VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI "ŘETĚZOVÉ KOLO"

PROJECT TECHNOLOGY OF PRODUCTION COMPONENTS "SPROCKET - WHEEL"

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. LADISLAV HALUŠKA
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. LADISLAV ŽÁK, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Ladislav Haluška

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

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

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:

Návrh technologie výroby součásti "Řetězové kolo"

v anglickém jazyce:

Project technology of production components "Sprocket - wheel"

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Variantní zpracování výroby součásti s vyšší přesností.

Cíle diplomové práce:

1. Literární studie
2. Zhodnocení technologičnosti výroby součásti
3. Návrh technologie výroby
4. Zpracování vybrané varianty
5. Konstrukční řešení nástroje
6. Ekonomické zhodnocení

Seznam odborné literatury:

KOTOUČ, Jiří, et al. Tvářecí nástroje. ČVUT. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1993. 350 s. ISBN 80-01-01003-1.
KŘÍŽ, Václav, VÁVRA, Pavel. Strojírenská příručka. 1. vyd. Praha : Scientia, 1998. 255. ISBN 80-7183-054-2 (váz.)
BOLJANOVIC, Vukota. Sheet metal forming processes and die design . New York : Industrial Press,, 2004. 219 s. ISBN 0-8311-3182-9.
DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření : Plošné a objemové tváření. 4. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.

Vedoucí diplomové práce:Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

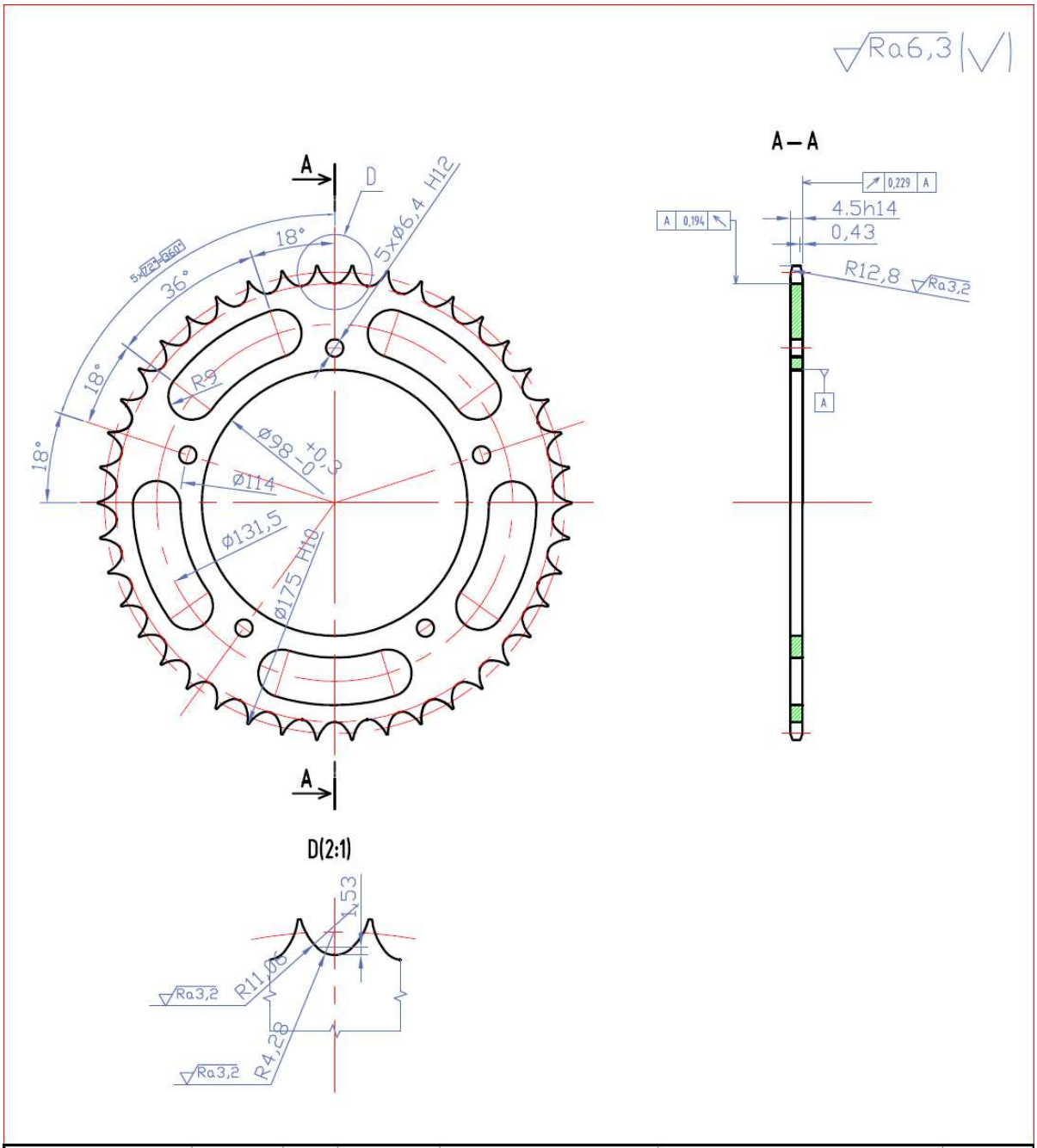
V Brně, dne 2.11.2009

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

VÝKRES ZADANÉ SOUČÁSTI



				Přesnost ISO 2768m	Materiál 11 500	T.O.
				Tolerování ISO 8015	Polotovar Ø130 × 25	
				Promítání	Hrubá hmotnost 0,68	kg
				VUT FSI BRNO		
Změna	Datum	Index	Podpis	ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE		
Navrhl HALUŠKA L.	Poznámka	Měřítko		Název		
Přezkoušel		1:2		ŘETĚZOVÉ KOLO		
Technolog						
Normalizace	Starý výkres			Číslo výkresu		
Schválil	Č.seznamu			5K/6J-01/01		
Datum 15.5.2010	Č.sestavy 5K/6J-01-00			Listů		List

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je navržení vhodné technologie výroby pro součást řetězové kolo z materiálu 11 500, které je určeno pro malý lehký motocykl o objemu do 50 cm^3 a je nyní ve stádiu prototypu. Práce je zaměřena především na technologii přesného stříhání s nátlačnou hranou, jenž také byla vybrána jako technologie výrobní. Součástí práce je potřebná literární studie, výpočtová a výkresová dokumentace a také technicko – ekonomické zhodnocení.
Na závěr práce jsou uvedeny přílohy a všechny zdroje, ze kterých jsem čerpal.

Klíčová slova: Řetězové kolo, přesné stříhání, nátlačná hrana

ABSTRACT

The main aim of this thesis is proposing of acceptable technology with manufacture for a part of chain sprocket of the material 11 500, which is designated for a small light motorcycle with a cubature at most 50 cm. It is the prototype, now. The work is specialized on a technology of precision cutting with a pressure edge, at first. This is use for a technology.
The component of this work is needed the literary study, calculating and drawing documentation and technical – economic valuation.
Et the end of this work, you can see all attachments and all sources, which I used for this work.

Keywords: Chain sprocket, precision cutting, pressure edge

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HALUŠKA, L. *Návrh technologie výroby součásti "Řetězové kolo"*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 60 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu.

V Jihlavě dne 19.5.2010

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce Ing. Ladislavu Žákovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, za ochotu při vypracování této diplomové práce.

Zadání
Výkres součásti
Abstrakt
Bibliografická citace
Čestné prohlášení
Poděkování
Obsah 9

1. Úvod 11

2. Možnosti technologie výroby 12

2.1 Zhodnocení technologičnosti výroby součásti 12

3. Literární studie 13

3.1 Stříhání 13
3.1.1 ;Princip stříhání 13
3.1.2 Střižný proces 13
3.1.3 Vliv velikosti střižné vůle na kvalitu střižné plochy 14
3.2 Technologie přesného stříhání 15
3.2.1 Varianty technologie přesného stříhání 16
3.2.2 Stříhání se zaoblenými střižnými hranami 16
3.2.3 Přistřihování 17
3.2.4 Stříhání se zkoseným přidržovačem 18
3.2.5 Reversní stříhání 18
3.2.6 Vyhodnocení variant přesného stříhání 19
3.3 Technologie přesného stříhání s nátlačnou hranou 19
3.3.1 Princip přesného stříhání s nátlačnou hranou 20
3.3.2 Napětí v místě střihu 20
3.3.3 Síly působící na střižném nástroji 24
3.3.4 Práce při přesném stříhání 25
3.3.5 Materiály pro přesné stříhání 25
3.3.6 Kvalita výchozího materiálu 26
3.3.7 Kvalita střižné plochy 26
3.3.8 Výhody a nevýhody přesného stříhání 27
3.4 Technologičnost tvaru součásti 27
3.4.1 Poloměry rohů a hran vystřihovaných částí 27
3.4.2 Minimální průměr otvoru a minimální šířka drážky 28
3.4.3 Vzdálenost mezi otvory a drážkami 28
3.4.4 Střižná vůle 29
3.4.5 Velikost postranního odpadu a šířky můstku 29
3.4.6 Tlačná hrana 29
3.5 Nástroje pro přesné stříhání 31
3.5.1 Druhy nástrojů pro přesné stříhání 31
3.5.2 Hlavní funkční části střižného nástroje 31
3.5.3 Materiály pro střižné nástroje 32
3.6 Výroba funkčních částí nástrojů 33
3.7 Lisy k přesnému stříhání 33
3.7.1 Základní požadavky na lisy pro přesné stříhání 33

4. Návrh technologie přesného stříhání s nátlačnou hranou 34

4.1 Konstrukční a technologické řešení nástroje 34
4.1.1 Nástřihový plán 34
4.1.2 Tlačná hrana 35
4.1.3 Střižná vůle 35
4.1.4 Plocha součásti, délka křivky střihu a tlačné hrany 36
4.1.5 Výpočet sil působících při přesném stříhání 36
4.1.6 Výpočet střižné práce při přesném stříhání 37
4.1.7 Rozměry funkčních částí střižnice a střižníku 37
4.1.8 Kontrola střižníku na vzpěr 38
4.1.9 Kontrola pevnosti střižníku 39
4.1.10 Kontrola upínací desky na otlačení 40
4.1.11 Výpočet výšky střižnice 41
4.1.12 Pevnostní kontrola upínacích šroubů 43
4.1.13 Návrh lisu 45

5. Technicko ekonomické zhodnocení 46

5.1 Vstupní hodnoty a výpočet zpracovatelské režie 46
5.2 Výpočet nákladů na obsluhu stroje 47
5.3 Výpočet spotřeby a cen materiálu 48
5.3.1 Výpočet spotřeby a cen mat. z tabule plechu – varianta a 49
5.3.2 Výpočet spotřeby a cen materiálu ze svitku – varianta b 51
5.3.3 Porovnání varianty a, varianty b 54
5.4 Náklady na nástroj 54
5.5 Výpočet výrobní ceny součásti 55

6. Závěr 56

Seznam použitých označení – symbolů 57
Seznam použité literatury 59
Seznam příloh 60
Přílohy

1. ÚVOD

Tato diplomová práce je zaměřena na určení technologie výroby součásti řetězové kolo na malý lehký motocykl o objemu 50 cm3, který je nyní ve stádiu prototypu. Celkové množství vyráběných kusů je stanoveno na 600 000. Z toho je výroba 100 000 kusů pro nově vyrobené motocykly a vzhledem k tomu, že se jedná o součást, kterou je potřeba měnit z důvodu opotřebení cca jednou ročně nebo po ujetí cca 5 tisíc kilometrů, je stanoveno 500 000 kusů jako náhradní díl.

V této práci se pojednává zejména o technologii přesného stříhání, ale je zde i návrh jiné varianty technologie. Stříhání obecně je ve strojírenství velmi rozmanitá metoda jak upravit materiál k výrobě polotovarů nebo hotových výrobků. S metodou stříhání se setkáváme v praxi prakticky pořád. Mezi nejrozšířenější metody stříhání patří klasické postupové stříhání, ale ne vždy se dosahuje potřebných kvalitních výsledků. Proto postupem času, jak rostly nároky na kvalitu, se samozřejmě i metoda klasického (konvenčního) stříhání začala modernizovat a hledalo se, jak zvýšit produktivitu a kvalitu daných výrobků.

Tyto parametry splňuje přesné stříhání, které má řadu variant. Ty budou uvedeny dále v mé práci. Zpracovaná varianta je včetně výkresové dokumentace, potřebných výpočtů a ekonomického zhodnocení.

Obr.1.1 Střihadlo [16]

2. MOŽNOSTI TECHNOLOGIE VÝROBY

2.1 Zhodnocení technologičnosti výroby součásti

Zadaná součást dle svého tvaru je poměrně komplikovaná a to především vnější ozubení pro řetěz na vnějším obvodu součásti. Funkčními plochami na součásti jsou právě ozubení pro daný druh řetězu a dále otvory pro uchycení součásti do náboje kola motocyklu. Daná součást je navržena z materiálu 11 500, kde mez pevnosti v tahu se pohybuje mezi 500 až 620 MPa. Zadaná součást dle výkresové dokumentace se dá z hlediska technologie vyrábět několika způsoby. Mezi tyto technologie může patřit:

1. postupové stříhání s následným obráběním zubů
   - obrážení
   - odvalování
   - frézování
2. třískové obrábění součásti na CNC stroji
3. přesné stříhání
4. řezání laserem
5. další

Ke všem výše uvedeným technologiím je nutno připočítat ještě operaci na úpravu geometrie boku zubu řetězového kola dle výkresové dokumentace. Tato operace není součástí řešení této práce. Technologie číslo jedna a dvě jsou nevhodné z důvodu poměrně dlouhých výrobních časů a také velké pracnosti na další operace. U druhé technologie by navíc vznikal velký a na nic nevyužitelný odpad, kromě šrotu. Řezání laserem je příznivá metoda, v našem případě ovšem nevyhovující z důvodu velmi vysoké nákupní ceny stroje. Další metody jsou spíše pro kusovou nebo malosériovou výrobu nebo opět velmi drahé pořizovací ceny strojů. Jako velmi dobrý kompromis se jeví přesné stříhání a to z důvodu velmi rychlých výrobních časů a dobré kvality výstřižku. Výběr varianty přesného stříhání bude uveden dále v mé práci.

3. LITERÁRNÍ STUDIE

3.1 Stříhání

Stříháním rozumíme postupné nebo současné oddělování částic materiálu.

3.1.1 Princip stříhání [1], [4], [9]

Podstata stříhání spočívá v oddělování materiálu protilehlými břity nožů. Přesnost a kvalita střižné plochy je ovlivněna mnoha faktory, z nichž k nejdůležitějším patří velikost střižné mezery, vlastnosti stříhaného materiálu, způsob stříhání , kvalita střižného nástroje resp. lisu apod. Různými konstrukčními úpravami střižného nástroje a zvláště volby způsobu stříhání je možné ovlivnit průběh operace stříhání tak, aby se zabránilo nekvalitní střižné ploše se širokým pásmem utržení a deformace výstřižku. Uvedené nedostatky v kvalitě střižné plochy získané klasickým stříháním odstraňuje technologie “ přesného stříhání ”.

´

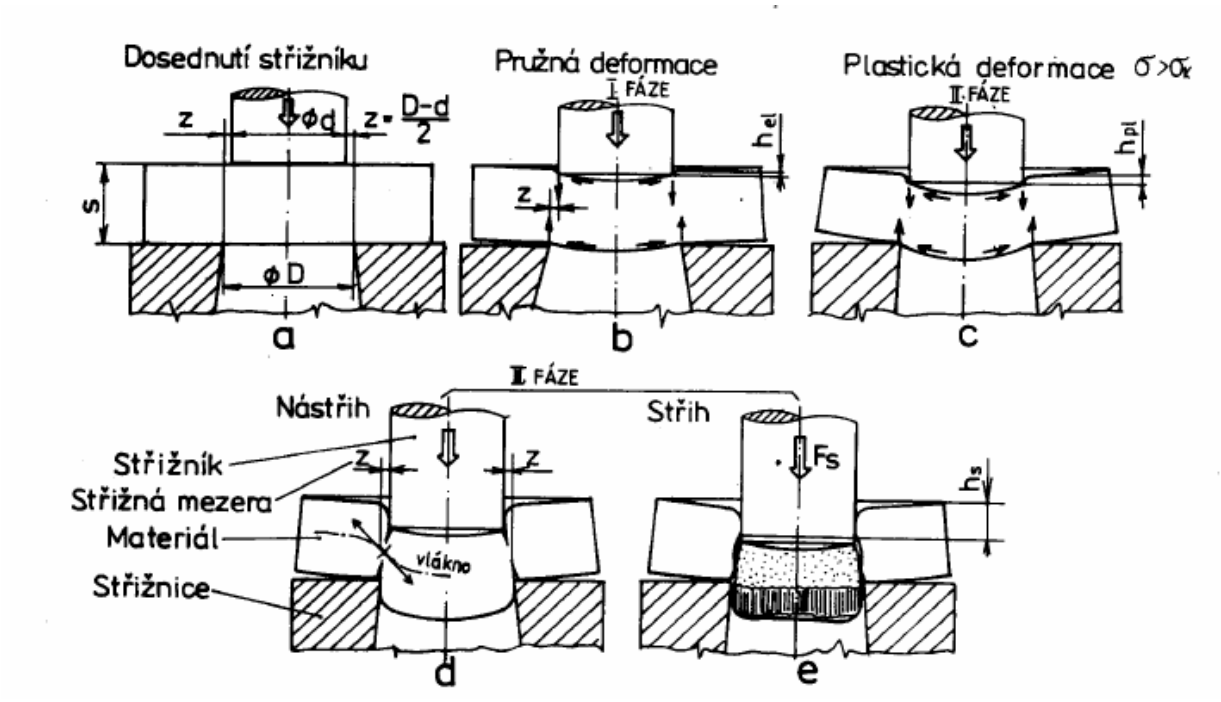
3.1.2 Střižný proces [1], [4], [9]

Proces stříhání se dá rozdělit na tři základní fáze.

