

Návrh výrobní technologie a nástroje konzoly

Marek Grec

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek GREC**
Osobní číslo: **T08913**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Návrh výrobní technologie a nástroje konzoly**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Přehled konstrukčních materiálů a technologií pro výrobu výrobků z plechů
3. Návrh a konstrukce výrobku
4. Návrh výrobní technologie a výrobního postupu
5. Konstrukce nástroje
6. Ekonomická analýza vybrané výrobní technologie
7. Závěr



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. KOCMAN, Karel . Speciální technologie obrábění. Brno : Akademické nakladatelství CERM 2004. 227 s. ISBN 80-214-2562-8

2. Literatura dle průzkumu

3. PTÁČEK, Luděk . Nauka o materiálu II. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2002. 392 s. ISBN 8072042483

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.**
Ústav výrobního inženýrství

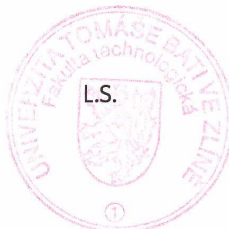
Datum zadání bakalářské práce: **14. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2011**

Ve Zlíně dne 11. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hláváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: GREC MAREK

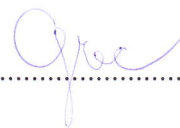
Obor: TZ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 24.5.2011



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Konstrukce výrobku a výběr výrobní technologie jsou neoddělitelnou součástí průmyslové výroby. Jelikož nabízené technologie obsahují řadu variant je nutné provést rozhodovací proces optimalizované technologie také pomocí ekonomických nástrojů.

Klíčová slova: konstrukce, technologie, stříhání, ohýbání, konzole, materiál

ABSTRACT

Product design and selection of production technology are an integral part of industrial production. As offered by the technology include a number of alternatives it is necessary to the decision-making process-optimized using the economic tools.

Keywords: construction, technologies, cutting, bending, console, material

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Zdeňkovi Dvořákovi, CSc., vedoucímu mé bakalářské práce, za ochotu, poskytnutý čas a odborné rady.

Motto:

Musíš se mnoho učit, abys poznal, jak málo toho víš.

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

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	8
1 KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY A JEJICH VLASTNOSTI	9
1.1 MATERIÁL A JEHO ZNAČENÍ.....	9
1.2 MATERIÁLY VHODNÉ PRO TECHNOLOGII STŘÍHÁNÍ	10
1.2.1 Kvalita výchozího materiálu pro vystřihování	10
1.2.2 Neželezné kovy a jejich použití pro vystřihování	10
1.2.3 Polymery	11
1.2.4 Kompozity	13
1.3 MATERIÁL NA VÝROBU NÁSTROJŮ.....	14
1.3.1 Nástrojové oceli.....	16
2 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ ZA STUDENA	17
2.1 ROZDĚLENÍ METOD TVÁŘENÍ ZA STUDENA.....	18
2.1.1 Stříhání	19
2.1.1.1 Základní veličiny a pojmy v konstrukci a výpočtu střížného nástroje	20
2.1.1.2 Fáze stříhání	24
2.1.1.3 Rozdělení stříhání podle konstrukce nožů	25
2.1.2 Ohýbání	26
2.1.2.1 Ohýbání do tvarů V	29
2.1.2.2 Ohýbání do tvarů U	30
2.1.2.3 Ohýbací nástroje	31
2.1.3 Tažení	32
2.1.4 Protlačování.....	34
2.1.5 Ražení.....	36
3 SOUHRN TEORETICKÉ ČÁSTI	37

II	PRAKTICKÁ ČÁST	38
4	STANOVENÍ CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE	39
5	TECHNOLOGICKÁ ČÁST	40
5.1	EKONOMICKÁ ANALÝZA	40
5.2	MATERIÁL A ROZMĚRY VÝSTŘÍŽKU	42
5.3	TECHNOLOGICKÝ POSTUP	43
5.4	URČENÍ STŘIŽNÉ VŮLE.....	45
5.5	DÉLKY STŘIŽNÝCH HRAN	46
5.6	STŘIŽNÉ SÍLY	47
5.7	STÍRACÍ SÍLA	48
5.8	PROTLAČOVACÍ SÍLA	48
5.9	KONTROLA STŘIŽNÍKU A STŘIŽNICE.....	49
5.10	POTŘEBNÁ SÍLA LISU	50
5.11	KONTROLA NA VZPĚR.....	50
6	PŘEHLED VYBRANÝCH SOUČÁSTÍ NÁSTROJE	51
6.1	STŘIŽNÍK	52
6.2	STŘIŽNICE	53
6.3	KOTEVNÍ DESKA	54
6.4	OHYBNÍK.....	55
6.5	PRIZMA.....	55
	ZÁVĚR	56
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
	SEZNAM TABULEK	61
	SEZNAM PŘÍLOH	62

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem střížného nástroje pro výrobu konzoly sloužící jako držák v reklamních panelech. V práci se zabývám konstrukčním a technologickým řešením nástroje konzoly, která je v praxi již nějakou dobu běžně využívána.

