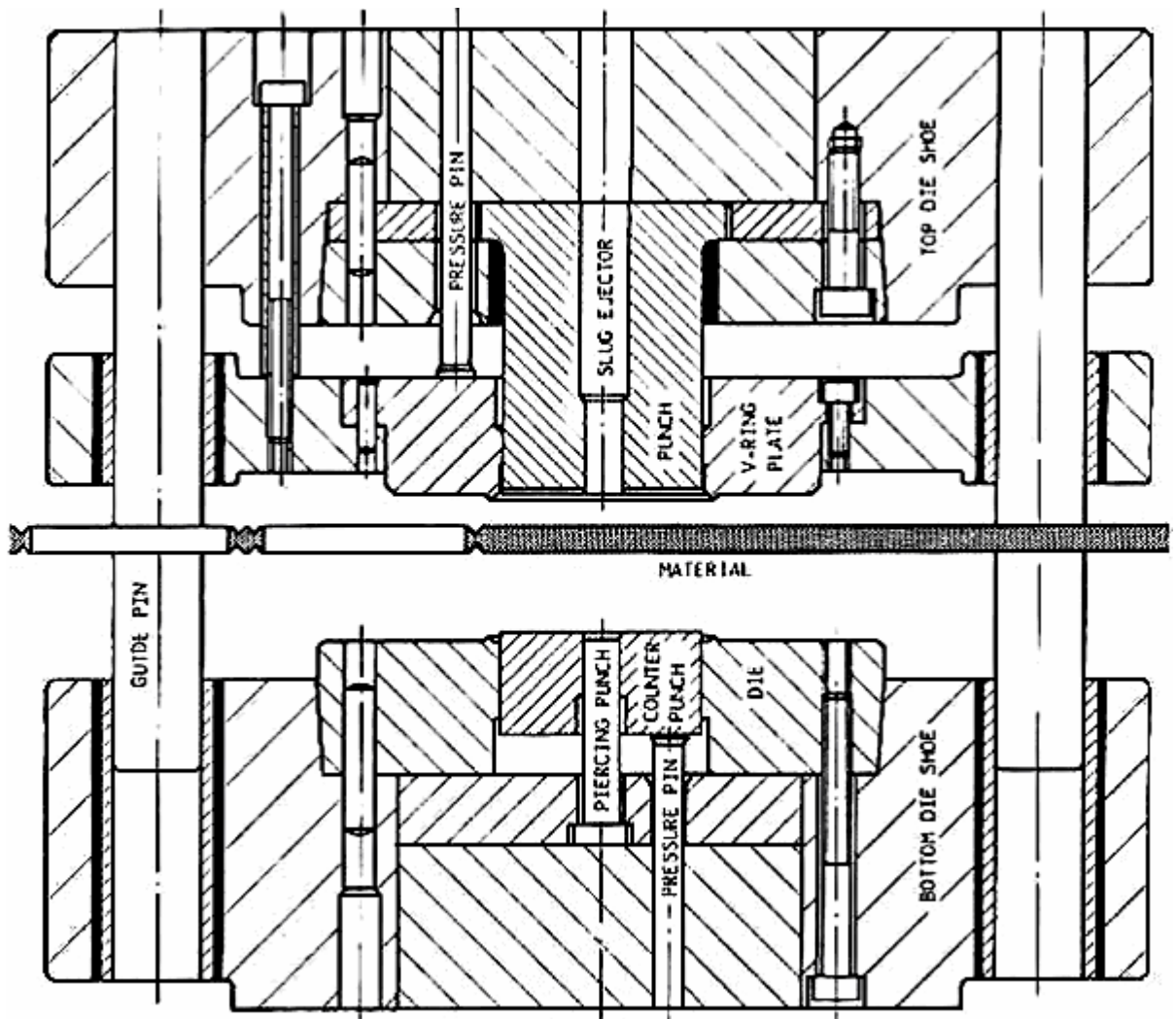
| | | |
|--|---------------|----------------------|
| Forces | | |
| Total force | min. – max. | 2000 – 3200 kN |
| Vee-ring force | min. – max. | 140 – 1400 kN |
| Counterforce | min. – max. | 70 – 700 kN |
| Ejector force | max. | 225 kN |
| Stripper force | max. | 240 kN |
| Scrap chopper blade force | | 310 kN |
| Stroke distances | | |
| Ram strokes at max./min. tool heights | | 100/180 mm |
| Vee-ring stroke | max. | 25 mm |
| Counterforce stroke | max. | 25 mm |
| Ram stroke rate (according to part) | bits | 70 min ⁻¹ |
| Ram speeds | | |
| Blanking speed | min. – max. | 5 – 70 mm/s |
| Closing speed | max. | 200 mm/s |
| Return speed | max. | 200 mm/s |
| Tool space | | |
| Upper bolster | So x Ro | 630 x 630 mm |
| Table | Su x Ru | 640 x 600 mm |
| Open heights | Z min. – max. | 330 – 410 mm |
| Shut heights | max. | 400 mm |
| Vee-ring and counterforce cylinder diameters | W | 300 mm |
| Indication accuracy of tool height display | | 0.01 mm |
| Upper toolchange plate dimensions | Uo x To | 600 x 600 mm |
| Lower toolchange plate dimensions | Uu x Tu | 600 x 600 mm |
| Toolchange plate height | Y | 100 mm |
| Adaptor ring diameter | V | 400 mm |
| Adaptor ring height | X | 80 mm |
| Material feed | | |
| Feed steps | min. – max. | 1 – 999.9 mm |
| Feed step increments | | 0.1 mm |
| Strip length | min. | 2600 mm |
| Strip width | min. – max. | 40 – 350 mm |
| Material thickness | max. | 18 mm |
| Power ratings | | |
| Total power | cs. | 97 kW |
| Main drive | | 90 kW |
| Hydraulic unit | | |
| Tank capacity | cs. | 1500 l |
| Weight | | |
| Total weight of installation ready for operation | cs. | 17600 kg |