1 fáze:V první fázi po dosednutí střižníku dochází k pružnému vnikání do povrchu stříhaného materiálu.Hloubka vniku závisí na mechanických vlastnostech materiálu a bývá h_{el} (5 ÷ 8 %) tloušťky materiálu. Dvojice sil mezi hranami střižníku a střižnice, obr.3.1, způsobuje ohyb.

2 fáze:Ve druhé fázi je napětí ve směru vnikání větší než je mez kluzu kovu a dochází k trvalému plastickému přetvoření. Podle druhu kovu a jeho mechanických vlastností je hloubka plastického vniknutí h_{pl} (10 ÷ 25 %) tloušťky materiálu.

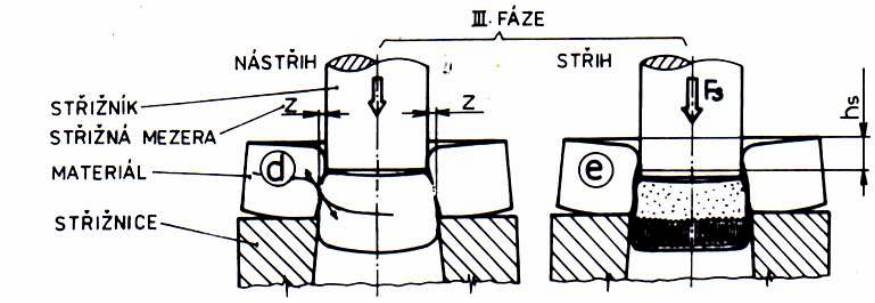
3 fáze:Ve třetí fázi dosáhne napětí meze pevnosti ve střihu $\tau_{s.}$ Nejdříve vznikne tzv. nástřih, tj. tvoření trhlinek, které je podporováno tahovým normálným napětím ve směru vláken. Trhliny se rychle šíří až dojde k oddělení výstřižku. Rychlost vzniku a postupu trhlin je závislá na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a na velikosti střižné vůle v = 2z. Tvrdý a křehký materiál se oddělí rychle při málém vniknutí střižných hran h_s = 10 % s. U měkkých a houževnatých materiálu dochází ke vzniku trhlin – nástřihu a jejich šíření pomalu a hloubka vniknutí střižných hran v okamžiku oddělení bývá až h_s = 60 % t.



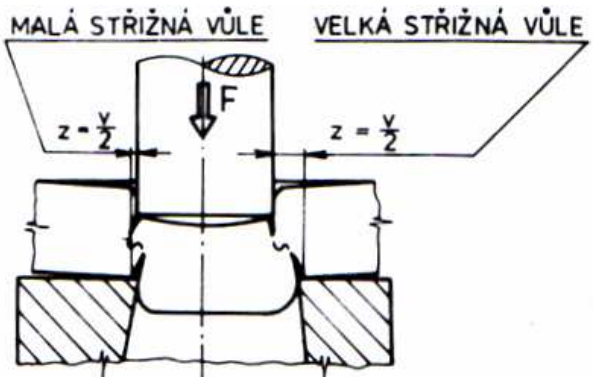
Obr.3.1 Střižný proces [4]

3.1.3 Vliv velikosti střižné vůle na kvalitu střižné plochy [1], [4], [9]

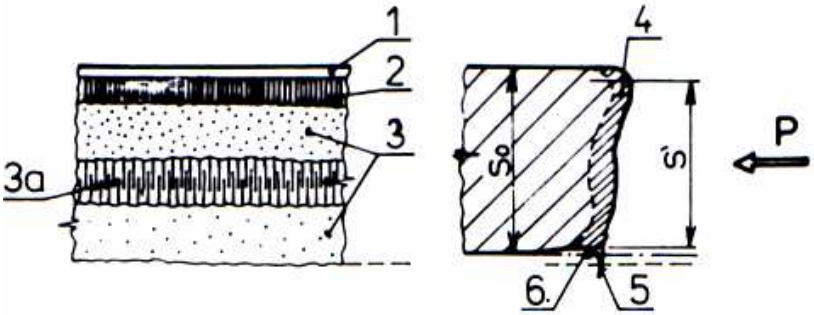
Při stříhání s normální vůlí, která se vypočte jako v = 2z se zvolí 2 až 10% tloušťky stříhaného materiálu, se trhliny v okamžiku střihu setkají obr.3.2. Nástřih při malé i velké střižné vůli má za následek rozšíření pásma otěru na větší část střižné plochy. Vzhled střižné plochy při normální střižné vůli shématicky znázorňuje obr.3.4. Schéma stříhání při malé či velké střižné vůli zobrazuje obr.3.3.



Obr.3.2 Průběh stříhání s normální střižnou vůlí [4]



Obr.3.3 Schéma stříhání při malé a velké střižné vůli [4]



Obr.3.4 Vzhled střižné plochy při normální střižné vůli [4]

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

3.2 Technologie přesného stříhání [9], [13], [14]

U technologie přesného stříhání se převážně vystřihují součásti s uzavřenou křivkou střihu a vnější i vnitřní tvary se vystřihují současně. Ostří obou tvarů leží v téže rovině stříhaného plechu. Eliminace trhlin u přesného stříhání lze zabránit v podstatě pouze správnou volbou stříhaného materiálu s dostatečně velkou tvárností. Obecně se dá říct, že střihadla pro přesné stříhání nemají prakticky žádnou střižnou mezeru. Pod pojmem technologie přesného stříhání se rozumí souhrn metod (variant) stříhání plechů a pásů ve střihadlech, jimiž lze dosáhnout kvalitní, hladké střižné plochy kolmé k rovině plechu jen s nepatrnými chybami tvaru s malou drsností a rozměrné přesnosti vyrobených součástí v rozmezí IT6 až IT9. Tolerance ve stupni přesnosti IT6 je pro tloušťku plechu 0,5 až 1 mm a IT9 pro tloušťku nad 6 mm. Jakost povrchu stříhané plochy vnějšího tvaru závisí na střižné hraně střižnice, vnitřního tvaru pak na střižné hraně střižníku. Dále má samozřejmě na jakost povrchu vliv také stroj na kterém se stříhání provádí. Technologie přesného stříhání je obecně ekonomicky výhodná při minimální výrobní sérii 40 000 kusů součástí.

3.2.1 Varianty technologie přesného stříhání [14]

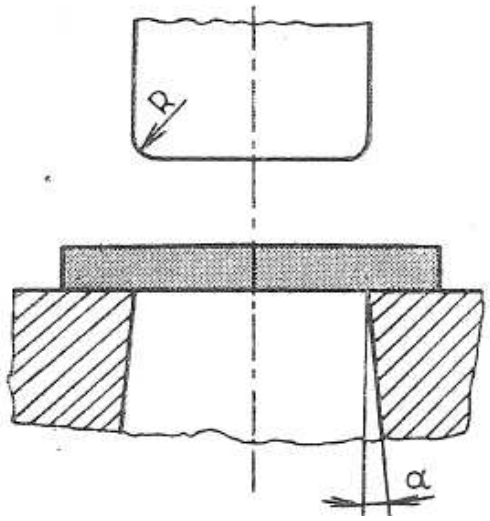
- přesné stříhání s tlačnou (nátlačnou) hranou
- stříhání se zaoblenými střižnými hranami
- přistřihování
- stříhání se zkoseným přidržovačem
- reversní stříhání
- kalibrování

3.2.2 Stříhání se zaoblenými střižnými hranami [14]

Při vystřihování se zaoblenými střižnými hranami na střižnici nebo na střižníku se dosáhne hladké a kolmé střižné plochy k rovině střihu, neboť materiál je při střihu částečně dopředně protlačován. V místě střihu vzniká dvojosý stav napjatosti. Potřebný poloměr zaoblení střižné hrany se pohybuje mezi 15 až 20 % tloušťky stříhaného materiálu podle tvaru součásti.

Princip přesného stříhání se zaobleným střižníkem

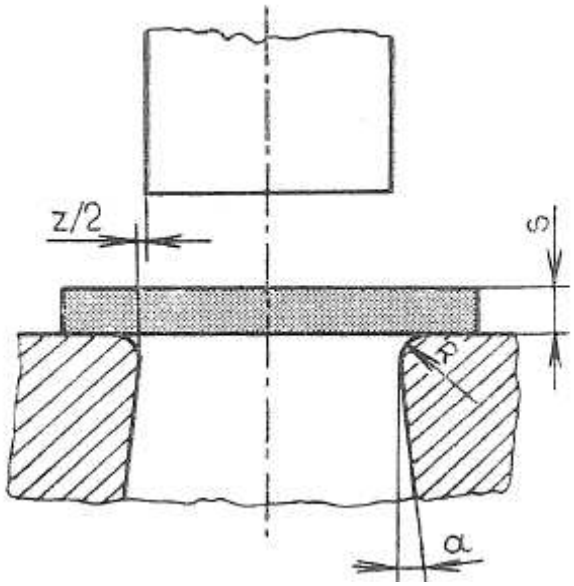
Při stříhání se zaobleným střižníkem vzniká hladká střižná plocha při děrování. Viz obr. 3.5.



Obr.3.5 Princip přesného stříhání se zaobleným střižníkem [14]

Princip přesného stříhání se zaoblenou střižnicí

Při stříhání se zaobleným střižníkem vzniká hladká střižná plocha při vystřihování. Viz obr.3.6.



Obr.3.6 Princip přesného stříhání se zaoblenou střižnicí [14]

3.2.3 Přistřihování [14]

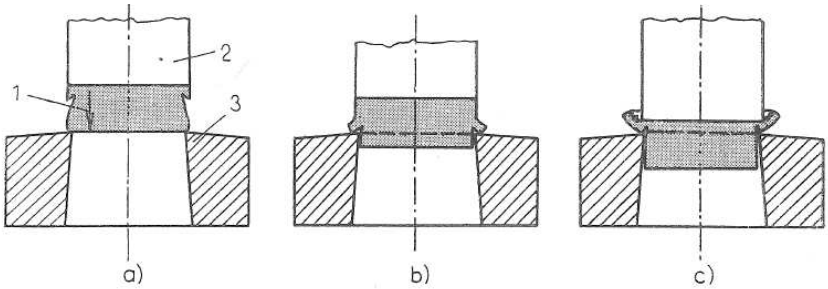
Přistřihování lze teoreticky srovnat s protahováním trnu o jednom zubu. Princip je oddělování malého množství kovu ze střižné plochy. Přistřihování může být prováděno jak po uzavřené, tak po otevřené křivce střihu. Technologie není vhodná pro velkosériovou výrobu. Podle konstrukce funkčních částí lze přistřihovat dvojím způsobem.

Princip přistřihování se zápornou vůlí

Velikost (průměr) střižníku je větší jak střižnice. Viz obr.3.7.

a) výchozí poloha
b) přistřihování
c) oddělení materiálu

1) směr stříhání
2) střižník
3) střižnice



Obr.3.7 Princip přistřihování se zápornou vůlí [14]

Princip přistřihování s kladnou vůlí

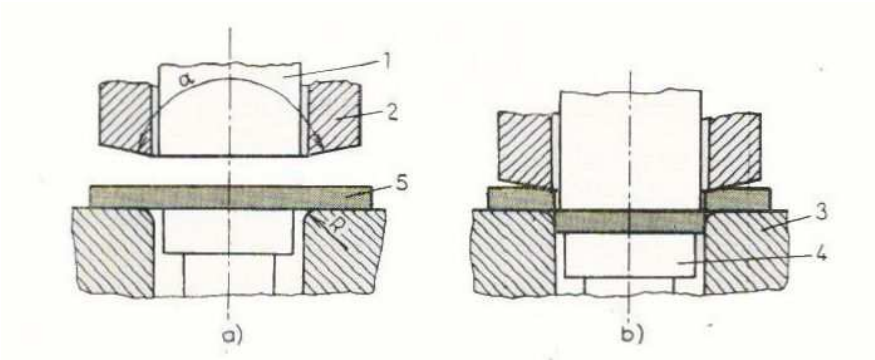
Velikost (průměr) střižníku je menší jak střižnice.

3.2.4 Stříhání se zkoseným přidržovačem [14]

Oproti klasickému vystřihování má zkosený přidržovač k vyvození dvojosého stavu napjatosti. Vrcholový úhel přidržovače je 178º 30´ přičemž poloměr zaoblení na střižné hraně střižnice je R ≤ 0,01 mm. V praxi patří mezi méně používané metody přesného stříhání.

a) výchozí poloha

b) konečná poloha

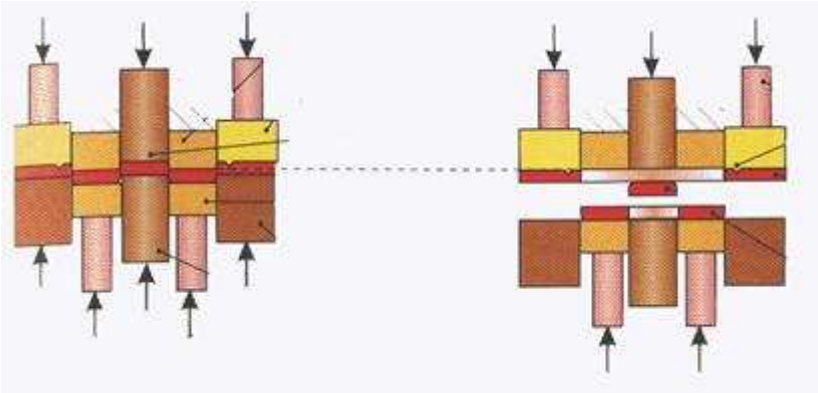


obr.3.8 Princip stříhání se zkoseným přidržovačem [14]

1) střižník
2) přidržovač
3) střižnice
4) vyhazovač
5) materiál

3.2.5 Reversní stříhání [14]

Je založeno na principu „nastřihnutí“ součásti z jedné strany a poté se otočí (reversuje) smysl stříhání a součást se vystřihne. V praxi to znamená snížení tvorby otřepu na vystřižené součásti. Tloušťky materiálu do 3,5 mm se vystřihují bez tlačných hran, nad tuto tlošťku s tlačnými hranami. Na obr.3.9 je nakreslen princip reverzního stříhání s nátlačnou hranou.



Obr.3.9 Princip reversního stříhání [15]

3.2.6 Vyhodnocení variant přesného stříhání

Z výše uvedených variant přesného stříhání nejsou pro vyráběnou součást v sérii 600 000 kusů nejvhodnější zejména tyto:

-Varianta stříhání se zaoblenými střižnými hranami a varianta stříhání se zkoseným přidržovačem se jeví jako nedostatečná z důvodu výsledné kvality výstřižku.

- Varianta přistřihování není vhodná pro sérii 600 000 kusů a z důvodu rozdělení výroby na několik operací.

Ze zbylých variant, které jsou reverzní stříhání a stříhání s nátlačnou hranou jsem pro svou práci zvolil variantu technologie přesného stříhání s nátlačnou hranou, která bude dále zpracována v mé práci.

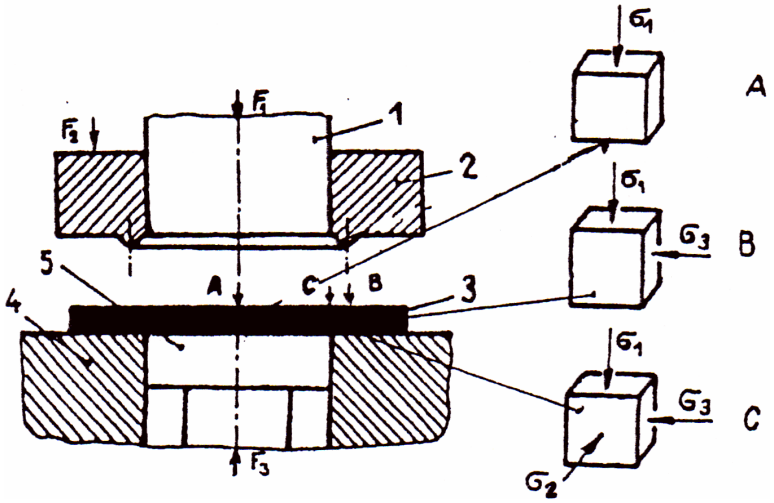
3.3 Technologie přesného stříhání s nátlačnou hranou [14]

Patří mezi nejdokonalejší způsoby přesného stříhání. Dosahuje se velmi kvalitní střižné plochy a velmi přesných rozměrů. Přesné stříhání s nátlačnou hranou je velmi složitý proces, jehož průběh závisí především na vyvození trojosého stavu napjatosti v místě střihu. Tato technologie je velmi vhodná pro velkosériovou výrobu součásti z plechu s uzavřenou křivkou střihu. Tato metoda se začala poprvé používat v roce 1923 ve Švýcarsku a od roku 1958 kdy byly vyvinuty speciální trojčinné lisy se tato technologie značně rozšířila.