Držák musel být vyroben pomocí stříhání a ohýbání, tudíž bylo zapotřebí zhotovit nástroje pro tyto úkony. Byla zvolena kombinace s ohýbáním, která zvýšila pevnost v ohybu. U dané konzoly je daleko důležitější funkčnost daného výrobku, než její estetická stránka. Proto byl právě na toto hledisko kladen hlavní důraz. Dalším, neméně důležitým aspektem, jsou výrobní náklady, které by měly být co nejmenší.

V teoretické části se práce zabývá materiály vhodnými pro technologii stříhání a dále technologiemi tváření za studena, v praktické části pak návrhem výrobní technologie a konstrukcí nástrojů pro danou součást.

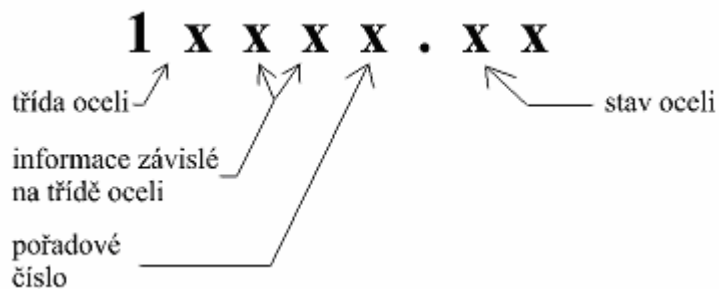
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY A JEJICH VLASTNOSTI

Oceli vhodné pro přesné vystřihování a ohýbání musí mít dostatečnou tvárnost za studena a minimální mez kluzu.

1.1 Materiál a jeho značení

Aby mohl být materiál definován pro obchodní, technologické a jiné potřeby musí být řádně označen. Existují 3 základní systémy značení materiálů. Je to klasický systém ČSN, systém ISO a systém značení EN. ISO je nevládní organizace, jejíž normy nejsou zcela závazné a práce podle těchto standardů závisí na vzájemné dohodě. K nám se dostávají přes evropské normy, kdy roku 1991 podle Vídeňské dohody mezi orgány ISO a CEN nemá docházet k duplikaci standardů. Normy ČSN jsou vydávány v České republice. Normy vydává a schvaluje ČNI. Materiály jsou rozdělovány do tříd 01 až 99, přičemž kovové materiály jsou ve třídách 41 a 42. [9]



Obr. 1 Třídění podle ČSN (tvářené oceli 41x xxx.xx)

1.1.1 Mechanické vlastnosti materiálů

Mechanické charakteristiky jsou číselné hodnoty jež charakterizují danou vlastnost materiálu, ale závisí také na tvaru zkušebního tělesa a podmínkách namáhání.

Standardy neboli normy jsou smluvené přístupy a podmínky pro označování, zkoušení a konstrukční aplikaci materiálů. [9]

1.2 Materiály vhodné pro technologii stříhání

Pro výrobu součástí a hospodárné využití nástrojů jsou nejvýhodnější nízkouhlíkové a nízkolegované oceli s pevností $\sigma_{Pt} < 600\text{MPa}$. Oceli s vysokým obsahem chromu, manganu a křemíku nejsou vhodné 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. [2]

1.2.1 Kvalita výchozího materiálu pro vystřihování

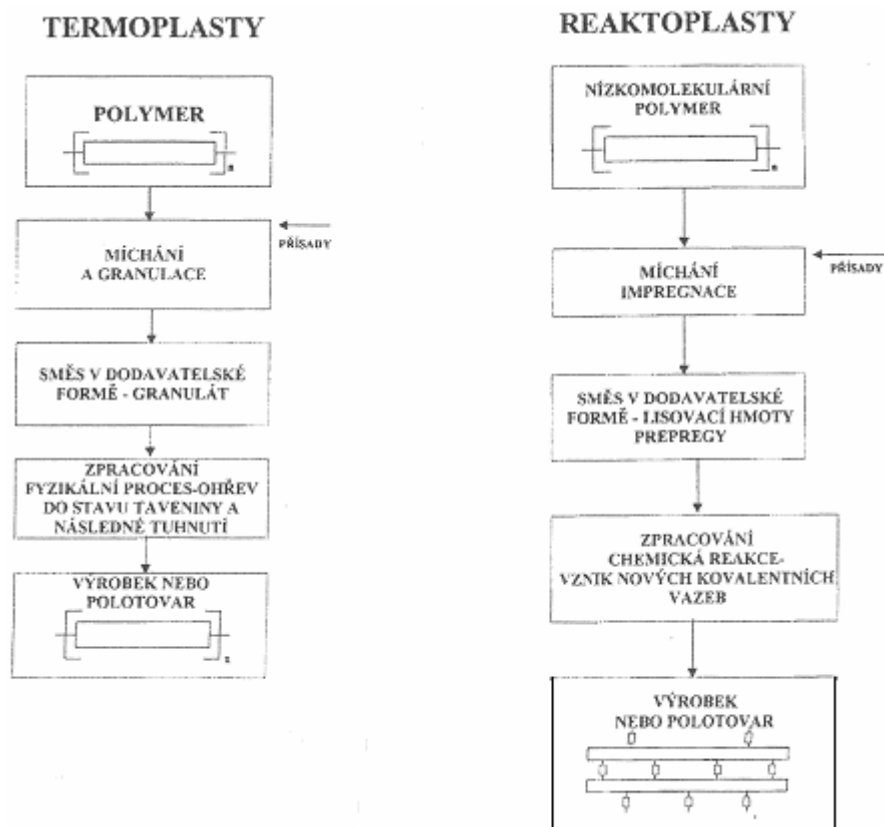
Pro přesné vystřihování jsou vhodnější pásy nebo pruhy plechů válcované za studena. Povrch musí být hladký bez zaválcovaných šupin, přeložek a nátlaků. Hloubka oduhličení nesmí překročit 2% tloušťky stříhaného materiálu. K výrobě zvláště namáhaných součástí je nutné použít již povrchově upraveného výchozího materiálu bez vrchní oduhličené vrstvy. Obecně platí, že stejnosměrnost výchozího materiálu co do chemického složení, struktury, přesnosti rozměrů a jakosti je nutnou podmínkou pro úspěšné využití přesného vystřihování. [1,2]