Press dimensions

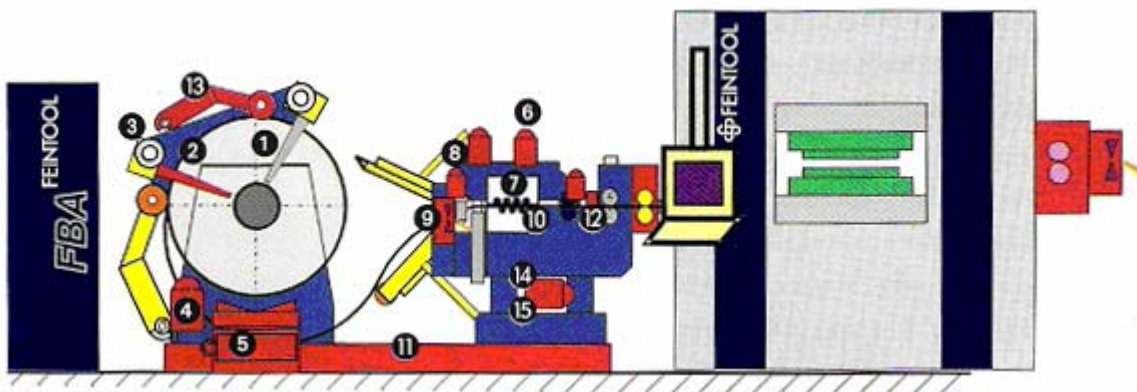
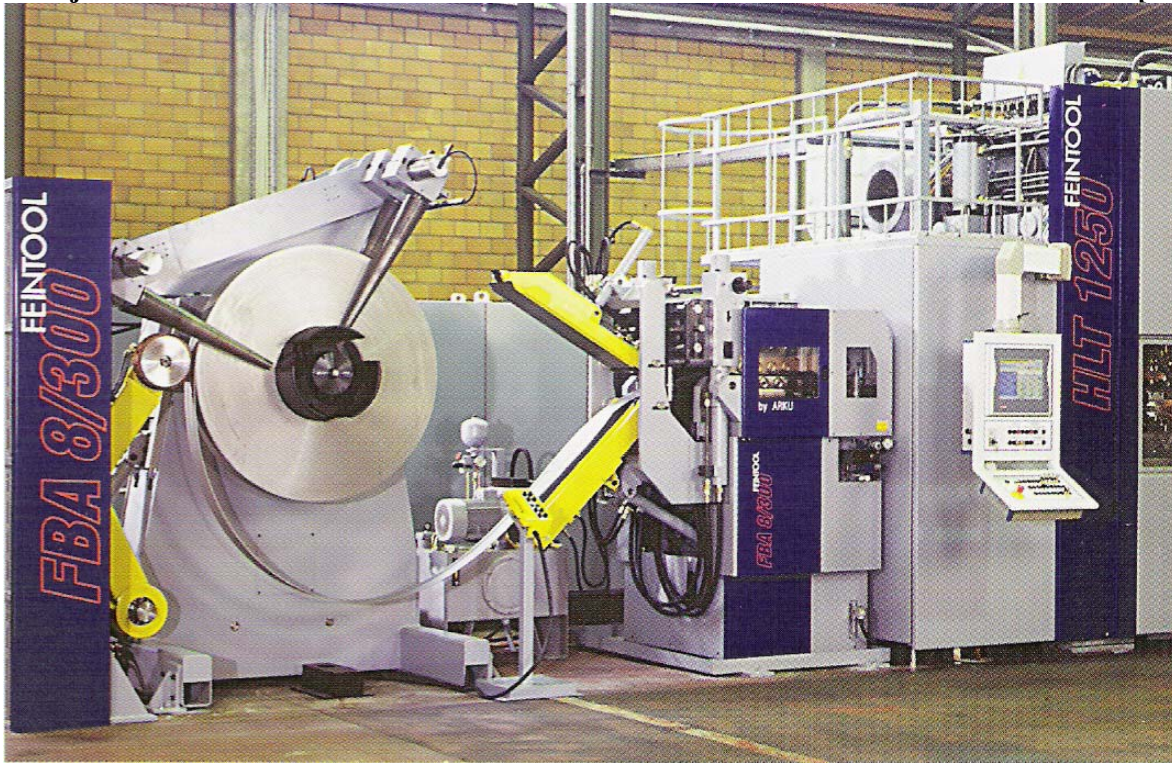


| | | |
|-------------|-------------|----|
| A | 2227 | mm |
| B | 1878 | mm |
| C | 3000 | mm |
| D | 3550 | mm |
| E min.–max. | 1580 – 1650 | mm |
| F | 2200 | mm |
| G | 180 | mm |
| I | 6500 | mm |
| H | 5500 | mm |

Střížný nástroj – pevný střížník nahore a pohyblivý přídržovač



Odvíječka a rovnací zařízení



Options

Decoiler:

- ① Increased diameter expansion
- ② Second front cone roll
- ③ Automated setting of real coil limit stop
- ④ Rewind drive
- ⑤ Coil chair and travelling decoiler
- ⑬ Additional restrictor arm

Straightener

- ⑥ Motorized or automated setting of the straightening unit (Basic model: Manual setting)
- ⑦ All-roll drive
- ⑧ Stock guide at entry: Decentralized stock guide Automated stock guide adjustment Basic model: Manual stock guide
- ⑨ Crop shear
- ⑩ Additional straightening roll
- ⑪ Combined base frame
- ⑫ Stock guide at outlet: Manual stock guide Decentralized stock guide Automated stock guide adjustment

Compact feeding line

- ⑭ Motorized height adjustment
- ⑮ Automated height adjustment

Long line feeding line

- ⑯ Transport rolls
- ⑰ Short loop bridge
- ⑱ Two-part loop bridge