3.3.1 Princip přesného stříhání s nátlačnou hranou [2], [4], [9]

Uspořádání funkčních částí nástroje je zřejmé z obr. 3.10. Stříhaný materiál je v počáteční fázi stříhání sevřen mezi přidržovač a střižnici. Tím tlačná hrana je vtlačena do plechu ještě před vlastním střihem.Umístění tlačné hrany na přidržovači je voleno mimo křivku střihu. Nejvýhodnější rozložení hlavních napětí je právě v oblasti střihu, kde vzniká trojosá napjatost.Všestranný tlak podporuje průběh čistě plastického střihu. 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.

..

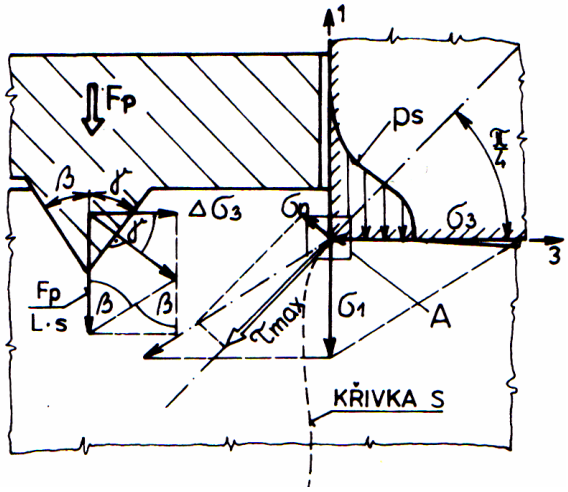


Obr.3.10 Schema přesného stříhání [2]

1 – střižník
2 – přidržovač s tlačnou hranou
3 – plech
4 – střižnice
5 - vyhazovač

3.3.2 Napětí v místě střihu [2], [4], [9], [14]

Použitím přidržovače s nátlačnou hranou se vytvoří přídavné tlakové napětí $\Delta\sigma_3$, které výrazně změní poměry v rovinné napjatosti uzavřeného střihu. Důsledkem je dosažení záporné hodnoty složky normálného napětí $-\sigma_n$, která se snaží vznikající trhliny i při jejich šíření ve směru τ_{max} uzavírat. Grafické zobrazení takové napjatosti v bodě A pod střižnou hranou je znázorněn na obr.3.11.



Obr.3.11 Schéma napjatosti [4]

Při důkladnějším sledování dané problematiky lze pro názornost ve stříhaném materiálu vymezit tři základní oblasti. Je to oblast čela střižníku na počátku střihu, dále je to oblast tlačné hrany a oblast čela střižníku v průběhu střihu.

Oblast čela střižníku na počátku střihu

Pro výpočet napětí na počátku střihu můžeme tento případ převést na pěchování kruhové desky mezi dvěma rovnoběžnými kovadly. Proti střižníku působí vyhazovač a současně na plášť kruhové desky působí rovnoměrný tlak p. Tlak je vyvozen zalisováním tlačné hrany do materiálu před vlastním střihem. Podmínkou pro přesný střih je, že p > $\sigma_{Kt.}$ Více ukazuje názorný obrázek obr. 3.12. Přibližná diferenciální rovnice rovnováhy nabývá poté tvaru:

$$\frac{d\sigma_x}{d_x} + \frac{2\tau_{xy}}{y} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{x} = 0 \qquad (3.1)$$

kde: $\sigma_x = \sigma_z$

$$d\sigma_x = d\sigma_y$$

$$\frac{d\sigma_x}{d_x} + \frac{2\tau_{xy}}{y} = 0$$

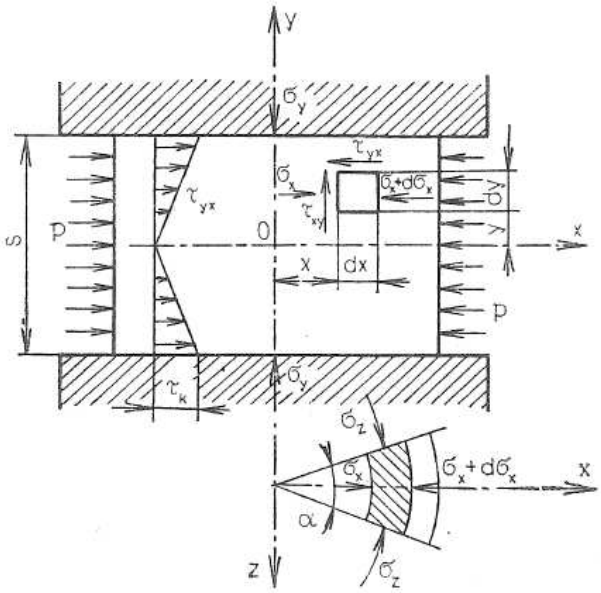
$$\tau_{yx} = \tau_{xy} = -\mu.\sigma_{Kt}.\frac{2x}{D}$$

D – je průměr kruhové desky
μ – je součinitel tření
x – je poloměr v intervalu 0 až D/2

Po dosazení a integraci se získá výsledný vztah pro σ_y :

$$\sigma_y = -\sigma_{Kt}\left[\frac{2}{s.D}\left(\frac{D^2}{4} - x^2\right) - \frac{2}{\sigma_{Kt}}\right] \tag{3.2}$$

kde: s – je tloušťka stříhaného materiálu



Obr.3.12 Pěchování kruhové desky mezi dvěma rovnoběžnými kovadly [14]

Oblast tlačné hrany

Pro výpočet radiálního napětí v oblasti tlačné hrany se může použít model na protlačování materiálu zužujícím se průvlakem. Materiál se tlakem střižníku pěchuje a také současně radiálně vypíná.

Podmínka plasticity

$$\sigma_x - \sigma_y = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_{Kt}$$

Potom přibližná rovnice rovnováhy je:

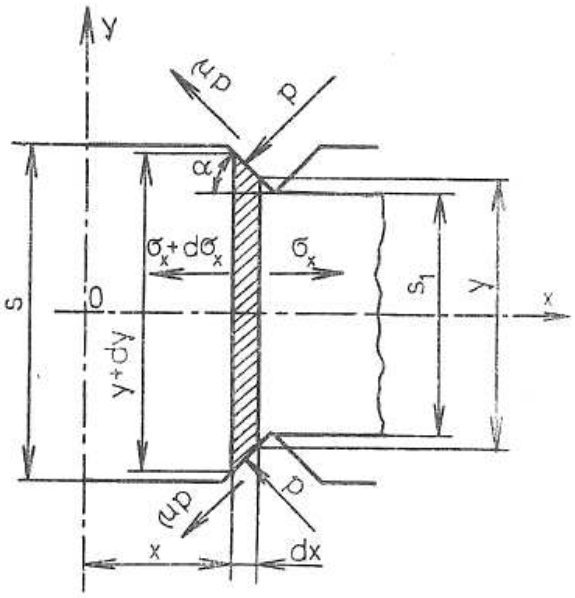
$$(\sigma_x + d\sigma_x).(y + dy) - \sigma_x y + 2p.dx.\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} + 2\mu.p.dx = 0 \tag{3.3}$$

Řešením dostáváme výsledný vztah pro

$$\sigma_x = \frac{K'}{K' - 1}\left[1 - \left(\frac{y}{s_1}\right)^{K'-1}\right] \tag{3.4}$$

kde: $K' = \dfrac{1+K}{\cos\alpha}$

$K = \dfrac{\mu}{tg\alpha}$



Obr.3.13 Protlačování materiálu zužujícím se průvlakem [14]

Oblast čela střižníku v průběhu střihu

Pro zjištění napětí v oblasti čela střižníku v průběhu střihu můžeme použít model na protlačování materiálu válcovou průtlačnicí. Podmínka pro toto řešení spočívá v konstantním napětí na čele střižníku. Celkové napětí na střižníku σ_y je součtem napětí tvořeného střižným odporem σ'_y a napětím vyvolané vtlačováním výstřižku do střižnice σ''_y.

Přibližná rovnice rovnováhy je:

$$(\sigma'_y + d\sigma'_y).\frac{\pi.D^2}{4} - \sigma'_y.\frac{\pi.D^2}{4} + \pi.d\tau.dy = 0 \qquad (3.5)$$

Řešením dostáváme vztah pro σ'_y.

$$\sigma'_y = -\left[\frac{4}{D}\int \tau_K\left(\frac{1}{y}\right)dy + p'\right] \qquad (3.6)$$

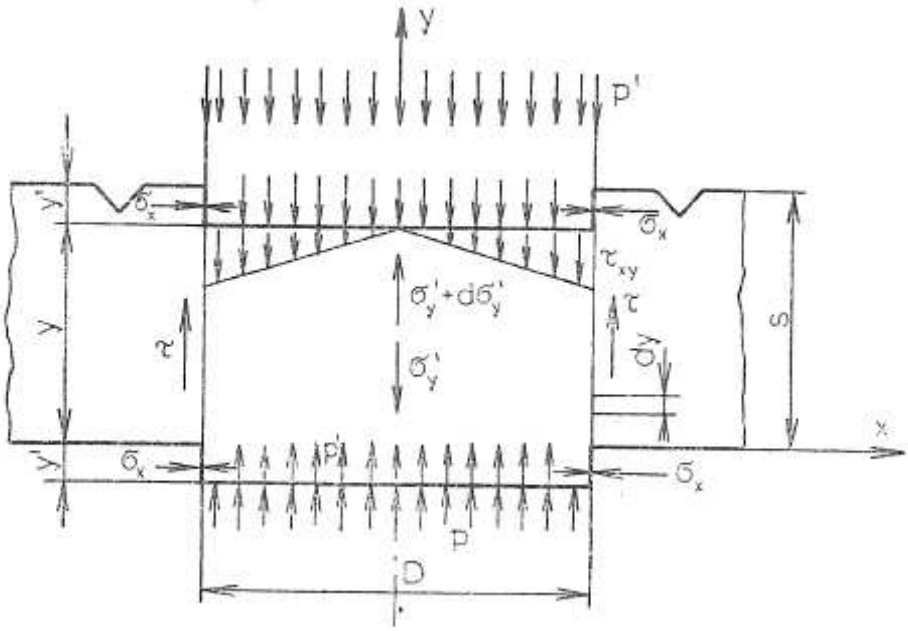
Pro výpočet σ''_y uvažujeme $\tau_{xy} = -\mu.\sigma_x = -\mu.p$

$$\sigma''_y = -p\left(1 + \frac{4}{D}\int \mu.dy'\right) = -p' \qquad (3.7)$$

..

Celkové napětí na střižníku potom bude:

$$\sigma_y = -\left[\frac{4}{D}\int \tau_K\left(\frac{1}{y}\right)dy + p'\left(1 + \frac{4}{D}.\mu\int dy'\right)\right] \qquad (3.8)$$



Obr.3.14 Protlačování materiálu válcovou průtlačnicí [14]

3.3.3 Síly působící na střižném nástroji [9]

Celková síla F_c se skládá ze tří složek sil F_1, F_2, F_3, kde F_1 je střižná síla, F_2 je síla přidržovače a F_3 je síla vyhazovače. Tyto síly se určí dle následujících vztahů:

Střižná síla F_1:

$$F_1 = S \,.\, \tau_{ps} \,.\, n \qquad [N] \qquad (3.9)$$

kde: S – střižná plocha [mm^2]
τ_{ps}- pevnost ve střihu [Mpa]
n – součinitel otupení (n = 1,1)

Síla přidržovače F_2:

$$F_2 = 4 \cdot Rm \cdot L_h \cdot h \quad [N] \qquad (3.10)$$

kde: L_h- délka tlačné hrany [mm]
h – výška tlačné hrany [mm]
Rm – mez pevnosti [Mpa]

Síla vyhazovače F_3:

$$F_3 = Sv \cdot p \quad (0{,}2 \cdot F_1) \quad [N] \qquad (3.11)$$

kde: Sv- plocha stříhané součásti [mm^2]
p – měrný tlak (30 – 70) [Mpa]

Celková síla F_c:

$$F_c = F_1 + F_2 + F_3 \quad [N] \qquad (3.12)$$

3.3.4 Práce při přesném stříhání [9]

Je střižná práce, která se vypočítá dle vzorce:

$$A_s = (\psi \cdot F_1 \cdot s) / 1000 \quad [J] \qquad (3.13)$$

kde: ψ – součinitel zaplnění grafu [-]
F_1 – střižná síla [N]
t - tloušťka materiálu [mm]

3.3.5 Materiály pro přesné stříhání [2], [9], [13], [14]

Technologií přesného stříhání s nátlačnou hranou lze stříhat hliník a jeho slitiny do Rm = 300 Mpa, měď, některé druhy mosazi , berylium a jeho slitiny, cementační oceli, feritické oceli, nelegované oceli, nízkolegované oceli, austenitické nerezavějící oceli. Se zvyšováním pevnostních charakteristik se vhodnost oceli pro přesné stříhání zmenšuje a vzrůstá vliv anizotropie mechanických vlastností na kvalitu střižné plochy. S rostoucím podílem tvrdých strukturních složek se zvyšuje opotřebení nástrojů a snižuje se možnost přesného stříhání – například se musí zvětšit poloměry zaoblení. Přehled vybraných materiálů a vhodnost pro přesné stříhání je na obr.3.15.

Označení materiálu	vhodnost pro přesné stříhání
ČSN 11 300, 11 320, 11 330, 11 343, 11 373, 11 423, 11 425; 12 010, 12 014, 12 020, 12 023, 12 024 ČSN 42 4214 (mosaz)	velmi dobrá
ČSN 11 500, 11 600, 11 700 16 720	dobrá
Ms 63; Ms 60	špatná
Ms 58 (ČSN 42 3223)	nevhodná
Ms 63Pb (ČSN 42 3214)	nehodí se
ČSN 12 040, 12 041, 12 050, 12 060, 12 061, 12 073, 12 081, 12 088; 13 180; 14 109, 14 120, 14 180, 14 220, 14 221, 14 260; 15 124, 15 130; 16 220, 16 221, 16 231, 16 420; 17 041, 17 240, 17 241, 17 246, 17 253; 19 103, 19 132, 19 140, 19 152, 19 191, 19 192, 19 221, 19 222, 19 252, 19 255, 19 312, 19 419, 19 452.	opotřebení nástroje

Obr.3.15 Přehled vybraných materiálů pro přesné stříhání [2]

3.3.6 Kvalita výchozího materiálu [14]

Obecně platí, že stejnoměrnost výchozího materiálu co do chemického složení, struktury, přesnosti rozměrů a jakosti je nutnou podmínkou pro úspěšné využití přesného stříhání. Pro přesné stříhání jsou vhodnější pásy nebo pruhy plechů válcované za studena.

3.3.7 Kvalita střižné plochy [13]

Kvalita povrchu střižných ploch závisí na tvaru křivky střihu, na stříhaném materiálu a dále tvaru a stavu střižných hran střižníku a střižnice. Při dobrých střižných podmínkách je sklon střižné plochy přesně stříhané součásti z oceli o tloušťce plechu 10 mm na vnějším obvodu cca 0,02 mm. Z toho vyplívá kuželovitost ploch proti sobě 0,04 mm. Vyskytující se vady jsou závislé na směru střihu. Ve směru střihu jsou to většinou vady tvaru, ve směru obvodu vady povrchu součásti. Vlastnosti stříhaného materiálu mají vliv zejména na povrchové vady.

3.3.8 Výhody a nevýhody přesného stříhání

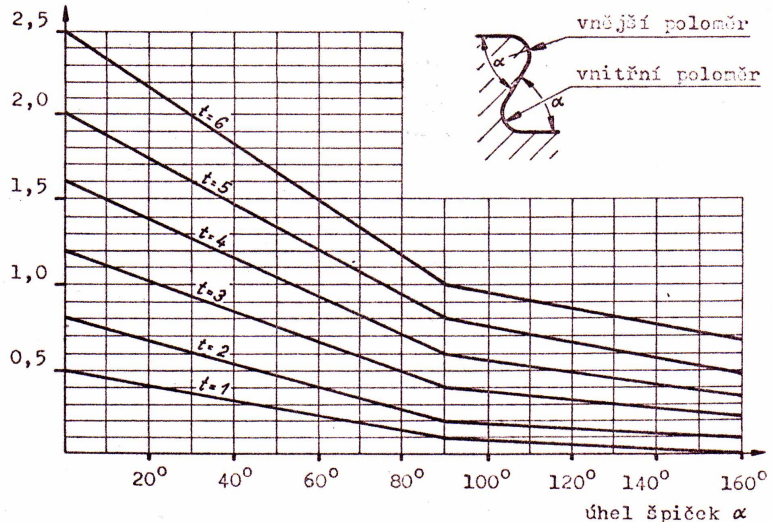
Mezi výhody se řadí lepší kvalita střižné plochy a zvýšená produktivita. Jako nevýhody se dá považovat zpravidla větší spotřeba materiálu zdůvodu větších přídavků a fakt, že tato technologie výroby je dražší a vyplácí se zpravidla až od větších sérií. Při navrhování technologie stříhání je potřeba dbát na to, aby jsme zvolili správnou a ekonomicky výhodnou technologii.

3.4 Technologičnost tvaru součásti

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

3.4.1 Poloměry rohů a hran vystřihovaných částí [2], [6], [7], [13], [14]

Technologií přesného stříhání nelze stříhat absolutně ostré rohy. Obecně lze říci, že čím větší zvolíme poloměr, tím jakostnější bude výsledek. Proto při návrhu konstrukce součásti, které se budou vyrábět přesným stříháním je zapotřebí volit optimální velikost poloměrů vnitřních i vnějších a pokud to konstrukce dovoluje tak co možno největší. Při nesplnění těchto podmínek dochází k horší kvalitě střižných ploch a k rychlejšímu opotřebení nástroje nebo nástrojů a tudíž i k větším nákladům na výrobu součásti. V místech ostrých rohů mohou vznikat ve střižné ploše trhlinky, které jsou velmi nežádoucí a vzniká zmetek. Optimální velikost poloměrů rohů a hran závisí na vrcholovém úhlu, tloušťce plechu a v neposlední řadě také na pevnosti materiálu. Minimální poloměr vnějších poloměrů zjistíme z grafu (obr.3.16). Pro vnitřní poloměry odpovídá 0,7 hodnoty z grafu.