1.2.2 Neželezné kovy a jejich použití pro vystřihování

Měď a měkké bronzy (tvárné materiály) zároveň s mosazí s obsahem mědi nad 63% jsou vhodné pro přesné vystřihování. Další slitiny mědi, které obsahují méně než 56% mědi, jsou pro přesné vystřihování nevhodné. Hliník a jeho slitiny až do pevnosti $\sigma_{Pt} = 300\text{MPa}$ jsou pro přesné vystřihování vhodné. Jestliže si nejsme jistí, zda je námi zvolený materiál vhodný k přesnému vystřihování, je nutné provést modelové zkoušky se zkušebními páskem uvažovaného materiálu. [2]

1.2.3 Polymery

Dalším materiálem vhodným pro technologii stříhání jsou plasty. Jejich podstatnou část tvoří organické makromolekulární látky (polymery). Kromě látek polymerní povahy obsahují plasty ještě přísady (aditiva), jejichž účelem je specifická úprava vlastností. Tradičně se plasty člení na termoplasty a reaktoplasty. Termoplast lze opakovaně ohřevem převést do stavu taveniny nebo viskózního toku a ochlazením nechat ztuhnout při teplotách, které jsou charakteristické pro daný typ termoplastu. Tato schopnost je i základem recyklačních technologií termoplastů. [1]



Obr. 2 Podstata termoplastů a reaktoplastů a jejich zpracování

Submolekulární a molekulární struktura polymeru je na konci zpracovatelského procesu, tedy v plastovém výrobku stejná jako u výchozího polymeru. Naproti tomu reaktoplasty procházejí při zpracovatelském procesu chemickou reakcí a účinkem tepla, záření nebo síťovacích činidel vytvářejí husté, prostorově sesíťované struktury, v nichž jsou původní molekuly vzájemně pospojovány kovalentními vazbami. Tento proces se nazývá vytvrzování, u kaučuků vulkanizace. Reaktoplast je ve vytvrzeném stavu netavitelný a nerozpustný. Recyklace reaktoplastů je proto obtížnější než u termoplastů a vyžaduje jiné postupy. [1]

Syntetické polymery vznikají z nízkomolekulárních sloučenin chemickými reakcemi zvanými polymerace. Polymerace se rozdělují na polymerace adiční a kondenzační. Do polymerů je přidávána řada přísad, které upravují jejich vlastnosti. Mezi nejdůležitější přísady patří stabilizátory, změkčovadla, barvicí činidla, plniva a síťovací činidla. Účelem stabilizátorů je udržet vlastnosti polymeru na původních hodnotách během zpracování, skladování a použití. Změkčovadla upravují zpracovatelnost, ohebnost a mrazuvzdornost. Barvicí činidla zajišťují zejména estetické vlastnosti výrobku a dělí se na rozpustná (barviva) a nerozpustná (pigmenty). Cílem plniv je buď zlepšení mechanických vlastností, některých fyzikálních vlastností nebo zlevnění plastu. Síťovacími činidly se vytvrzují syntetické pryskyřice. [1]

Polymery se vyznačují různou schopností krystalizovat. Navíc, pokud je polymer krystalizace schopný, nekystalizuje v celém svém objemu, ale určitý podíl vždy zůstává v neuspořádaném, amorfním stavu. Takovéto polymery proto patří k semikrystalickým látkám. Důležitou strukturální charakteristikou je podíl krystalické fáze, neboli krystalinita. Metody stanovení krystalinity jsou založeny na odlišných fyzikálních projevech krystalické a amorfní fáze. [1]

1.2.4 Kompozity

Kompozitní materiály jsou složeny ze dvou nebo více chemicky a fyzikálně odlišných fází (složek). Tvrdší, tužší a pevnější složka se nazývá výztuž, poddajnější složka, která plní funkci pojiva se nazývá matrice. [1]

Abychom materiál mohli nazývat kompozit, musí splňovat následující podmínky:

- podíl výztuže musí být větší než 5%
- vlastnosti výztuže a matrice (mechanické, fyzikální a chemické) se liší, výztuž je významně pevnější v tahu a obvykle tužší než matrice
- kompozit musí být připraven míšením složek

Podle geometrie výztuže dělíme kompozity na částicové a vláknové. Částicový kompozit má větší modul pružnosti v tahu, tvarovou stálost za tepla a tepelnou vodivost, menší smrštění při chladnutí než polymer. Při dělení vláknových kompozitů vycházíme jednak z materiálu vláken, jednak z materiálu matrice. Vlákna mohou být polymerní, uhlíková, skleněná, keramická, kovová. Matrice může být polymerní, kovová, keramická, uhlíková, skleněná, sklokeramická. [1]

1.3 Materiál na výrobu nástrojů

Hospodárnost a také ekonomická otázka výhodnosti přesného vystřihování je závislá na materiálu funkčních částí nástroje a na postupu tepelného zpracování. Dosavadní používané nástrojové materiály jsou na hranicích možností, a proto byla při inovaci nástrojovým materiálům věnována zvýšená pozornost. Byly vyvinuty nástrojové oceli pro výrobu střížných nástrojů, u nichž je vyžadována maximální odolnost proti opotřebením. Přehled nových nástrojových ocelí včetně chemického složení a vhodnosti použití je v tab. 1. Výběr materiálu pro funkční části nástrojů pro přesné vystřihování je závislý na řadě činitelů, z nichž nejdůležitější jsou: [1,2]

- typ nástroje a způsob namáhání
- zpracováváný materiál
- počet kusů

Ocel	Chemické složení						Vhodnost použití
	C	Si	Cr	W	V	Mo	
19 735	0,6	0,6	1,1	2,0	0,2	-	pro výkonné střížné nástroje, kruhové nože, ostřihování a děrování materiálu větších tlouštěk a vyšších pevností
19 550	0,5	-	3,2	-	0,2	1,4	pro výkonné střížné nástroje, kruhové nože, ostřihování a děrování materiálu větších tlouštěk a vyšších pevností
19 559	0,5	0,9	8,5	1,1	0,2	1,1	pro výkonné střížné nástroje pro tváření za studena se zvýšenými požadavky na houževnatost
19 574	2,0	-	12,0	1,0	0,4	0,5	pro střížné a děrovací nástroje s maximální životností pro stříhání materiálu o vysoké pevnosti a malé tloušťce
19 575	1,6	12,0	12,0	-	0,2	0,8	pro vysoce namáhané střížné a děrovací nástroje pro stříhání materiálu o vysoké pevnosti, do tloušťky 10 mm

Tab. 1 Přehled nástrojových ocelí včetně chemického složení a použití

Funkční část nástroje		Materiál	Tepelné zpracování
střížnice		19 436	kaleno a popuštěno na: 61 až 63 HRC pro s = 0,4 až 3 mm
		19 437	58 až 61 HRC pro s = 3 až 7 mm
		slinutý karbid G 3	pro sérii nad 700 000 kusů
střížník 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
		slutuný karbid G 3, G 4	pro sérii nad 700 000 kusů
	hlava	19 437	56 a 58 HRC
střížník tvarový	dříková část	Mo 5 PK kovaná	dokonalý pozvolný předehřev . kalící teplota 1160 až 1180 °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	59 až 61 HRC
		19 422	
opěrná deska		19 436	58 až 60 HRC
zdeř		19 452 - výkovek	kaleno a 2krát popuštěno na 55 až 57 HRC

Tab. 2 Materiály pro jednotlivé funkční části

Kromě nových nástrojových ocelí byly vyvinuty slinuté karbidy s obsahem 15 až 30 % kobaltu. Se slinutými karbidy s vysokým obsahem Co se dosahuje vyšších výkonů. [2]

1.3.1 Nástrojové oceli

Nástrojové oceli představují z hlediska chemického složení i vlastností různorodou skupinu oceli. Podle účelu použití je možné ji rozdělit na: [1]

- nelegované oceli
- legované oceli pro práci za studena
- legované oceli pro práci za tepla
- rychlořezné oceli

Pro práci za studena jsou určeny legované a nelegované oceli, u kterých se pohybuje povrchová teplota nástroje okolo 20°C. Pro práci za tepla jsou určeny legované oceli, kde dosahuje teplota povrchu nástroje během provozu více jak 200°C. Nástrojové oceli se vyrábějí v elektrických pecích obloukových nebo indukčních, často o menší hmotnosti tavby. Z tekuté oceli se odlévají nástroje buď přímo do forem (lité nástroje) nebo do ingotů (tvářené nástroje), kde konečný stav většinou získávají obráběním. [1,2]

2 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ ZA STUDENA

Mezi nejproduktivnější metody zpracování kovů patří tváření za studena a to hlavně z hlediska vztahu hmotnosti součástí a její funkce, kde je tato technologie schopna kovový materiál zpracovat s různou kvalitou. Tváření se realizuje pomocí nástrojů, na jejichž konstrukci a provedení závisí kvalita a také přesnost výrobku. Konstrukce nástroje je syntéza ekonomických, technických a technologických faktorů, které se opírají o množství zásad výroby. [7]

Tvářením za studena (lisováním) se uskutečňuje trvalá změna tvaru materiálu bez úběru třísek působením vnější síly. Proces probíhá pod rekrystalizační teplotou materiálu. Podle převládajícího průběhu deformace je tváření plošné a objemové. Při plošném tváření se dosáhne žádaného tvaru součásti (převážně z plechu) bez podstatné změny průřezu nebo tloušťky výchozího materiálu. Mechanické vlastnosti se nemění. Polotovarem pro plošné tváření je přístřih plechu. Nástroje pro tyto operace se řídí podle základních operací nebo podle počtu kroků a řad: [7]