Obr.3.16 Hodnoty pro vnější poloměry [7]

3.4.2 Minimální průměr otvoru a minimální šířka drážky [14]

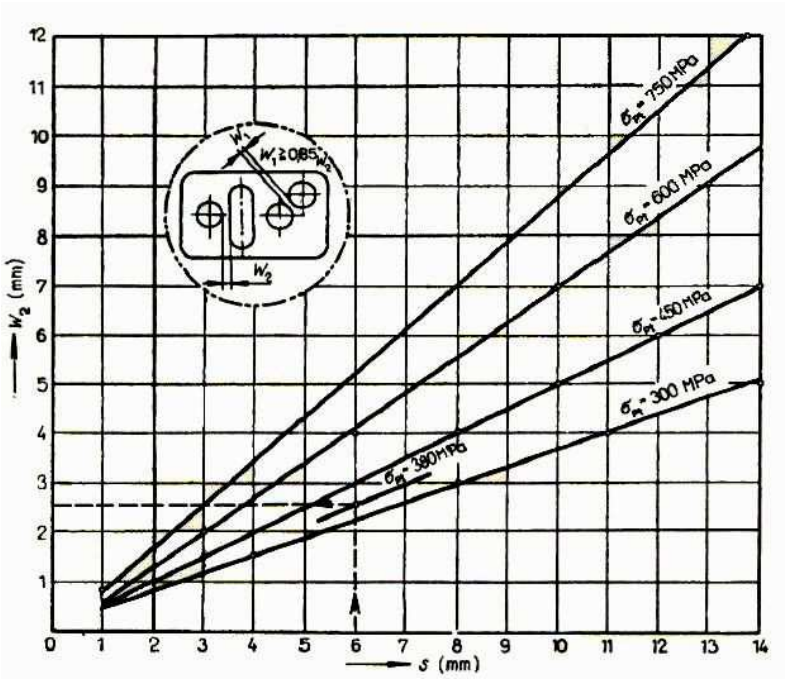
Při stanovování minimálního průměru otvoru a minimální šířky drážky vycházíme především z tuhosti konstrukce nástroje, z pevnosti a tloušťky materiálu a z životnosti nástroje. Pro orientační určení minimálního průměru otvoru a minimální šířky drážky platí tabulka na obr.3.17. Hodnoty jsou určeny pro materiál a pevnosti Rm = 400 Mpa. U materiálu s vyšší pevností, kde střižné tlaky vzrůstají, je nutno tyto hodnoty patřičně zvětšit.

Tloušťka plechu t	Minimálmí průměr otvoru d	Minimální šířka drážky b
do 3 mm	60% t	65% t
nad 3 mm	70% t	80% t

Obr.3.17 Hodnoty pro vnější poloměry [7]

3.4.3 Vzdálenost mezi otvory a drážkami [13], [14]

U tvarově složitých součástí s velkým počtem otvorů a drážek je nutné správně zvolit vzdálenost mezi jednotlivými otvory a drážkami. Příliš malé hodnoty vzdáleností zhoršují kvalitu střižných ploch a snižuje se životnost nástroje, což se opět projevuje v ceně výrobku. Vstupní faktory pro stanovení vzdálenosti mezi otvory a drážkami, jak ukázala praxe, jsou tloušťka stříhaného materiálu a jeho pevnost. Obecně se dá říci, že se vzrůstající pevností a tloušťkou stříhaného materiálu je nutné zvětšit vzdálenosti mezi otvory. Jinak opět dochází především ke snížení trvanlivosti funkčních částí nástroje.



Obr.3.18 Minimální vzdálenost mezi otvory a drážkami [14]

3.4.4 Střižná vůle [9], [14]

Má největší vliv na kvalitu střižné plochy. Pro výpočet střižné vůle existuje mnoho empirických vztahů, které se mohou značně lišit. Obecně se ale dá říci, že je cca desetkrát menší jak u klasického stříhání respektive cca 0,5 % tloušťky stříhaného materiálu. Střižnou vůli stanovíme buď výpočtem nebo pomocí diagramu.

a) Výpočtem

- Pro plechy s menší tloušťkou než 3 mm platí vztah:

$$v = c \cdot t \cdot 0{,}32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \quad [mm] \qquad (3.14)$$

kde: c – součinitel závislý na druhu stříhání,
pro přesné stříhání se volí $c = 7.10^{-4}$
τ_{ps} – pevnost materiálu ve střihu [MPa]

- Pro plechy s větší tloušťkou než 3 mm platí vztah:

$$v = (1{,}5 \cdot c \cdot t - 0{,}0015) \cdot 0{,}32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \quad [mm] \qquad (3.15)$$

b) pomocí diagramu

viz příloha č.1

3.4.5 Velikost postranního odpadu a šířky můstku [9], [14]

Tuto velikost určíme z tabulky nebo odečteme z diagramu.

a) tabulka – viz příloha č.2
b) diagram – viz příloha č.3

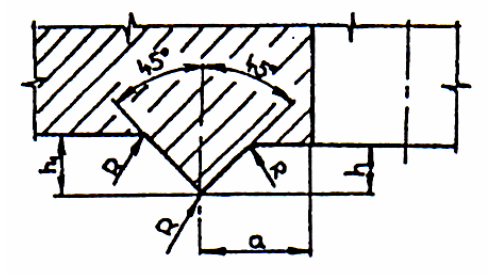
3.4.6 Tlačná hrana [14] citace

Tvar, poloha a rozměry tlačné hrany ovlivňují kvalitu střižné plochy a životnost nástrojů. Je.li vzdálenost od křivky střihu příliš velká, je velká i spotřeba materiálu a účinek tlačné hrany se snižuje. Naproti tomu malá vzdálenost tlačné hrany od křivky střihu omezuje vliv tlačné hrany a tím snižuje kvalitu střižné plochy. Tlačná hrana musí sledovat tvar výstřižku. Příklad umístění nátlačné hrany je uveden na obrázku 3.20. 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 střižnici.

Jsou – li přidržovač i střižnice opatřeny tlačnými hranami, je hloubka vniku rovna součtu výšek obou tlačných hran. Pro rozměry tlačných hran do tlouštěk ocelového plechu 10 mm lze použít graf jenž je na obr. 96 přičemž úhel α do tloušťky 4 mm má hodnotu 30º, nad 4 mm má úhel 45º. Úhel β má hodnotu 45º bez ohledu na tloušťku materiálu. Jestliže se bude stříhat materiál s malou tvárností, používají se úhly jak pro materiály nad 4 mm tloušťky. Jedntlivé hrany jsou znázorněny na obr.3.19 a 3.20.

a) pro málo tvárné materiály

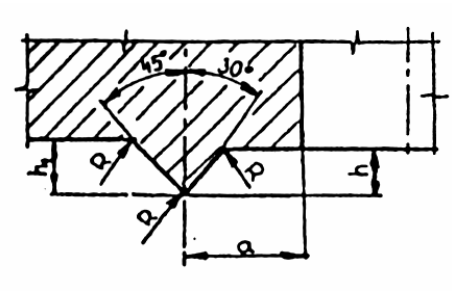
$h = 1/6 \cdot s_o$
$a = (0{,}6 \text{ až } 1{,}2) \cdot h$
$h_1 = h + 0{,}05$



Obr.3.19 Tlačná hrana [2]

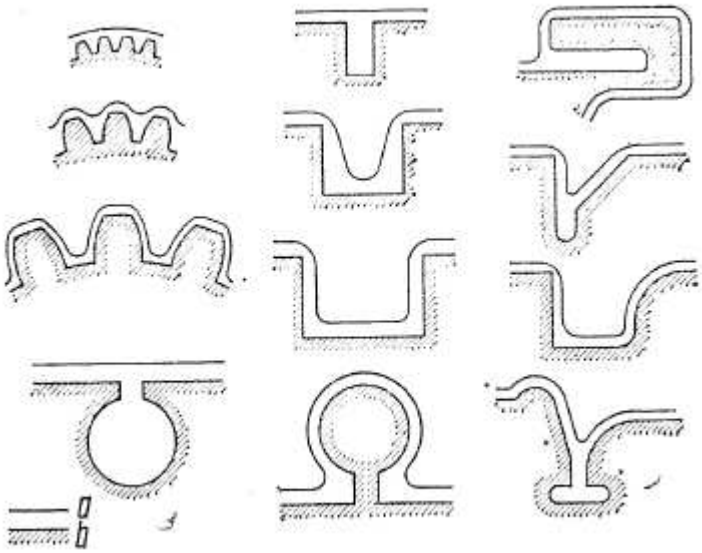
b) pro tvárné materiály

$h = 1/3 \cdot s_o$
$a = (0{,}6 \text{ až } 1{,}2) \cdot h$
$h_1 = h + 0{,}05$



Obr.3.20 Tlačná hrana [2]

a) nátlačná hrana
b) křivka střihu



Obr.3.20 Příklady průběhu nátlačné hrany vzhledem ke křivce střihu

3.5 Nástroje pro přesné stříhání [6], [22]

Na nástroje pro přesné stříhání je kladeno mnoho požadavků. Mezi nejdůležitější se dá zařadit tuhost a přesnost nástroje, kde se pro tuto podmínku používá valivé vedení. Dále je to přesné výškové ustavení nástroje, kde střižník nesmí procházet střižnicí a rovnoběžnost stěn otvoru ve střižnici po celé tloušťce stříhaného materiálu musí být bez jakéhokoli úkosu.

3.5.1 Druhy nástrojů pro přesné stříhání [9], [14]

Podle konstrukce rozlišujeme dva základní typy nástrojů pro přesné stříhání.

a) nástroj s pohyblivým střižníkem a pevnou přítlačnou deskou

b) nástroj s pevným střižníkem a pohyblivou přítlačnou deskou

Obecně lze říci, že nástroj s pohyblivým střižníkem a pevnou přítlačnou deskou je používanější než nástroj s pevným střižníkem a pohyblivou přítlačnou deskou a to z důvodu příznivějšího rozložení sil působících při stříhání a to má za následek lepší stabilitu nástroje.

3.5.2 Hlavní funkční části střižného nástroje [9], [12], [13], [14]

Mezi nejdůležitější hlavní funkční části nástroje se řadí:

1. střižník
2. střižnice
3. přítlačná deska
4. vyhazovač

Popis a charakteristika jednotlivých součástí:

Střižník

střižník slouží k vystřižení součásti. Nejvýhodnější je, aby střižník byl z jednoho kusu a aby opěrná část s ohledem na tuhost a stabilitu byla co největší. Oproti běžnému vystřihování je střižník značně namáhán z důvodu vnitřního otvoru pro vyhazovač. Střižík musí být pojištěn proti působení stírací síly. Střižník je nutno kontrolovat výpočtem na vzpěr a pevnost střižníku.

Zásady pro konstrukci střižníku:
- musí mít dostatečnou délku pro nabroušení
- odmagnetizovaný
- souosý
- kolmý a zalícovaný ve vyhazovači suvně
- zalícovaný v kotevní desce
- zajištěný proti pootočení

Střižnice

má rozhodující vliv na přesnost tvaru a jakost povrchu výstřižku. Podle vnějšího tvaru rozlišujeme kulaté a obdélníkové střižnice a přidržovače. Podle složitosti stříhané součásti jsou střižnice dělené nebo nedělené. Místa na střižnici kde mi mohlo docházet k rychlému opotřebení se mohou vložkovat jakostnějším materiálem. Toto se používá hlavně ve velkosériové a hromadné výrobě. Velmi důležité je správné ustředění střižnice ve vodícím stojánku. V praxi se velmi dobře osvědčuje ustřeďování kruhových přidržovačů a střižnic pomocí kuželovitého uložení o malém úkosu v horní nebo dolní části vodícího stojánku. Používá se úkos 3° a zalisovávají se s předpětím cca 0,2 až 0,3 mm. Šrouby spojující přidržovač s horní částí vodícího stojánku, nejsou při stříhání namáhány. Šrouby upevňující střižnici ve spodní části vodícího stojánku jsou namáhány silou vyhazovače.

Zásady pro konstrukci střižnice:
- vyrobená bez přechodů a broušená
- zalícovaná se správným předpětím
- v zeslabených místech podepřena
- konstruována s odvzdušňovací drážkou
- nátlačné hrany v souladu s technologickými směrnicemi

Přítlačná deska

Je určná k tomu, aby vedla střižník a spolu se střižnicí svírala stříhaný materiál. K docílení vhodného stavu napjatosti se zhotovuje na přítlačné desce tlačná hrana. Stejně jako střižnice může být přítlačná deska obdélníková nebo kruhová, dělená nebo nedělená. Na vnějším obvodě má úkos.

Vyhazovač

Funkce vyhazovače je, aby daný výstřižek vyhodil ze střižnice. Další funkcí je také částečné srovnání výstřižku. Vyhazovač musí vyčnívat 0,1 až 0,2 mm ze střižnice.

Zásady pro konstrukci vyhazovače:
- musí být lícovaný do střižnice suvně
- zajištěný proti pootočení a vypadnutí

3.5.3 Materiály pro střižné nástroje [6], [9], [14]

Materiály pro střižné nástroje je potřeba volit velmi pečlivě a brát v úvahu fakt, že zde působí větší síly jak u konvenčního stříhání a z pravidla se nástroje používají na větší série než u klasického stříhání a proto jsou na ně kladeny větší nároky. Příkladem lze uvést materiály například 19 824.3 pro střižníky. Tento materiál je kalen, 3x popuštěn na 61 HRc. Další možné materiály jsou například 19 830-Mo5 jak pro střižníky tak i pro střižnice, 19 437.3 pro střižníky, 19 421.3 pro vyhazovač atd. Další materiály viz. příloha č.4.

3.6 Výroba funkčních částí nástrojů [14]

Výroba funkčních částí nástrojů pro přesné stříhání v porovnání s běžným stříháním je velmi nákladná a pracná. Může za to především fakt, že zde je použita velmi malá střižná vůle. Požadavek na vzájemné slícování je z tohoto důvodu velmi vysoký.

Obecně se dá rozdělit výroba na dva způsoby:
- konvenčním způsobem
- elektroerozívním způsobem

U konvenčních způsobu výroby je především problém výroba střižnice, která je buď dělená nebo nedělená. Nědělené střižnice vyrobené za měkka běžnými způsoby mechanického zpracování většinou nevyhovují podmínce sériové výroby z důvodů, že deformace při kalení způsobí to, že výrobek je nepřesný a nekvalitní.

U metody elektroerozívního obrábění jsou funkční díly vyráběny elektrojiskrovou erozí až po tepelném zpracování. Problémy s deformacemi, které vznikají u běžných metod výroby se nevyskytují.

3.7 Lisy k přesnému stříhání [6], [9], [14]

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.

3.7.1 Základní požadavky na lisy pro přesné stříhání [9]

1) Potřebná práce pro tuto technologii je 2x až 3x větší než u klasického stříhání.

2) Je nezbytné naprosto přesné vedení beranu lisu a to bez vůle.

3) Měl by být vybaven automatickým podáváním a mazáním pásu, stříháním odpadu a odfukováním nebo vyjímáním výstřižků.

4) Pokud možno aby měl jednoduché ovládání a jednoduchou údržbu.

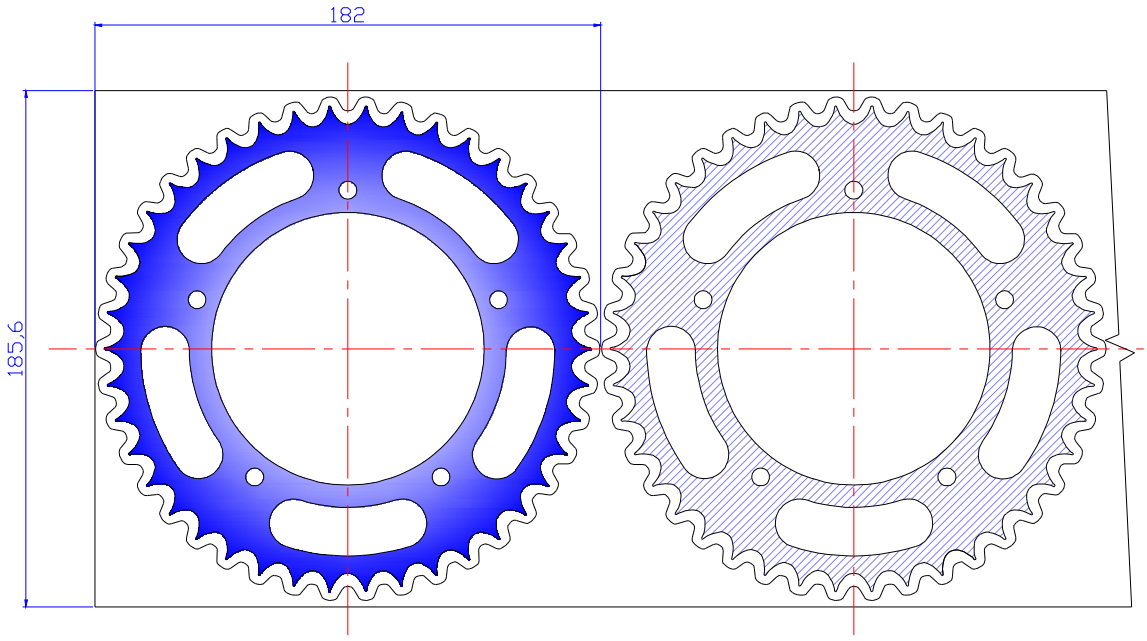
5) Lis musí být opatřen bezpečnostní pojistkou proti přetížení a jinými ochranými zařízeními, které spolehlivě zajistí zejména kontrolu vyhození výstřižku a odpadu a ochranu obsluhujícího pracovníka.