- a) *jednoduché (jednořadé)* – nástroje pro jednu operaci
- b) *vícenásobné (víceřadé)*
- c) *postupové* – pro více operací, např. vystřihování a děrování provedených postupně na několik kroků
- d) *sloučené* – provádí se několik operací např. tažení a vystřihování. Vše se provede na jeden krok nebo v kombinaci se sdruženým nástrojem. Ten provede dvě operace na jeden zdvih. [6]

Při objemovém tváření se dosáhne žádaného tvaru součásti změnou průřezu nebo tvaru výchozího materiálu. Objem materiálu zůstává konstantní, ale nastává jeho zpevnění a pokles tažnosti, což ovlivňuje rozsah použitých tvářecích operací. Lisování za studena se rozšířilo proto, že má mnoho předností, tj. velkou výkonnost, nízké výrobní náklady, malé ztráty materiálu odpadem a příznivé podmínky pro automatizaci. Praxe dokonale prokázala tyto přednosti a účelnost v moderní průmyslové výrobě. [5]

2.1 Rozdělení metod tváření za studena

Celkem je možné mluvit o pěti druzích základních pracích podle ČSN 22 6001

- a) *Stříhání* – oddělování části materiálu podle uzavřené nebo neuzavřené obrysu, přičemž plocha stříhu bývá většinou kolmá k povrchu materiálu [8]
- b) *Ohýbání* – přeměna plochého polotovaru v ohnutou součást [8]
- c) *Tažení* - přeměna plochého polotovaru v dutou součást libovolného tvaru, přičemž se tloušťka výchozího polotovaru buď nemění nebo se mění [8]
- d) *Protlačování* - přetváření materiálu na mezi kluzu, při němž dochází ke změně profilu, tvaru a tloušťky polotovaru novým rozdělením objemu [8]
- e) *Ražení* - plastická přeměna povrchu vylisku [8]

2.1.1 Stříhání

Při stříhání se působí na materiál vhodně upravenými noži tak, aby se materiál ustříhl v určité ploše. Pro dosažení kvalitního stříhu (bez ostřin) musíme zachovat určité podmínky, to je ostří nožů, vůli mezi noži atd., což klade určité požadavky na obsluhu a údržbu stroje. Nedodržení podmínek může mít za následek nejen nekvalitní střížnou plochu, ale i vylomení břitů nožů nebo zničení celého stroje (nůžek). [3]

Proces stříhání se řídí řadou zákonitostí, které je třeba dodržovat.

Jsou to:

- Drsnost střížné plochy, daná průběhem deformace a jakostí stříhaného materiálu
- Zkosení střížné plochy vlivem střížné vůle
- Zaoblení a zeslabení tloušťky výstřížku podél střížné plochy
- Zpevnění střížné plochy do určité hloubky
- Prohnutí některých výstřížků ohybovým momentem obou složek střížné síly

Odstranit se tyto nedostatky dají pomocí různých druhů stříhání jako je prostříhování, přesné vystříhování nebo pomocí přídavných operací jako je kalibrování. To všechno má však za následek vzrůst nákladů na výrobek i nástroj. [3]

2.1.1.1 Základní veličiny a pojmy v konstrukci a výpočtu střížného nástroje

Při stříhání nesmí být překročena jmenovitá síla lisu, jinak by mohl být lis poškozen. Je proto třeba znát následující vztahy.

Střížná síla

Při stříhání paralelními noži roste střížná síla až do určitého maxima. V okamžiku, kdy vznikne ve stříhaném materiálu trhlinka, začne střížná síla klesat. V okamžiku, kdy se materiál oddělí v celé ploše, klesne síla na nulu. Poměr maximální hodnoty střížné síly k původnímu průřezu stříhaného materiálu se obvykle nazývá stříhová pevnost. Pro výpočet střížné síly je rozhodující střížný obvod, tloušťka materiálu a jeho pevnost v tahu, respektive po úpravě ve stříhu. [2]

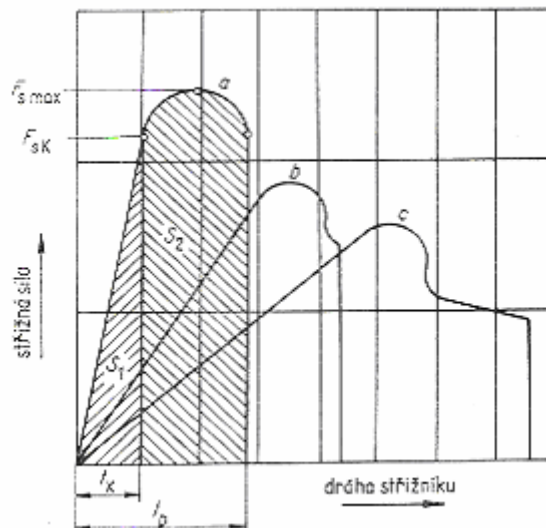
$$F_s = (1 - 1,3) \cdot l \cdot t \cdot \tau_s \quad (2.1)$$

F_s – střížná síla [N]

l – délka střížného obvodu [mm]

t – tloušťka materiálu [mm]

τ_s – pevnost ve stříhu nebo $0,8 \cdot R_m$ [MPa]



Obr. 3 Průběh střížné síly

Hodnota střížné síly se může zmenšit, je-li to možné, vhodnými úpravami: [6]

- použitím střížníků o nestejně délce
- skosením střížných břitů
- zmenšením tloušťky materiálu
- volbou tvárnějšího materiálu
- změnou střížné čáry – tvarem výstřížku

Střížný odpor

Střížný odpor je schopnost střížného materiálu bránit se proti svému oddělení. Závisí na mnoha činitelích, především na mechanických vlastnostech. S rostoucí pevností v tahu a klesající tvárností střížný odpor roste. Velký vliv má také střížná vůle. Nejmenšího střížného odporu se dosáhne při optimální střížné vůli pro každý materiál a jeho tloušťku. Přesné stanovení střížného odporu je vlivem rozdílného působení mnoha činitelů obtížné. [8]

Pro praktické použití však postačí jeho přibližná hodnota vypočítána ze vzorce:

$$k_s = \frac{F_s}{S_s} \quad (2.2)$$

k_s – střížný odpor [MPa]

F_s – střížná síla [N]

S_s – plocha stříhu [mm²]

Střížná práce

Potřebná střížná práce pro vystřížení součásti z materiálu je přímo úměrná střížné síle a hloubce vtlačení střížníku do materiálu. Výpočtem se velikost střížné práce stanoví z vzorce: [8]

$$A = K_A \cdot F_S \cdot t \quad (2.3)$$

A – střížná práce [J]

K_A – součinitel hloubky vtlačení střížníku [mm]

F_S – střížná síla [N]

t – tloušťka plechu [mm]

Střížný výkon

Střížný výkon určíme z následujícího vztahu:

$$P = \frac{A}{t} \quad (2.4)$$

P – střížný výkon [W]

A – střížná práce [J]

t – čas [s]

Stírací síla

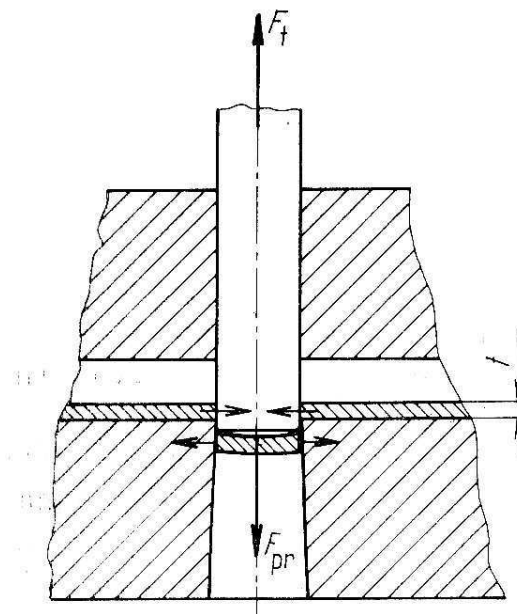
Při vystřihování a děrování ulpí stříhaný materiál vlivem své pružnosti na vnějších plochách střížníku. K jeho setření je třeba určité síly. Její velikost závisí na druhu materiálu, jeho tloušťce, složitosti tvaru stříhu, na velikosti střížné vůle a na mazání. Stanoví se empiricky ze vzorce: [8]

$$F_T = c_1 \cdot F_S \quad (2.5)$$

F_T – stírací síla [N]

c_1 – součinitel stírání

F_S – střížná síla [N]

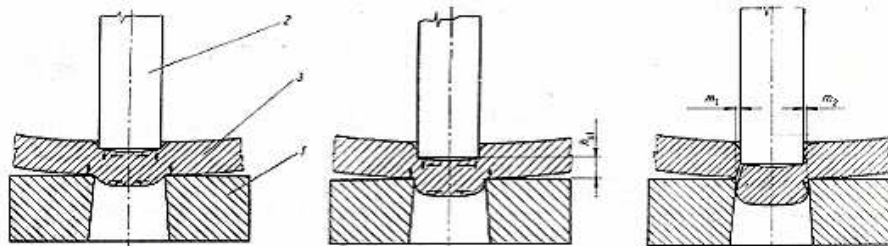


Obr. 4 Stírací síla F_t

2.1.1.2 Fáze stříhání

Stříhání lze rozdělit na tři základní fáze:

- 1) po dosednutí střížníku na stříhaný materiál se vyvodí napětí, které má hodnotu nižší, než je hodnota meze pružnosti daného materiálu [2]
- 2) napětí překonává hodnotu meze kluzu, tím vzniká trvalá deformace stříhaného materiálu a dosahuje se hodnoty meze pevnosti ve stříhu [2]
- 3) napětí se pohybuje nad hodnotou meze pevnosti ve stříhu, v materiálu vznikají malé trhlinky, které se postupně zvětšují, až dojde k úplnému oddělení stříhaného materiálu [2]



Obr. 5 Fáze stříhání (1., 2., 3.)