6) Rychlost stříhání by neměla překročit 15 mm/s.

4. NÁVRH TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ S NÁTLAČNOU HRANOU

4.1 Konstrukční a technologické řešení nástroje

4.1.1 Nástřihový plán [9], [10]



Obr.4.1 Nástřihový plán

Dle přílohy č.3 je pro tloušťku materiálu 4,5 mm minimální vzdálenost b_1 = 5,3 mm a b_2 = 7 mm. Z toho plyne šířka pásu a délka kroku.

Šířka pásu: $M = 2 \cdot b_1 + D$ (4.1)
$M = 2 \cdot 5{,}3 + 175$
$M = 185{,}6$ mm

Délka kroku: $K = b_2 + d$ (4.2)
$K = 7 + 175$
$K = 182$ mm

4.1.2 Tlačná hrana [9], [14]

Umístění a rozměry tlačné hrany určíme z tabulky která je obsažena v příloze č.3. Pro tloušťku materiálu 4,5 mm je tlačná hrana umístěna na přítlačné desce a na střižnici.

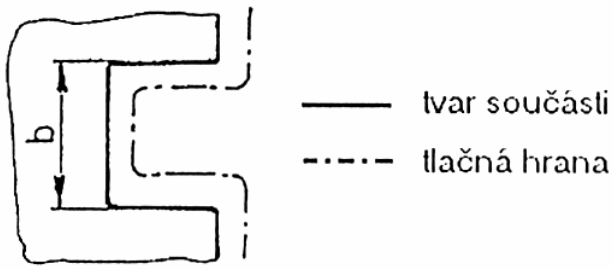
Rozměry nátlačné hrany

a = 3,2 mm
h = 0,25 mm (2x)
h_1= 0,55 mm
R = 0,1 mm

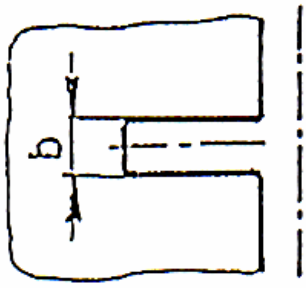
Pro složité tvary součásti platí pro tlačnou hranu následující podmínky:

a) Pro zářezy o šířce b ≥ 15.h je tlačná hrana vedena podél stříhaného obrysu.(Obr.4.2)

b) Pro zářezy o šířce b ≤ 15.h není tlačná hrana vedena podél obrysu součásti.(Obr.4.3)



Obr.4.2



Obr. 4.3

4.1.3 Střižná vůle

Střižná vůle se vypočíta dle vztahu 3.15:

$v = (1,5 \cdot c \cdot t - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}}$

$v = (1,5 \cdot 7,10^{-4} \cdot 4,5 - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{496}$

v = 0,023 mm

kde: τ_{ps} = 0,8 . Rm

τ_{ps} = 0,8 . 620

τ_{ps} = 496 Mpa

Střižná vůle je v = 0,023 mm

4.1.4 Plocha součásti, délka křivky střihu a tlačné hrany

Hodnoty potřebné pro následující výpočty byli určeny v programu Autocad.

Plocha součásti S_v = 9121,2 mm^2

Délka nátlačné hrany L_h = 753,7 mm

Obvod součásti $O_s = O_o + 5.O_{s1} + 5.O_{s2} + O_v$ (4.4)

O_s = 837,9 + 5.134,5 + 5.20,1 + 307,9

O_s = 1918,8 mm

kde: O_o – obvod ozubení [mm]
O_{s1} – obvod tvarového střižníku [mm]
O_{s2} – obvod střižníku průměru 6 mm [mm]
O_v – obvod střižníku průměru 98 mm [mm]

4.1.5 Výpočet sil působících při přesném stříhání

Pro výpočet střižné síly použijeme vzorec (3.9):

$F_1 = O . t . \tau_{ps} . n$
F_1 = 1918,8 . 4,5 . 496 . 1,1
F_1 = 4 711 038 N

Pro výpočet síly přidržovače použijeme vzorec (3.10):

$F_2 = 4 . Rm . L_h . h$
F_2 = 4 . 496 . 753,7 . 0,5
F_2 = 747 670 N

Pro výpočet síly vahazovače použijeme vzorec (3.11):

$F_3 = S` . p$
$F_3 = O . t . p$
F_3 = 1918,8 . 4,5 . 70
F_3 = 604 422 N

Pro výpočet celkové střižné síly použijeme vzorec (3.12):

$F_c = F_1 + F_2 + F_3$
$F_c = 4\ 711\ 038 + 747\ 670 + 604\ 422$
$F_c = 6\ 063\ 130$ N

4.1.6 Výpočet střižné práce při přesném stříhání

Pro výpočet střižné práce použijeme vzorec (3.13):

$A_s = (\psi \,.\, F_1 \,.\, t) / 1000$
$A_s = (0{,}48 \,.\, 4\ 711\ 038 .\ 4{,}5) / 1000$
$A_s = 10\ 176$ J

4.1.7 Rozměry funkčních částí střižnice a střižníku [6], [9]

Děrovat otvor 6 mm

JR = 6 mm
TS = +0,4 mm
TA = 0,074 mm
TE = 0,120 mm
P = 0,310 mm
V = 0,023 mm

Rozměr střižnice:

$$RED = (JR + p + V) + TE \qquad (4.5)$$

$$RED = (6 + 0{,}310 + 0{,}023) + 0{,}12$$

$$RED = 6{,}333_{0}^{+0{,}12} \text{ mm}$$

Rozměr střižníku:

$$RAD = (JR + p) - TA \qquad (4.6)$$

$$RAD = (6 + 0{,}310) - 0{,}074$$

$$RAD = 6{,}31_{-0{,}074}^{+0} \text{ mm}$$

Děrovat otvor 98 mm

JR = 98 mm
TS = +0,4 mm
TA = 0,074 mm
TE = 0,120 mm
P = 0,310 mm
V = 0,023 mm

Rozměr střižnice:

RED = (JR + 2V) + TE (4.7)

RED = (98 + 2.0,023) + 0,120

RED = $98{,}046_{0}^{+0{,}12}$ mm

Rozměr střižníku:

RAD = (JR) - TA (4.8)

RAD = (98) - 0,074

RAD = $98_{-0{,}074}^{+0}$ mm

Kde:	REV -	rozměr střižnice při vystřihování	[mm]
	RAV –	rozměr střižníku při vystřihování	[mm]
	RED –	rozměr střižnice při děrování	[mm]
	RAD –	rozměr střižníku při děrování	[mm]
	JR -	jmenovitý rozměr	[mm]
	v -	střižná vůle	[mm]
	TS -	tolerance jmenovitého rozměru	[mm]
	TA -	výrobní tolerance střižníku	[mm]
	TE -	výrobní tolerance střižnice	[mm]

Ostatní střižníky a střižnice viz výrobní výkresy.

4.1.8 Kontrola střižníku na vzpěr [9], [10]

Kontroluje se střižník s nejmenším průměrem. V našem případě je to střižník s průměrem d = 6 mm. Pro výpočet vzpěru je nutno spočítat kvadratický moment průřezu $J_{y.}$ Uložení střižníku je možno považovat za vetknutý na obou koncích. Vypočítá se jeho kritická délka, při překročení této meze může dojít k jeho poškození.

$$J_y = \frac{\pi.d^4}{64} = \frac{\pi.6^4}{64} = 63{,}6 \text{ mm}^4 \qquad (4.9)$$

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4\pi^2.E.J_y}{k_b.d.t.\tau_{ps}}} = \sqrt{\frac{4\pi^2.2{,}1.10^5.63{,}6}{1{,}8.6.4{,}5.496}} = 147{,}9 \text{ mm} \qquad (4.10)$$

kde:	E – modul pružnosti	$E = 2{,}1.10^5$ MPa
	J_y – kvadratický moment průřezu	$J_y = 63{,}6$ mm^4
	k_b – koeficient bezpečnosti	$k_b = 1{,}8$
	d_v - průměr střižníku	$d_v = 6$ mm
	τ_{ps} – pevnost ve střihu	$\tau_{ps} = 496$ MPa

Z výpočtu vyplývá, že kritická hodnota délky střižníku je 147,9 mm, což je v našem případě dostačující. Střižník na vzpěr vyhovuje.

4.1.9 Kontrola pevnosti střižníku [9], [10]

Kontroluje se opět střižník s nejmenším průměrem. Tzn. střižník o průměru 6 mm. Maximální dovolené namáhání volím σ_{dov} = 2 200 MPa. Pro výpočet pevnosti musíme znát střižnou sílu na tomto střižníku a průřez střižníku. Sílu spočítáme ze vzorce (3.9).

Střižná síla

$$F_{v1} = O_1 . t . n . \tau_{ps} \qquad (4.11)$$

$$F_{v1} = \pi .d_v . t . n . \tau_{ps}$$

$$F_{v1} = \pi . 6 . 4{,}5 . 1{,}1 . 496$$

$$F_{v1} = 46\ 280 \text{ N}$$

Průřez střižníku

$$S_{v1} = \frac{\pi.d_v^2}{4} \qquad (4.12)$$

$$S_{v1} = \frac{\pi.6^2}{4}$$

$$S_{v1} = 28{,}3 \text{ mm}^2$$

Pevnost střižníku

$$\sigma = \frac{F_{v1}}{S_v} \qquad (4.13)$$

$$\sigma = \frac{46280}{28{,}3}$$

σ = 1635 Mpa

kde: F_{v1} – střižná síla na nejmenším střižníku [N]
O_1 - obvod nejmenšího střižníku [mm]
S_{v1} - plocha průřezu střižníku [mm^2]
d_v - průměr střižníku [mm]

$\sigma_{dov} \geq \sigma$ → střižník z hlediska pevnostního namáhání VYHOVUJE

4.1.10 Kontrola upínací desky na otlačení [9], [10]

Tuto kontrolu je potřeba provést z důvodu zjištění, zda má být vložena mezi upínací desku opěrná kalená deska či nikoli. Pokud přesáhne namáhání na dosedací ploše hodnotu 180 Mpa je nutno toto dodržet. Průměr upínací hlavy střižníku je stanoven na 10 mm.

Plocha průřezu upínací části

$$S_{s1} = \frac{\pi . d_u^{\,2}}{4} \qquad (4.14)$$

$$S_{s1} = \frac{\pi . 10^2}{4}$$

S_{s1} = 78,6 mm^2

kde: d_u – průměr upínací části střižníku [mm]

Vzniklé napětí mezi deskou a střižníkem

$$\sigma = \frac{F_{v1}}{S_{s1}} \qquad (4.15)$$

$$\sigma = \frac{46280}{78,6}$$

$$\sigma = 588,8 \text{ Mpa}$$

kde: F_{v1}- střižná síla na nejmenším střižníku [N]
S_s – plocha průřezu upínací části [mm^2]

$\sigma_{dov} \leq \sigma$ → upínací deska z hlediska pevnostního namáhání NEVYHOVUJE. Je nutné použít kalenou opěrnou desku

Opět byl proveden výpočet u nejmenšího střižníku, tudíž není potřeba počítat ostatní střižníky. Podmínka vložení kalené desky musí být splněna, takže i ostatní střižníky budou opřeny o kalenou desku.

4.1.11 Výpočet výšky střižnice [10], [14]

Při výpočtu se uvažuje namáhání střižnice na ohyb. Dovolené namáhání na ohyb je stanoveno na 2080 Mpa. Předpokládá se, že tlak je rozložen po obvodě rovnoměrně. Pro kruhovou střižnici platí vztah:

$$h = \sqrt{(1-\frac{2.D_o}{3.D_1})\frac{1,5F_{stř}}{\sigma_{DOV}}} \qquad (4.16)$$

$$\sigma_{DOV} = \frac{R_{mo}}{1,8} \qquad (4.17)$$

$$h = \sqrt{(1-\frac{2.161,44}{3.285})\frac{1,5.4711038}{2111.10^6}}$$

$$\sigma_{DOV} = \frac{3800}{1,8}$$

h = 0,0456 → 46 mm

σ_{DOV} = 2111 MPa

kde: h – výška střižnice

$F_{stř}$ – střižná síla

σ_{DOV} - maximální dovolené napětí v ohybu

R_{mo} - pevnost v ohybu

Podle výpočtu by měla být výška střižnice minimálně 46 mm. Vzhledem ke konstrukci nástroje, kdy je střižnice podepřena je možno tento rozměr zmenšit. Prakticky je namáhaná pouze na tlak a fakticky je tento vztah pouze informativní – udává, že je možno použít tuto střižnici i pro jinou konstrukci nástroje a že je nástroj správně nadimenzován. Proto volím výšku střižnice 40 mm.

4.1.12 Pevnostní kontrola upínacích šroubů [6], [9], [10]

Šrouby, které upevňují střižník jsou při vyhazování součásti a odpadu namáhány na tah a je potřeba výpočtem překontrolovat, zda navržený průměr, počet a materiál šroubů vyhovuje. Volím pevnostní šrouby s třídou pevnosti 10K. Nejprve je potřeba spočítat stírací sílu, která se spočítá jako 10% střižné síly na daném střižníku a po té určit napětí. Maximální dovolené napětí na šroubu volím 500 MPa dle materiálu šroubu 15 230. U střižníku, kde konstrukce nedovoluje uchycení pomocí šroubu se volí uchycení pomocí osazení hlavy střižníku. Pro kontrolu je zde uveden výpočet napětí na těchto střižníkách v tahu.

Výpočet napětí u střižníku průměru 6 mm (střižník řešen pomocí osazení)

$F_{s1} = O_{s1} \cdot t \cdot n \cdot \tau_{ps}$ (4.18)

$F_{s1} = \pi \cdot d_{s1} \cdot 4{,}5 \cdot 1{,}1 \cdot 496$

$F_{s1} = \pi \cdot 6 \cdot 4{,}5 \cdot 1{,}1 \cdot 496$

$F_{s1} = 46\ 280$ N

$F_{u1} = k_{eu} \cdot F_{s1}$ (4.19)

$F_{u1} = 0{,}1 \cdot 46\ 280$

$F_{u1} = 4\ 628$ N

$$\sigma = \frac{F_{u1}}{S_{v1}} \quad (4.20)$$

$$\sigma = \frac{4628}{28{,}3}$$

$\sigma = 163{,}5$ Mpa

kde: F_{s1} – střižná síla na střižníku o průměru 6 mm
F_{u1} – stírací síla na střižníku o průměru 6 mm
σ – napětí na střižníku
k_{eu} – koeficient pro určení stírací síly (0,1)
S_{v1} - průřez střižníku

Střižník na tah VYHOVUJE

Výpočet napětí šroubu u tvarového střižníku

$F_{s2} = O_{s2} \cdot t \cdot \tau_{ps} \cdot n$ (4.21)

$F_{u2} = k_{eu} \cdot F_{s2}$ (4.22)

$F_{s2} = 134{,}5 \cdot 4{,}5 \cdot 496 \cdot 1{,}1$

$F_{u2} = 0{,}1 \cdot 330\,224{,}4$

$F_{s2} = 330\,224{,}4$ N

$F_{u2} = 33\,022{,}4$ N

$$\sigma = \frac{F_{u2}}{3.S_{v2}} \quad (4.23)$$

$$\sigma = \frac{33022{,}4}{2.50{,}27}$$

σ = 328 MPa

kde: F_{s2} – střižná síla na tvarovém střižníku
F_{u2} – stírací síla na tvarovém střižníku
σ – napětí na upínacích šroubech
k_{eu} – koeficient pro určení stírací síly (0,1)
S_{v2} - průřez šroubu

Volím dva upínací šrouby průměru 8 mm. Šrouby na tah VYHOVUJÍ.

Výpočet napětí šroubu u střžníku průměru 98 mm

$F_{s3} = O_{s2} \cdot t \cdot \tau_{ps} \cdot n$ (4.24) $F_{u3} = k_{eu} \cdot F_{s3}$ (4.25)

$F_{s3} = 307{,}9 \cdot 4{,}5 \cdot 496 \cdot 1{,}1$ $F_{u3} = 0{,}1 \cdot 755\,956{,}1$

$F_{s3} = 755\,956{,}1$ N $F_{u3} = 75\,595{,}61$ N

$$\sigma = \frac{F_{u3}}{5.S_{v3}} \quad (4.25)$$

$$\sigma = \frac{75595{,}61}{5.50{,}27}$$

σ = 300,8 Mpa

kde: F_{s3} – střižná síla na kruhovém střižníku o průměru 98 mm
F_{u3} – stírací síla na kruhovém střižníku o průměru 98 mm
σ – napětí na upínacích šroubech
k_{eu} – koeficient pro určení stírací síly (0,1)
S_{v2} - průřez šroubu

Volím 5 upínacích šroubů o průměru 8 mm. Šrouby na tah VYHOVUJÍ.