- 1 – střížnice
2 – střížník
3 – stříhaný plech

2.1.1.3 Rozdělení stříhání podle konstrukce nožů

Podle konstrukce nožů a vzájemného pohybu se rozlišuje:

- *stříhání s rovnoběžnými noži*
- *skloněnými noži*
- *kotoučovými noži*

Stříhání s rovnoběžnými noži

Při stříhání rovnoběžnými noži je užíván střížný nástroj, kde mají střížník a střížnice mezi sebou střížnou mezeru m_s ($1/2$ střížné vůle). Nelze totiž bez zvláštních úprav postavit nástroj bez mezery kvůli nebezpečí havárie. Na docílení kvalitního výstřižku 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).

[2]

Stříhání se skloněnými noži

Stříhání skloněnými, šikmými noži, které mají mezi sebou při stříhání určitý úhel je velice výhodné. Jelikož je potřebná celková střížná síla menší než při stříhání na rovných nožích. Materiál je stříhán postupně. Pro velikost střížné síly bude rozhodující velikost střížné hrany a tloušťky - plochy trojúhelníka ABC. [2]

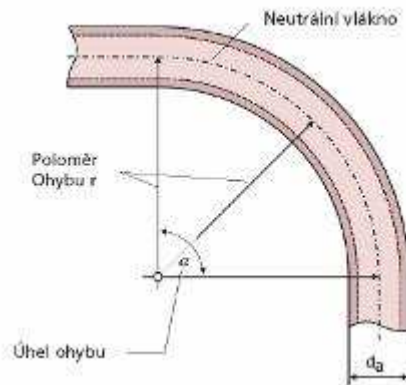
Stříhání s kotoučovými noži

Při stříhání dlouhých materiálu, většinou pásu plechu je vhodné použití nůžek kotoučových nebo-li kruhových. Jde o střížný nástroj s tzv. odvalujícími se noži. Při užívání kruhových nožů se nám zvětšuje doba stříhu, ale snižují se 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 je potřeba zvolit průměr nožů co nejmenší.

[2]

2.1.2 Ohýbání

Ohýbání je způsob tváření, kdy je materiál trvale deformován pod různými úhly s různým zaoblením hran. Jde o plastickou pružnou deformaci, kde se díky přetvoření a napětí mění směr a velikost. [3]

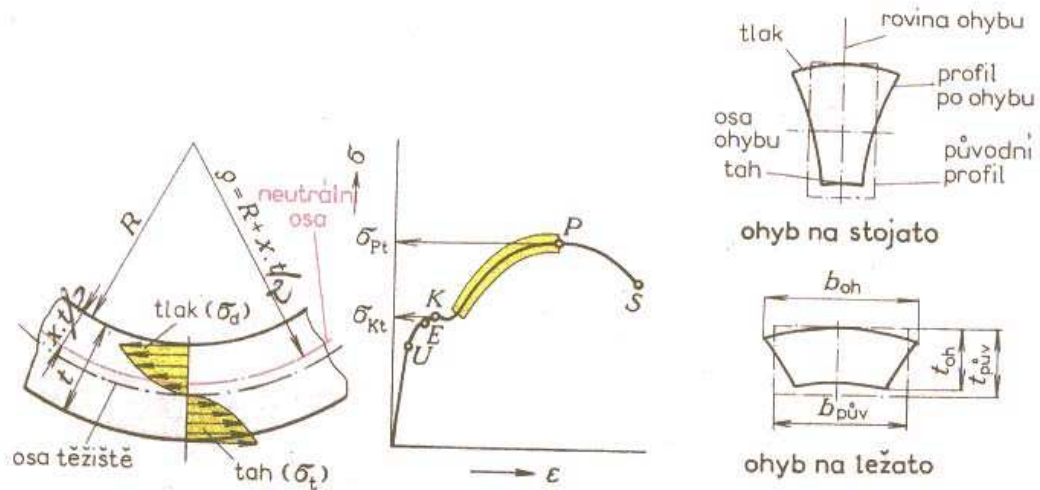


Obr. 6 Ohýbání trubky

Ohýbání má odlišný průběh od povrchu materiálu k neutrální ose.

Při ohybu jsou napětí v krajních vláknech materiálu opačného smyslu (tah, tlak) a dosahují hodnot R_e až R_m , tj. oblasti trvalé deformace materiálu. Při ohybu jsou vyšší průřezy více deformovány než nižší. Kolem střední části průřezu jsou tahová napětí malá a dosahují meze R_u nebo R_e . V přechodu mezi tímto pásmem jsou vlákna bez napětí a bez deformace. Jejich spojnice tvoří tzv. neutrální osu (plochu), ve které není napětí a která se při ohýbání ani neprodlouží, ani nezkrátí. [3]

Neutrální osa (vlákno) je v ohýbané části posunuta k vnitřní straně ohybu. Není tedy totožná s osou těžiště ohýbaného materiálu (profilu). U tenkých plechů není tento rozdíl patrný. Vzdálenost x , která charakterizuje polohu neutrální osy, závisí na poměru R/t . [8]



Obr. 7 Velikost napětí v krajních vláknech ohýbaného materiálu. Deformace průřezu v místě ohybu.