4.1.13 Návrh lisu [příloha č.5], [9],

Návrh lisu spočívá ve věci zvolit z výpočtů a z výkresů správný druh a typ lisu. Pro přesné stříhání je potřeba trojčinného lisu. Volím lis od firmy SCHMID s hydraulickým pohonem typ HSR 800. Tento stroj je vybaven automatickým podáváním a mazáním pásu plechu. Jako odvíjecí a rovnací zařízení je použit stroj značky SCHMID typ HR 10 H. Po vystřižení je vystřižená součástka i odpad odfouknut z pracovního prostoru. Obrázek obou strojů je v příloze č.5.

Technická data lisu HSR 800

Celková síla max:	8000	[kN]
Střižná síla max:	5000	[kN]
Přidržovací síla max:	1600	[kN]
Zdvih beranu max:	300	[mm]
Počet zdvihů nezatíž.:	35	[min^{-1}]
Střižná rychlost:	10 – 30	[$mm.s^{-1}$]
Přísunová rychlost:	200	[$mm.s^{-1}$]
Posuvový krok max.	400	[mm]
Délka pásu min.:	3400	[mm]
Elektrický příkon:	135	[kW]
Spotřeba vzduchu:	30	[$m^3 . h^{-1}$]
Hmotnost:	47 200	[kg]

Technická data odvíjecího a rovnacího zařízení HR 10 H

Tloušťka pásu:	1 – 10	[mm]
Šířka pásu:	15 – 300	[mm]
Hmotnost svitku max.:	4000	[kg]
Vnější průměr svitku max.:	1600	[mm]
Vnitřní průměr svitku min.:	500	[mm]
Rychlost pásu:	0,2 – 16	[$m.min^{-1}$]
Počet rovnacích válců:	6	[ks]
Průměr rovnacích válců:	70	[mm]
Nastavování rovnacích válců:	hydraulicky	
Elektrický příkon:	7,5	[kW]
Hmotnost:	3 950	[kg]

5. TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V této kapitole je proveden výpočet ekonomického zhodnocení pro danou součást. Při výpočtech jsou do nákladu zahrnuty ceny nástrojů, ceny spotřebovaného materiálu a cena na obsluhu stroje. Stroje, které jsou navrhnuty jsou ve vybavení podniku. Výsledkem je výrobní cena za jeden kus součásti.

5.1 Vstupní hodnoty a výpočet zpracovatelské režie [9], [14]

Pro výpočet je potřeba znát tyto údaje:

Vyráběné množství		Vs = 600 000 ks
Životnost nástroje		Ts = výrobní série
Dílenské režie	- jednicové mzdy	JM = 100%
	- výrobní režie	VR = 389%
	- správní režie	SR = 115%
	- ostatní přímé náklady	OPN = 20%

Výpočet zpracovatelské režie:

$$ZR = JM + VR + SR + OPN \quad (5.1)$$
$$ZR = 100 + 389 + 115 + 20$$
$$ZR = 624\%$$

Pracovní třídy na výrobu nářadí:

PT 4 = 83 Kč/hod
PT 5 = 94 Kč/hod
PT 6 = 102 Kč/hod
PT 7 = 116 Kč/hod

Materiál 11 500

1 kg materiálu ve svitku = 45 Kč
1 kg materiálu v tabuli = 41 Kč
1 kg odpadu Kgo = 5 Kč

5.2 Výpočet nákladů na obsluhu stroje [16]

Při výrobní sérii Vs = 600 000 kusů a při uvažování, že daný typ lisu vyrobí 15 kusů za minutu a pro osmihodinovou pracovní směnu dostáváme vztah:

Stanovení počtu hodin na obsluhu stroje pro výrobní sérii Vs = 600 000 kusů

$$P_{hs} = (Vs/15)/60 \qquad (5.2)$$

$$P_{hs} = (600\ 000/15)/60$$

$$P_{hs} = 667 \text{ hodin}$$

Stanovení nákladů na potřebný počet hodin

Na obsluhu stroje uvažuji platovou třídu PT 6 = 102 Kč/h. Po dosazení dostáváme:

$$N_{os} = P_{hs} \,.\, PT\ 6 \qquad (5.3)$$

$$N_{os} = 667 \,.\, 102$$

$$N_{os} = 68\ 034 \text{ Kč}$$

5.3 Výpočet spotřeby a cen materiálu

5.3.1Výpočet spotřeby a cen materiálu z tabule plechu – varianta a [9], [10], [16]

Při výpočtu je potřeba uvažovat s tabulemi plechu o rozměru šířky Št = 1 800 mm a délky Dt = 4 500 mm. Dle nástřihového plánu vychází šířka pásu M = 185,6 mm délka kroku K = 182 mm.

Stanovení počtu pásů z tabule:

$$Pp = Št/M \quad (5.4)$$

$$Pp = 1800/185,6$$

$$Pp = 9,7 \Rightarrow 9 \text{ pásů}$$

kde: M – šířka pásu plechu [mm]
Šp – šířka tabule plechu [mm]

Stanovení počtu výstřižků z jednoho pásu plechu:

$$Pv = Dt/K \quad (5.5)$$

$$Pv = 4500/182$$

$$Pv = 24,7 \Rightarrow 24 \text{ kusů}$$

kde: K – krok [mm]
Dt - délka pásu plechu tabule [mm]

Stanovení počtu výstřižků z jedné tabule plechu:

$$Pvt = Pp \cdot Pv \quad (5.6)$$

$$Pvt = 9 \cdot 24$$

$$Pvt = 216 \text{ výstřižků}$$

kde: Pp – počet pásů z tabule [mm]
Pv - počet výstřižků z jednoho pásu plechu [mm]

Stanovení počtu tabulí plechu ke zhotovení série 600 000 ks:

$$Pt = Vs / Pvt \quad (5.7)$$

$$Pt = 600\,000/216$$

$$Pt = 2777{,}7 \rightarrow 2778 \text{ tabulí}$$

kde: Vs – počet kusů [ks]
Pvt – počet výstřižků z jedné tabule [ks]

Stanovení plochy výstřižků z jedné tabule:

Plocha výstřižku je Sv = 9 121,2 mm^2

$$Svt = Sv \,.\, Pvt \quad (5.8)$$

$$Svt = 9\,121{,}2 \,.\, 216$$

$$Svt = 1\,970\,179{,}2 \text{ mm}^2$$

kde: Sv – plocha jednoho výstřižku [mm^2]
Pvt – počet výstřižků z jedné tabule [mm^2]

Stanovení plochy jedné tabule plechu :

$$St = Dt \,.\, Št = 1800 \,.\, 4500 = 8\,100\,000 \text{ mm}^2 \quad (5.9)$$

kde: Dt – délka tabule [mm]
Št – šířka tabule [mm]

Stanovení procentuální využitelnosti materiálu:

$$Spv = (Svt / St) \,.\, 100 \quad (5.10)$$

$$Spv = (1\,970\,179{,}2 / 8\,100\,000) \,.\, 100$$

$$Spv = 24{,}32\ \% \rightarrow 75{,}68\ \% \text{ je odpad}$$

kde: Svt – plocha výstřižků z jedné tabule [mm^2]
St – plocha jedné tabule plechu [mm^2]

Výpočet hmotnosti tabule:

$m_t = \rho \cdot St \cdot t$ (5.11)

$m_t = 7{,}85 \cdot 10^{-6} \cdot 8\,100\,000 \cdot 4{,}5$

$m_t = 286{,}1$ kg

kde: ρ – měrná hmotnost oceli [kg/m^3]
t – tloušťka stříhaného materiálu [mm]
St – plocha jedné tabule plechu [mm^2]

Celková potřebná hmotnost plechů:

$m_{cp} = mt \cdot Pt$ (5.12)

$m_{cp} = 286{,}1 \cdot 2778$

$m_{cp} = 794\,786$ kg = 794,786 t

kde: mt – hmotnost tabule [kg]
Pt – počet tabulí [mm^2]

Výpočet odpadu:

Odpad je dle výpočtu 75,68 %. Z 794,786 tun plechu je hmotnost odpadu m_{co} = 601,494 tun.

Výpočet ceny odpadu:

$C_{od1} = Kgo \cdot m_{co}$ (5.13)

$C_{od1} = 5 \cdot 601\,494$

$C_{od1} = 3\,272\,505$ Kč

kde: Kgo – cena odpadu [Kč]
m_{co} – množství odpadu [kg]

Výpočet nákladu na materiál:

$N_{m1} = C_{m1} \cdot m_{cp} - C_{od1}$ (5.14)

$N_{m1} = 41 \cdot 794\,786 – 3\,272\,505$

$N_{m1} = 31\,487\,295$ Kč

kde: C_{m1} – cena materiálu v tabuli za 1 kg [Kč]
m_{cp} – celkové množství materiálu [kg]

5.3.2 Výpočet spotřeby a cen materiálu ze svitku – varianta b [16]

Při výpočtu plochy je potřeba uvažovat se svitkem plechu tloušťky 4,5 mm, šířce 185,6 mm a návinem Np = 600 m. Vstupní údaje jako délka kroku a šířka pásu jsou stejné jako u předešlé varianty.

Plocha výstřižku: $Sv = 9121{,}2\ mm^2$

Obr.5.1 Svitek plechu

Stanovení počtu výstřižků z jednoho svitku plechu:

$$Pvs = Np/K \tag{5.15}$$

$$Pvs = 600\ 000/182$$

$$Pvs = 3296{,}7 \Rightarrow 3296 \text{ kusů}$$

kde: K – krok [mm]
Np – návin plechu ve svitku [mm]

Stanovení počtu svitku k výrobě 600 000 kusů:

$$Ps = Pk/Pvs \tag{5.16}$$

$$Ps = 600\ 000/3296$$

$$Ps = 181{,}98 \rightarrow 182 \text{ svitků}$$

kde: Pk – počet vyráběných kusů [ks]
Pvs – počet výstřižků ze svitku [ks]

Stanovení plochy výstřižků z jednoho svitku:

$$Svs = S_v \cdot Pk \qquad (5.17)$$

$$Svs = 9\,121{,}2 \cdot 3\,296$$

$$Svs = 3{,}0063 \cdot 10^7\ mm^2$$

kde: Sv – plocha jednoho výstřižku [mm^2]
Vs – počet vyráběných kusů [ks]

Stanovení plochy svitku:

$$Ss = šs \cdot dps \qquad (5.18)$$

$$Ss = 185{,}6 \cdot 600\,000$$

$$Ss = 11{,}136 \cdot 10^7\ mm^2$$

kde: šs – šířka svitku [mm]
dps – délka svitku [mm]

Stanovení procentuální využitelnosti materiálu:

$$Spv = (Svs/Ss) \cdot 100 \qquad (5.19)$$

$$Spv = (3{,}0063 \cdot 10^7/11{,}136 \cdot 10^7) \cdot 100$$

$$Spv = 27\ \% \rightarrow 73\ \%\ \text{je odpad}$$

kde: Svs – plocha výstřižků z jednoho svitku [mm^2]
Ss – plocha svitku [mm^2]

Stanovení hmotnosti svitku:

$$m_s = Vs \cdot \rho \qquad (5.20)$$

$$m_s = 0{,}1856 \cdot 600 \cdot 0{,}0045 \cdot 7850$$

$$m_s = 3933{,}7\ kg$$

kde: Vs – objem svitku [m^3]
ρ – měrná hmotnost oceli [kg/m^3]

Stanovení celkové hmotnosti plechu:

m_{cs} = Ps . m_s (5.21)

m_{cs} = 182 . 3933.7

m_{cs} = 715 933.4 kg → 715, 9334 t

kde: Ps – celkový počet svitků [ks]
m_s – hmotnost jednoho svitku [kg]

Dle procentuální využitelnosti materiálu je 27% z 715, 9334 tun 193,3 tun. Tzn. odpad je 522,6334 tun.

Výpočet odpadu:

Odpad je dle výpočtu 73 %. Z 715,9334 tun plechu je hmotnost odpadu m_{co} = 522,6334 tun.

Výpočet ceny odpadu:

C_{od2} = Kgo . m_{co} (5.22)

C_{od2} = 5 . 522 633,4

C_{od2} = 2 613 167 Kč

kde: Kgo – cena odpadu [Kč]
m_{co} – množství odpadu [kg]

Výpočet nákladu na materiál:

N_{m2} = C_{m2} . m_{cs} - C_{od2} (5.23)

N_{m2} = 45 . 715 933,4 – 2 613 167

N_{m2} = 29 603 836 Kč

kde: C_{m1} – cena materiálu v tabuli za 1 kg [Kč]
m_{cp} – celkové množství materiálu [kg]

5.3.3 Porovnání varianty a, varianty b

Po výpočtech jednotlivých variant, zda donou součást vyrábět z tabulí plechu či ze svitku plechu jsem došel k těmto výsledkům:

Celková spotřeba materiálu	varianta a 794,786 t	varianta b 715,9334 t
Celková cena materiálu	31 487 295 Kč	29 603 836 Kč
Procentuální využitelnost materiálu	24,32%	27%

Z daných údajů vyplývá, že **varianta b je ekonomičtější** oproti variantě a. Navíc by se ještě muselo k variantě a započítat dělení materiálu na požadovanou šířku pásu plechu. Vzhledem k tomu, že nám už před dělením vychází varianta b ekonomičtěji, neměl by daný výpočet potřebnou váhu.

Náklady na materiál jsou u varianty b nižší o 1 883 459 Kč.

5.4 Náklady na nástroj [9]

Předpoklad výrobního času na výrobu střihadla v platové třídě PT 7:

640 Nh, PT 7 → 640 . 116 = 74 240 Kč

Jednicové mzdy:

JM = 74 240 Kč (5.24)

Zpracovatelské náklady:

ZN = JM . ZR (5.25)

ZN = 74 240 . 624%

ZN = 463 257,6 Kč

Zisk v nářaďovně činí 10% zpracovatelských nákladů:

$$Z = ZN \cdot 10\% \quad (5.26)$$

$$Z = 463\,257{,}6 \cdot 10\%$$

$$Z = 46\,325{,}76 \text{ Kč}$$

Cena materiálu na nástroj je odhadnuta na 112 000 Kč.

Cena nástroje pro tuto technologii je:

$$N_{ns} = ZN + Z + \text{materiál} \quad (5.27)$$

$$N_{ns} = 463\,257{,}6 + 46\,325{,}76 + 112\,000$$

$$N_{ns} = 621\,583{,}36 \text{ Kč}$$

5.5 Výpočet výrobní ceny součásti

Pro výpočet výrobní ceny součásti je potřeba provést součet výše uvedených nákladů a to jsou:

- náklady na materiál
- náklady na výrobu nástroje
- náklady na obsluhu stroje

Stanovení celkových výrobních nákladů ke zhotovení série 600 000 kusů

$$Vcse = N_{m2} + N_{ns} + N_{os} \quad (5.28)$$

$$Vcse = 29\,603\,836 + 621\,583{,}36 + 68\,034$$

$$Vcse = 30\,293\,453{,}4 \text{ Kč}$$

Stanovení výrobních nákladů ke zhotovení jedné součásti

$$Vcs = Vcse/Vs \quad (5.29)$$

$$Vcs = 30\,293\,453{,}4/600\,000$$

$$Vcs = 50{,}489 \text{ Kč} \rightarrow 50{,}5 \text{ Kč}$$

Z výpočtu vychází, že výrobní cena jedné součásti technologií přesného stříhání je 50,5 Kč. Pro výrobu hotové součásti je nutno připočítat k této ceně ještě cenu za operaci k dosažení požadované geometrie zubu řetězového kola např. broušení boku zubů. Vzhledem k tomu, že tato operace je součástí každé technologie na výrobu řetězového kola, nebylo s touto operací v této práci uvažováno.

6. ZÁVĚR

V této diplomové práci byl řešen návrh a zpracování vybrané technologie výroby pro součást řetězové kolo, které se má vyrábět v sérii 600 000 kusů. Vybrána byla technologie přesného stříhání s nátlačnou hranou. Byly provedeny potřebné výpočty včetně výkresové dokumentace, která je v přílohách, a na závěr bylo také vypracováno technicko-ekonomické zhodnocení.

Výrobní náklady na výrobu jedné součásti technologií přesného stříhání s nátlačnou hranou jsou 50,5 Kč za kus bez nutné operace dokončení geometrie tvaru boku zubů. I přes to, že v této práci není tato operace řešena, je dle mého názoru cena velice přijatelná.

Závěrem bych chtěl podotknout, že se jedná o školní práci a některé údaje se mohou lišit od skutečnosti.

SEZNAM POUŽITÝCH OZNAČENÍ

a	[mm]	vzdálenost tl. hrany od obrysu souč.
A_s	[J]	střižná práce
b	[mm]	šířka zářezu
c	[-]	součinitel závislý na druhu stříhání
C_{od}	[Kč]	cena odpadu
d_u	[mm]	průměr upínací části střižníku
d_v	[mm]	průměr střižníku
D	[mm]	vnější průměr součásti
dps	[mm]	délka svitku
Dt	[mm]	délka tabule
E	[Mpa]	modul pružnosti
E_1	[mm]	vzdálenost mezi součástkama
F	[mm]	vzdálenost součásti od okraje
F_c	[N]	celková síla
F_v	[N]	střižná síla na střižníku
F_1	[N]	střižná síla
F_2	[N]	síla přidržovače
F_3	[N]	síla vyhazovače
h	[mm]	výška tlačné hrany
h_1	[mm]	výška tlačné hrany
JM	[%]	jednicové mzdy
JR	[mm]	jmenovitý rozměr
J_y	[mm^4]	kvadratický moment průřezu
k_b	[-]	koeficient bezpečnosti
l_{krit}	[mm]	kritická délka střižníku
L_h	[mm]	délka tlačné hrany
m_{co}	[kg]	celková hmotnost plechu odpadu
m_{cp}	[kg]	celková hmotmost plechu
m_{cs}	[kg]	celková hmotnost plechu svitku
m_s	[kg]	hmotnost svitku
m_t	[kg]	hmotnost tabule plechu
M	[mm]	šířka pásu plechu
n	[-]	součinitel otupení
N_m	[Kč]	náklady na materiál
N_{ns}	[Kč]	celková cena nástroje
N_{os}	[Kč]	náklady na potřebný počet hodin
Np	[m]	návin plechu na svitku
O	[mm]	obvod součásti
O_o	[mm]	obvod ozubení
O_s	[mm]	obvod střižníku
O_v	[mm]	obvod střižníku průměru 98 mm
OPN	[%]	ostatní přímé náklady
p	[Mpa]	měrný tlak
P_{hs}	[h]	počet hodin na výrobu série
PT	[Kč/hod]	pracovní třídy
Pp	[ks]	počet pásů z tabule
Ps	[ks]	počet svitků

Pt	[ks]	celkoví počet tabulí plechu
Pv	[ks]	počet výstřižků z jednoho pásu plechu
Pvs	[ks]	počet výstřižků z jednoho svitku pl.
Pvt	[ks]	počet výstřižků z jedné tabule plechu
RAD	[mm]	rozměr střižníku při děrování
RAV	[mm]	rozměr střižníku při vystřihování
RED	[mm]	rozměr střižnice při děrování
REV	[mm]	rozměr střižnice při vystřihování
S	[mm^2]	střižná plocha
Sv	[mm^2]	plocha stříhané součásti
SR	[%]	správní režie
Sc	[mm^2]	celková plocha plechu
Št	[mm]	šířka tabule
Spv	[%]	procentuální využitelnost materiálu
S_{s1}	[mm^2]	plocha průřezu upínací části
Ss	[mm^2]	plocha svitku
St	[mm^2]	plocha jedné tabule plechu
S_v	[mm^2]	plocha střižníku průměr 76 mm
Svs	[mm^2]	plocha výstřižku ze svitku
Svt	[mm^2]	plocha výstřižků z jedné tabule plechu
S_{1v}	[mm^2]	plocha potřebná na jeden výstřižek
šs	[mm]	šířka svitku
dps	[mm]	délka svitku
t	[mm]	tloušťka materiálu
TA	[mm]	výrobní tolerance střižníku
TE	[mm]	výrobní tolerance střižnice
TS	[mm]	tolerance jmenovitého rozměru
Ts	[roky]	životnost nástroje
v	[mm]	střižná vůle
VR	[%]	výrobní režie
Vs	[ks]	vyráběné množství
z	[mm]	střižná mezera
z_{co}	[mm^2]	celková plocha odpadu
z_o	[mm^2]	odpad na jeden výstřižek
Z	[Kč]	zisk v nářaďovně
ZR	[%]	zpracovatelská režie
π	[-]	Ludolfovo číslo
ρ	[kg/m^3]	hustota
σ	[Mpa]	pevnost střižníku
σ_{dov}	[Mpa]	maximální dovolené namáhání
σ_{Kt}	[Mpa]	mez kluzu materiálu
σ_{Pt}	[Mpa]	mez pevnosti materiálu
τ_{ps}	[Mpa]	pevnost ve střihu
Ψ	[-]	součinitel zaplnění grafu

Seznam použité literatury

[1] KŘÍŽ, Václav; VÁVRA, Pavel. *Strojírenská příručka*. Praha : Scientia, 1998. 255 s. ISBN 80-7183-054-2.

[2] DVOŘÁK, Milan. – GAJDOŠ, František. – NOVOTNÝ, Karel.: *Technologie tváření – plošné a objemové tváření*; Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství; 2.vyd. ISBN 80-214-1481-2; 169 s.

[3] BŘEZINA, Richard.: *Speciální technologie – technologie tváření* (návody do cvičení); Vysoká škola báňská v Ostravě, Fakulta strojní a elektrotechnická; 1987; 218 s.

[4] FOREJT, Milan.: *Teorie tváření*; Vysoké učení technické v Brně; Fakulta strojní; 1.vyd. ISBN 80-214-0415-9; 167 str.

[5] NOVOTNÝ, Karel.: *Tvářecí nástroje*; Vysoké učení technické v Brně; Fakulta strojní; 1.vyd. ISBN 80-214-0401-9; 186 s.

[6] BARTOŠ, P. – VYSKOČIL, O.: *Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání* (učební texty); Brno; 88 str.

[7] ČSN 22 6268; ČSN 22 6267; ČSN 22 6274; ČSN 22 6015

[8] FOREJT, Milan; PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. první. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

[9] HALUŠKA, Ladislav. *Výroba ocelové lamely spojky : Bakalářská práce*, 2008. 42 s.

[10] LEINVEBER, Jan; ŘASA, Jaroslav; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 2. vyd. Praha : Scientia, spol. s r.o., pedagogické nakladatelství, 1998. 911 s. ISBN 80-7183-123-9.

[11] SVOBODA, Pavel; BRANDEJS, Jan; PROKEŠ, František. *Základy konstruování*. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2005. 202 s. ISBN 80-7204-405-2.

[12] KOTOUČ, Jiří, et al. *Tvářecí nástroje*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1993. 349 s. ISBN 80-01-01003-1.

[13] GUIDI, A. *Přistřihování a přesné stříhání*. Praha : SNTL , 1969. 138 s.

[14] NOVOTNÝ, Josef; LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha : SNTL , 1980. 213 s.

[15] BOLJANOVIC, Vukota. *Sheet metal forming processes and die design*. New York : Industrial Press, 2004. 219 s. ISBN 0-8311-3182.

[16] Internet

Seznam příloh:

Příloha č.1 Určení střižné vůle pomocí diagramu

Příloha č.2 Velikost postranního odpadu a šířky můstku pomocí tabulky

Příloha č.3 Velikost postranního odpadu a šířky můstku pomocí diagramu

Příloha č.4 Některé druhy materiálů pro střižné nástroje

Příloha č.5 Vybraný lis HSR 800, odvíjecí a rovnací zařízení HR 10H

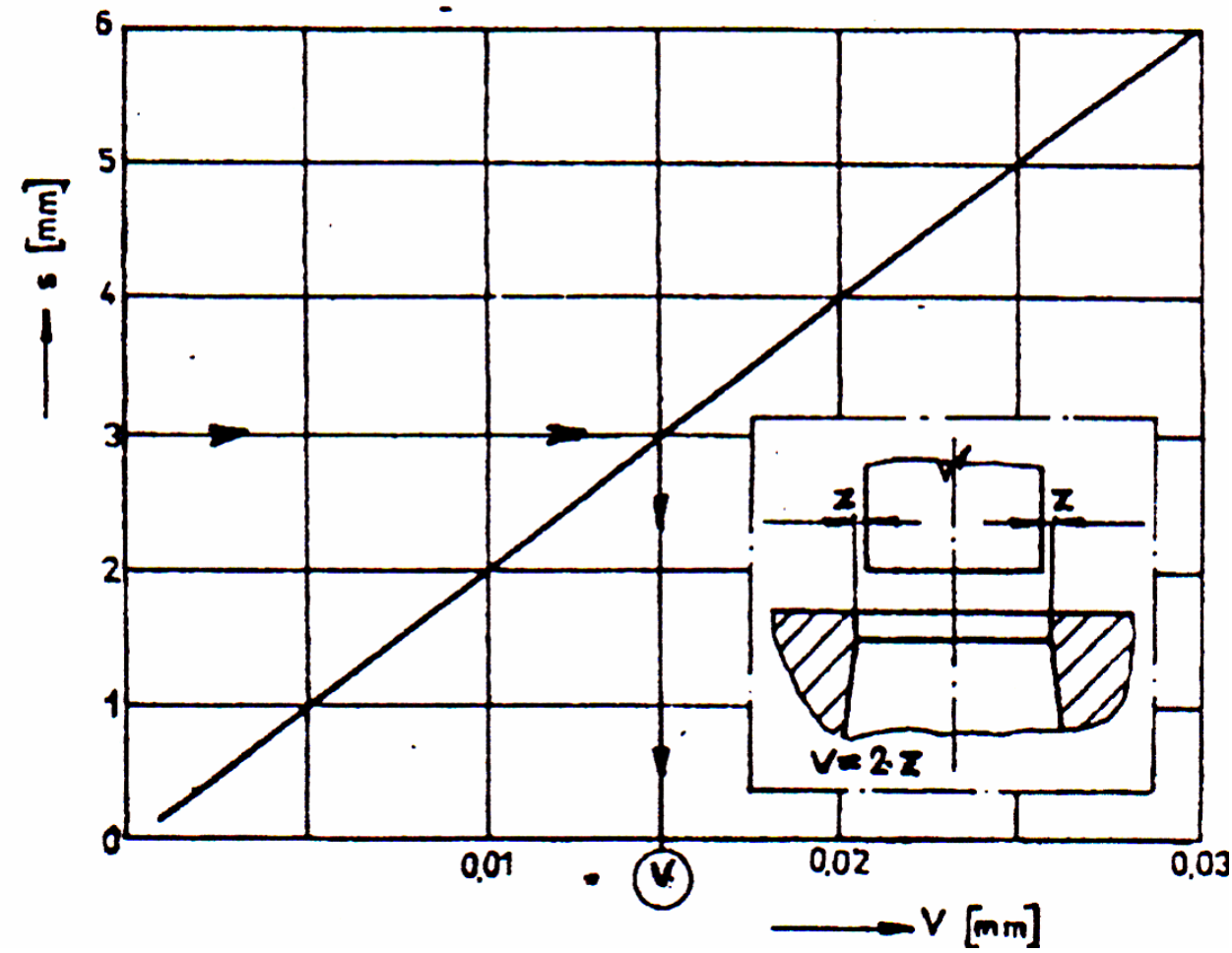
Příloha č.6 Návrh střihadla ve 3D.

Příloha č.7 Mareriálový list oceli 19 436

Příloha č.8 Mareriálový list oceli 19 437

Příloha č.1

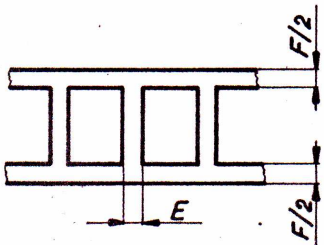
Určení střižné vůle pomocí diagramu



Příloha č.2

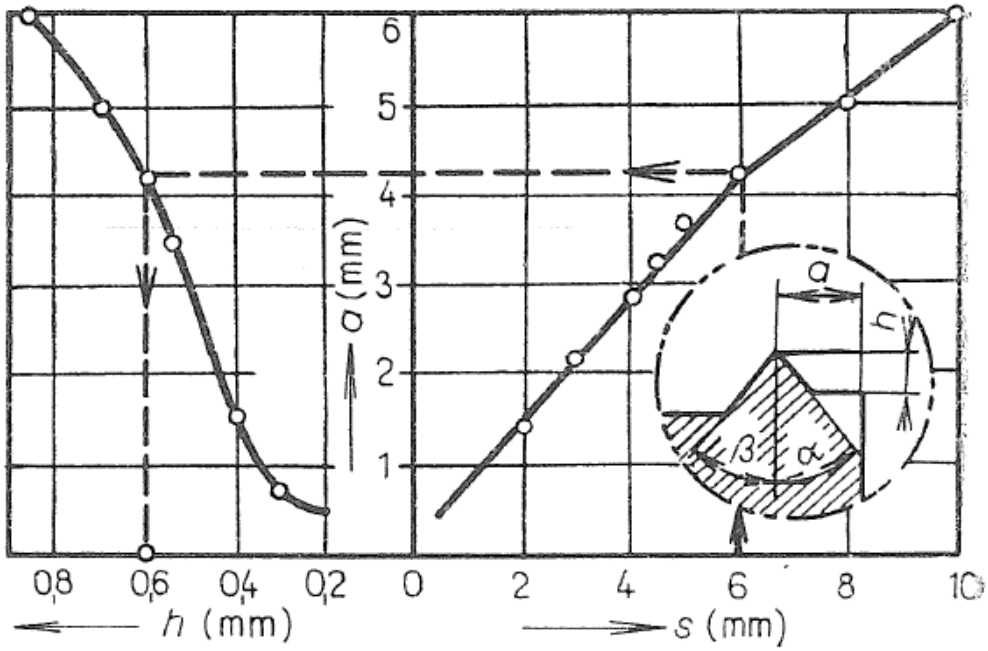
Velikost postranního odpadu a šířky můstku pomocí tabulky

Tloušťka mat. /mm/	E /mm/	F /mm/	Tloušťka mat. /mm/	E /mm/	F /mm/
0,5	2	3	6,0	8	14
0,8	3	3,5	7,0	9	15
1,0	3	4	8,0	10	16
1,2	3,5	4	9,0	11	17
1,5	4	5	10,0	12	18
2,0	4,5	6	12,5	15	20
2,5	5	8	15,0	18	25
3,0	5,5	9	16,5	22	28
3,5	6	10	18,0	23	32
4,0	6,5	11	20,0	25	35
5,0	7	12			



Příloha č.3

Velikost postranního odpadu a šířky můstku pomocí diagramu



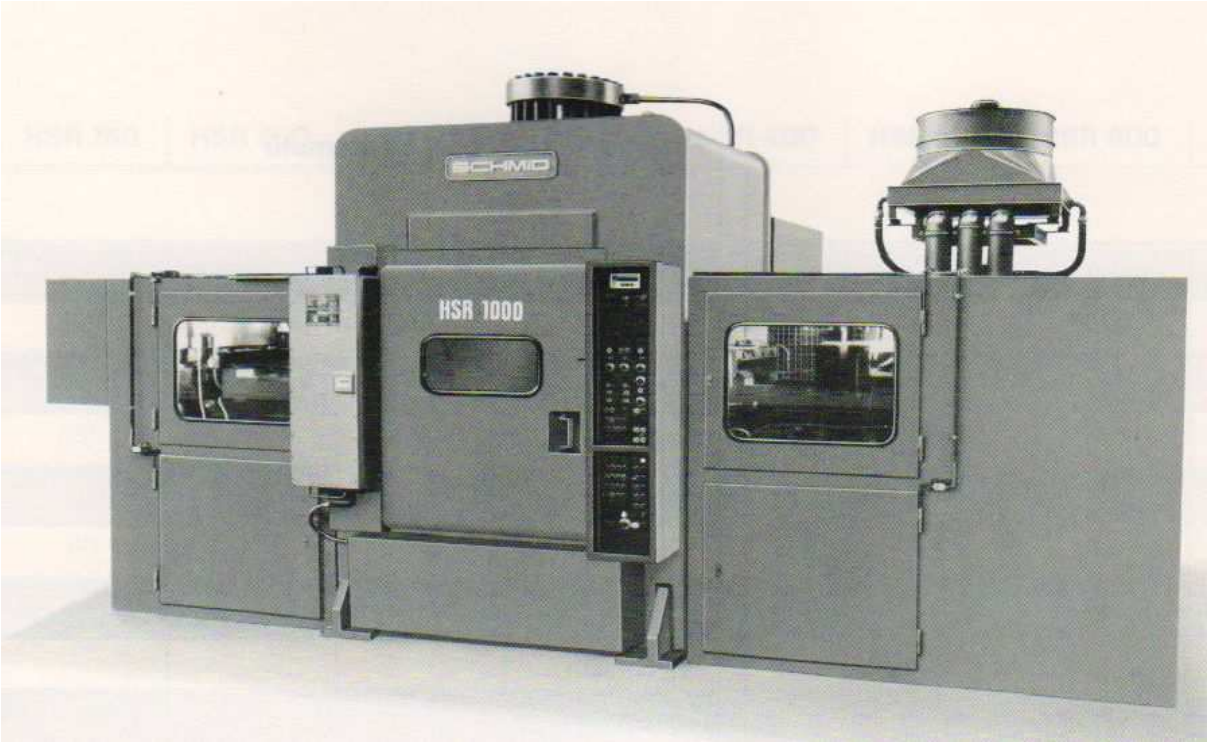
Příloha č.4

Některé druhy materiálů pro střižné nástroje

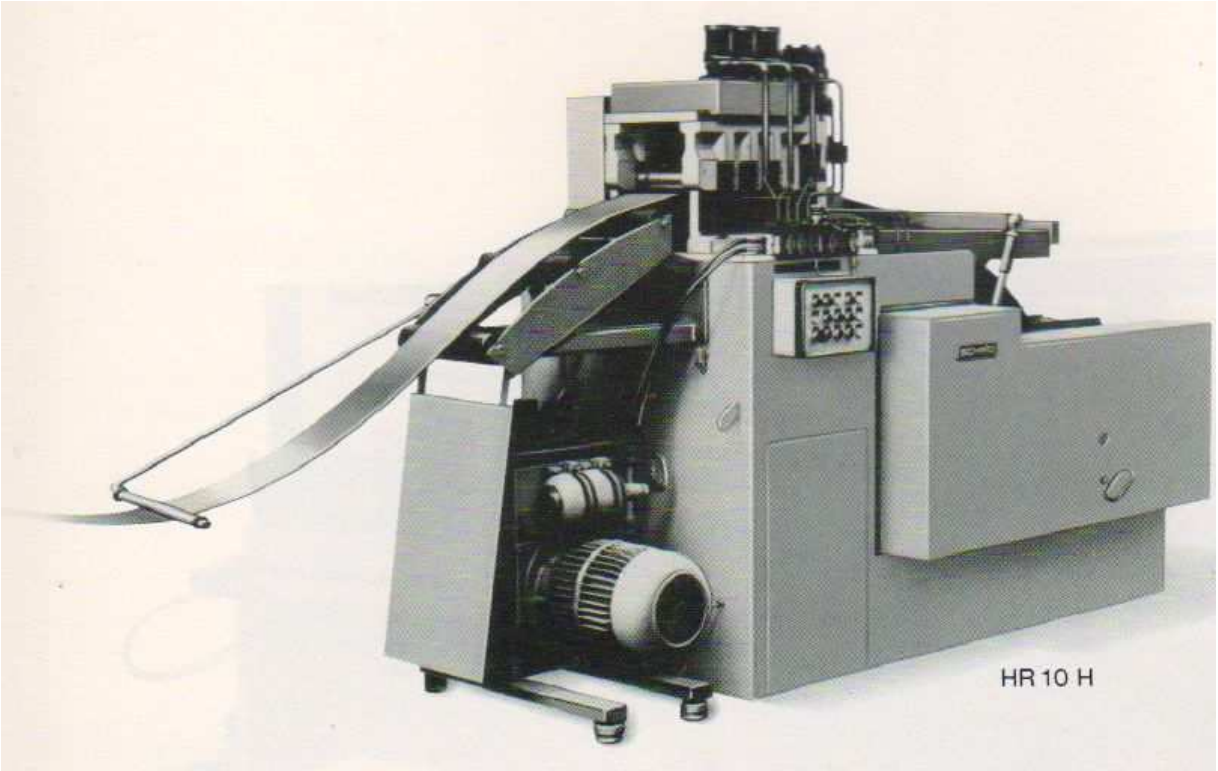
střižnice		19 436 19 437	kaleno a popuštěno na: 61 až 63 HRC pro s = 0,4 až 3 mm 58 až 61 HRC pro s = 3 až 7 mm
		slinutý karbid G 3	pro sérii nad 700 000 kusů
střižník kruhový	dříková část	19 437	59 až 61 HRC pro s = 0,4 až 3 mm 58 až 60 HRC pro s = 3 až 7 mm
		slinutý karbid G 3, G 4	pro sérii nad 700 000 kusů
	hlava	19 437	56 až 58 HRC
střižník tvarový	dříková část	Mo 5 PK kovaná	dokonalý pozvolný předehřev — kalicí teplota 1 160 až 1 180 °C, velikost zrna 14 až 16 — popouštění na 550 až 570 °C—5x — kaleno a popuštěno na 59 až 61 HRC[1])
		slinutý karbid G 3, G 4	pro sérii nad 700 000 kusů
	hlava	Mo 5 PK	56 až 58 HRC
přidržovač		19 437	55 až 57 HRC
vyhazovač		19 436	58 až 60 HRC
tlačný kolík		19 421 19 422	59 až 61 HRC
opěrná deska		19 436	58 až 60 HRC
zděř		19 452 — výkovek	kaleno a 2krát popuštěno na 55 až 57 HRC

Příloha č.5

Vybraný lis HSR 800

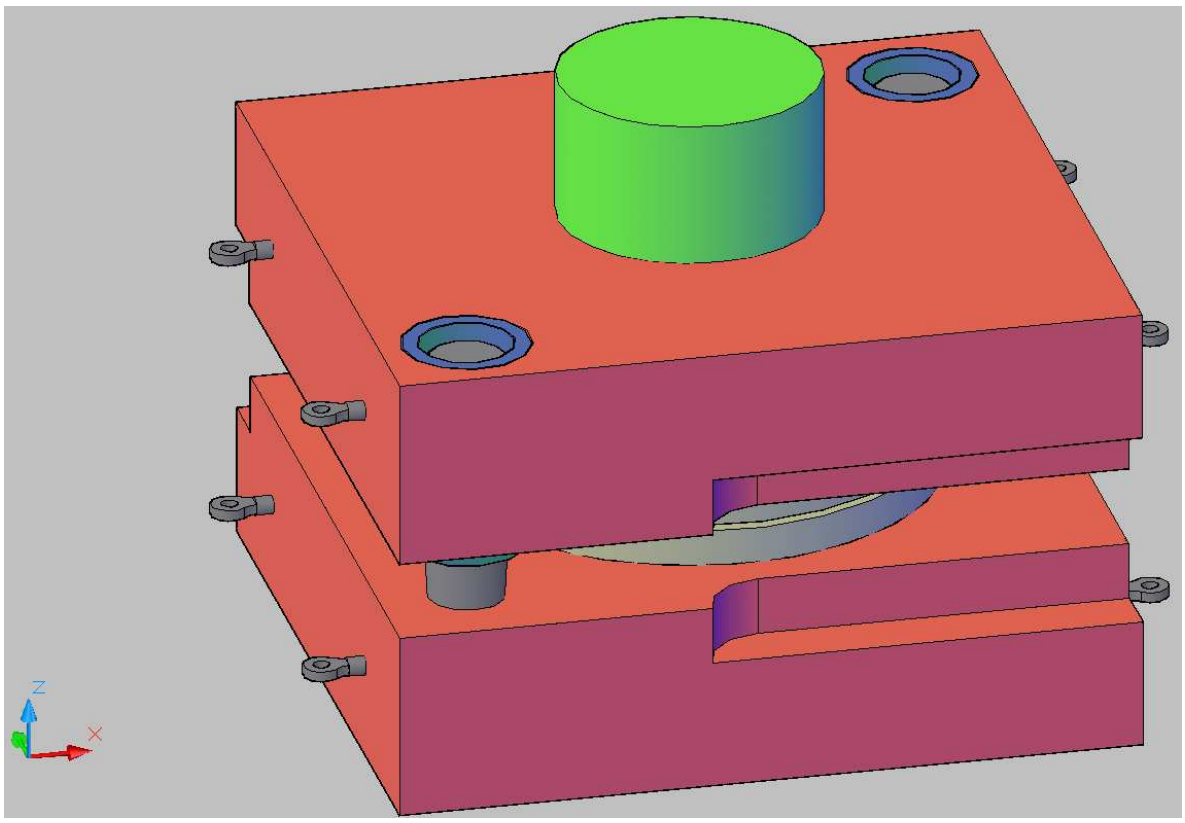


odvíjecí a rovnací zařízení HR 10H



Příloha č.6

Návrh střihadla ve 3D.



Příloha č.7

Mareriálový list oceli 19 436

LEXIKON TECHNICKÝCH MATERIÁLŮ **část 4, díl 4, 19436, str. 1**

díl 4, legované oceli

ČSN 41 9436	Nástrojová, vysokolegovaná, chromová ocel	OCEL
STN 41 9436	pro práci za studena	19 436

Chemické složení [hm. %]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
1,80–2,05	0,20–0,45	0,20–0,45	max 0,030	max 0,035	11,0–12,5	max 0,50

Polotovary

[1] tyče válcované a kované za tepla (kruhové, čtvercové, ploché)
[2] tyče broušené
[3] plechy válcované za tepla (okujené nebo mořené)
[4] výkovky

Mechanické vlastnosti[1])

Polotovar	[1] [2]
Rozměr d [mm]	20
Stav	kalený a popuštěný
Tvrdost HRC	57–64 (K. t. 960 °C/olej; P. t. 300–150 °C/2 h)
Mez kluzu v tlaku R_{et} [MPa]	2 700–3 000 (při tvrdosti 57–64 HRC)
Pevnost v ohybu R_{mo} [MPa]	~ 3 800 (při tvrdosti 62 HRC)

Fyzikální vlastnosti[2])

Hustota ρ [kg.m^{-3}]	Měrná tepelná kapacita c_p [J.kg^{-1}.K^{-1}]	Teplotní součinitel roztažnosti α [K^{-1}]	Tepelná vodivost λ_t [W.m^{-1}.K^{-1}]	Konduktivita λ_e [MS.m^{-1}]
7 710	–	12.10^{-6}	30	–

Odolnost proti degradačním procesům[3])[4])

ODOLNOST PROTI KOROZI	ODOLNOST PROTI KŘEHKÉMU LOMU	ODOLNOST PROTI OPOTŘEBENÍ
snížená	malá	poměrná otěruvzdornost abrazí 270 %

Technologické údaje

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ		
žíhání na měkko	750–780 °C	ochlazovat v peci; max tvrdost 250 HB
žíhání ke snížení pnutí	600–650 °C	ochlazovat v peci
kalení[1]	a) 930–960 °C	ochlazovat v oleji nebo termální lázni cca 450 °C min tvrdost po kalení ~ 61 HRC
	b) 950–980 °C	ochlazovat dmých. vzduchem u kusů do tloušťky 30 mm min tvrdost po kalení ~ 60 HRC
	c) 1 040–1 080 °C	ochlazovat v oleji nebo lázni 450 °C pro sekundární vytvrzování, min tvrdost po kalení ~ 57 HRC
popouštění	a) 150–300 °C	
nitridace	b) 480–510 °C	nástroje nutno kalit z teplot 1 040–1 080 °C a popouštět při 510–520 °C
teploty přeměn	A_{C1} ~ 800–830 °C	M_S ~ 200 °C
délkové změny po kalení a popuštění[3])		0,10 %

Závislost tvrdosti na popouštěcí teplotě

teplota [°C]	100	150	200	250	300
tvrdost HRC	64	63	62	60	57

TVAŘITELNOST
obtížná teploty tváření 1 050–850 °C

SVAŘITELNOST obtížná	
OBROBITELNOST	třída obrobitelnosti pro stav .3
soustružení a hoblování	9b
frézování a vrtání	9b
broušení	6b

Použití

Řezné nástroje – nástroje na obrábění měkčích kovových materiálů menšími rychlostmi, zejména nepřerušovaným řezem, např. soustružnické nože, výhrubníky, závitníky, protahovací trhy a jiné. Nástroje pro obrábění nekovových, silně abrazivních materiálů.

Nástroje pro stříhání za studena – velmi namáhané nástroje s velkou výkonností a životností pro stříhání a děrování kovových materiálů malých tlouštěk (asi do 4 mm), např. transformátorových a dynamových plechů. Dále střižnice pro přesné stříhání, ostřihovadla zápustkových výkovků, nože strojních nůžek a další.

Nástroje pro tváření za studena – velmi namáhané, tvarově jednoduché nástroje s velkou odolností proti opotřebení při menších nárocích na houževnatost, např. tvarovací lisovadla, tažidla, průvlaky, razidla, protlačovadla, tlačné trny, profilové i závitové válce, a další.

Formy – malé, velmi namáhané formy, nebo díly forem s velkou životností pro tváření plastů, dále lisování kovových i nekovových prášků, porcelánu, keramických materiálů i skla při velkých nárocích na odolnost proti opotřebení a tlakovému namáhání.

Nástroje pro drcení a mletí. Kladiva a čelisti drtičů pro jemné drcení a mletí různých materiálů při velkých nárocích na odolnost proti opotřebení.

Ostatní vlastnosti

Druh oceli podle způsobu výroby	Barevné značení podle ČSN 42 0010	Třída odpadu podle ČSN 42 0030
elektrocel	hnědá–modrá–bílá	006

Porovnání se zahraničními materiály

ISO		*EURO*		*Německo*	
X210Cr12	ISO 4957	X210Cr12	EN 96-79	X210Cr12	DIN 17350-80
Francie		*Velká Británie*		*Rusko*	
Z200Cr12 X200Cr12	NF A35-590-78 NF A35-590-92	BD3	BS 4659-89	Ch12	GOST 5950-73
USA		*Japonsko*		*Kanada*	
D3 D3 D3 UNS	AISI SAE J438b ASTM A681 T 30403	SKD1	JIS G4404-83	–	–
Itálie		*Rakousko*		*Švédsko*	
X205Cr12KU	UNI 2955-82	K100	VEW-78	–	–
Polsko		*Maďarsko*		*Norsko*	
NC11	PN H85023-86	–	–	–	–
Finsko		*Švýcarsko*		*Španělsko*	
–	–	–	–	X210Cr12	UNE 36018-94
Rumunsko		*Bulharsko*		*Brazílie*	
205Cr115	STAS 3611-88	Ch12	BDS 7938-86	ED3	Br 400

Poznámky

1) hodnoty tvrdosti platí pro referenční vzorky ∅ 20×20 mm
2) fyzikální vlastnosti jsou stanoveny pro žíhaný stav na měkko a pro teplotu 20–100 °C
3) délkové změny a otěruvzdornost jsou stanoveny pro běžně používané podmínky kalení a popouštění nástrojů
4) otěruvzdornost představuje poměrnou hodnotu abraze, vztaženou k normalizačně žíhanému ethanolu uhlíkové oceli ČSN 41 2013 o tvrdosti cca 113 HV

Příloha č.8

Mareriálový list oceli 19 437

LEXIKON TECHNICKÝCH MATERIÁLŮ **část 4, díl 4, 19437, str. 1**

díl 4, legované oceli

ČSN 41 9437	Nástrojová vysokolegovaná Cr-W-V	OCEL
STN 41 9437	ocel pro práci za studena	19 437

Chemické složení [hm. %]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	W	V
1,80–2,05	0,20–0,45	0,20–0,45	max 0,030	max 0,035	11,00–12,50	max 0,50	0,60–1,00	0,15–0,30

Polotovary

[1] tyče kované nebo válcované za tepla
[2] tyče broušené nebo broušené a leštěné
[3] výkovky

Mechanické vlastnosti [1])

Polotovar	[1]
Rozměr t, d [mm]	20
Stav	kalený a popuštěný
Mez kluzu R_e nebo R_p 0,2 [MPa]	–
Mez pevnosti R_m [MPa]	–
Tažnost A_5 [%]	–
Kontrakce Z [%]	–
Vrubová houževnatost KCU 2 [J.cm^{-2}]	–
Tvrdost HRC	58–64 (K.t. 980 °C/olej; P.t. 100–300 °C/1×2 h)
Mez kluzu v tlaku R_{et} [MPa]	2 750–3 000 (při HRC 58–64)
Pevnost v ohybu R_{mo} [MPa]	~3 750 (při HRC 62)

Fyzikální vlastnosti

Hustota ρ [kg.m^{-3}]	Měrná tepelná kapacita c_p [J.kg^{-1}.K^{-1}]	Teplotní součinitel roztažnosti α [K^{-1}]	Tepelná vodivost λ_t [W.m^{-1}.K^{-1}]	Rezistivita ρ [Ω.m]
7 730	–	12,1.10^{-6}	29,5	–

Odolnost proti degradačním procesům

ODOLNOST PROTI KOROZI
relativně malá

ODOLNOST PROTI KŘEHKÉMU LOMU
velmi malá

Technologické údaje

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

žíhání na měkko		750–780 °C	ochlazovat v peci – max 250 HB
žíhání ke snížení pnutí		600–650 °C	ochlazovat v peci
kalení		960–1 000 °C[3])	ochlazovat v oleji, na vzduchu nebo termálně – min 62 HRC
		1 040–1 080 °C[4])	ochlazovat v lázni o teplotě asi 450 °C
popouštění	primární	100–300 °C	ochlazovat na vzduchu
	sekundární	520–540 °C	ochlazovat na vzduchu

prokalitelnost		v celém průřezu používaných nástrojů			
tvrdost	primární	58–64 HRC			
	sekundární	59–61 HRC			
teploty přeměn		A_{c1} ~ 800–830 °C M_s ~ 190 °C			
závislost tvrdosti na popouštěcí teplotě					
popouštěcí teplota [°C]	100	150	200	250	300
tvrdost HRC	64	63	62	60	58
TVAŘITELNOST					
tvařitelnost za tepla	– obtížná				
teploty tváření	1 050–850 °C				
SVAŘITELNOST					
obtížná					
OBROBITELNOST	soustružení, hoblování	frézování, vrtání	broušení		
stav .3	9 b	9 b	5 b		

Použití

Nástroje pro stříhání za studena – prostřihovací a děrovací nástroje s nejvyšší výkonností pro stříhání materiálů o vysoké pevnosti a malých tloušťkách (např. transformátorové plechy ve velkých svitcích), nože nůžek pro stříhání materiálů, např. drátů o vysoké pevnosti a malé tloušťce (asi do 4 mm).
Nástroje pro tváření za studena – malé nástroje (trny) pro tlačení hlubokých tvarů vysokými spec. tlaky, malé nástroje pro tažení a průvlak, jednoduché nástroje na protlačování se zvýšenou odolností proti opotřebení.
Nástroje řezné – protahovací a protlačovací trny, tvarové nože a frézy pro menší rychlosti, zejména pro obrábění nekovových a abrazivních materiálů.
Formy – malé formy a vložky s vysokou životností pro lisování abrazivních práškových hmot, porcelánu, keramických materiálů, plastických hmot s abrazivními plnidly.

Ostatní vlastnosti

Druh oceli podle způsobu výroby	Barevné značení podle ČSN 42 0010	Třída odpadu podle ČSN 42 0030
elektroocel	hnědá–černá–bílá	006

Porovnání se zahraničními materiály

ISO		EURO		*Německo*	
X210CrW12	ISO 4957	X210CrW 12-1	EN 96-79	X210CrW12	DIN 17350-80
Francie		*Velká Británie*		*Rusko*	
X210CrW 12-1 Z210CrW 12-01	NF A35-590-92 NF A35-590-78	–	–	–	–
USA		*Japonsko*		*Kanada*	
–	–	–	–	–	–
Itálie		*Rakousko*		*Švédsko*	
215CrW 12-1KU	UNI 2955-82	–	–	2312	SS142312
Polsko		*Maďarsko*		*Norsko*	
–	–	–	–	–	–
Finsko		*Švýcarsko*		*Španělsko*	
–	–	–	–	X210CrW12 F.5213	UNE 36018-94 UNE 36018-94