Zpětné odpružení součástí je způsobeno účinkem pružné deformace materiálu kolem neutrální osy. Velikost úhlu odpružení závisí na tvárnosti materiálu a způsobu ohýbání. [3]

Při ohýbání širokých tenkých profilů se ztenčuje tloušťka v místě ohybu, naopak v příčném směru se profil téměř nedeformuje. Je to způsobeno tím, že materiál klade při velké šířce značný odpor proti deformaci ve směru šířky. Neutrální vrstva slouží pro zjištění délky materiálu, který je potřeba pro ohýbanou součást. Zde není žádná deformace. To znamená že je její délka stejná jak v rovném, tak v ohnutém materiálu. [3]

Poloha neutrální vrstvy je závislá na poměru poloměru r ohýbací čelisti a tloušťce materiálu t a na velikosti ztenčení materiálu. Ztenčení se v různých místech materiálu liší. Vzdálenost neutrální vrstvy od středu ohybu není v ohýbané délce stejná a průběh neutrální osy je parabolický. Proto nahrazujeme parabolu kružnicovým obloukem s poloměrem ρ platným pro místo nejmenšího ztenčení. [3]

Poloměr potom můžeme vypočítat ze vzorce:

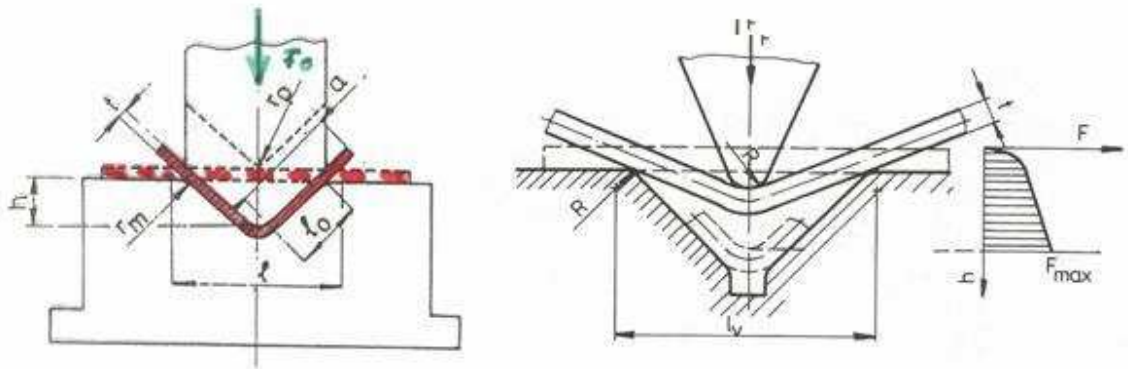
$$\rho_{min} = (r + 0,5 \cdot t \cdot z_t) \cdot z_t \cdot z_r \quad (2.6)$$

kde:

- t – tloušťka materiálu [mm]
- r – vnitřní poloměr ohybu [mm]
- z_t – součinitel ztenčení profilu
- z_r – součinitel rozšíření profilu

2.1.2.1 Ohýbání do tvarů V

Geometrie ohybnice a ohybníku určují konečný tvar a míry ohybu. Záleží, zda je rádius ohybníku stejný, menší nebo větší než je rádius ohybnice. [8]



Obr. 8 Ohýbání do tvaru V

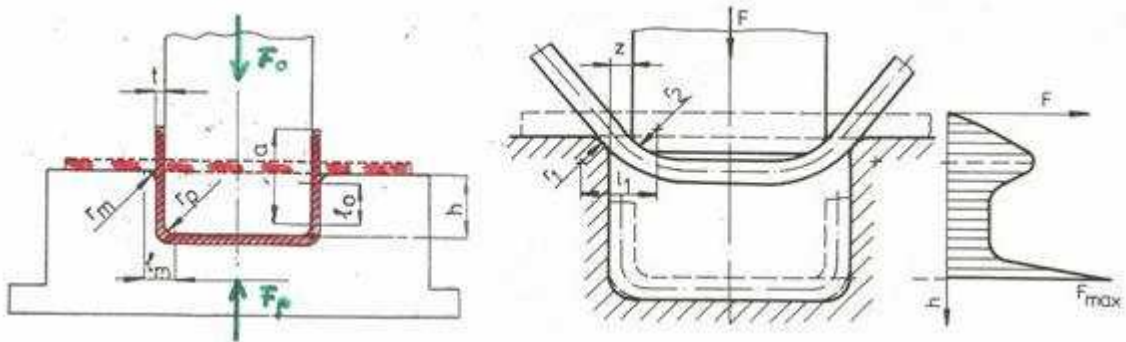
Ohýbaný výrobek se považuje za nosník o dvou podpórách zatížený silou uprostřed obou podpor. Potom platí:

$$M_o = s_o \cdot W_o = F_o \cdot l/4 = b \cdot t^2 \cdot s_o/4 \quad (2.7)$$

- F - ohýbací síla (pro kalibraci $F_c = 2 \cdot F$) [N]
- b - šířka polotovaru [mm]
- l - vzdálenost podpěr [mm]
- t - tloušťka polotovaru [mm]
- s_o - ohybové napětí [$s_o = R_m \cdot C$]
- W_o - průřezový modul v ohybu [mm^3]
- C - součinitel zpevnění [$C = 1 + 4 \cdot s/l$]
- R_m - mez pevnosti [MPa]

2.1.2.2 Ohýbání do tvarů U

Geometrie ohybnice a ohybníku určují i zde konečný tvar a míry ohybu. Pro ohyb do tvaru U se síla a práce vypočte následujícím způsobem (ohyb probíhá současně ve dvou průřezích): [8]



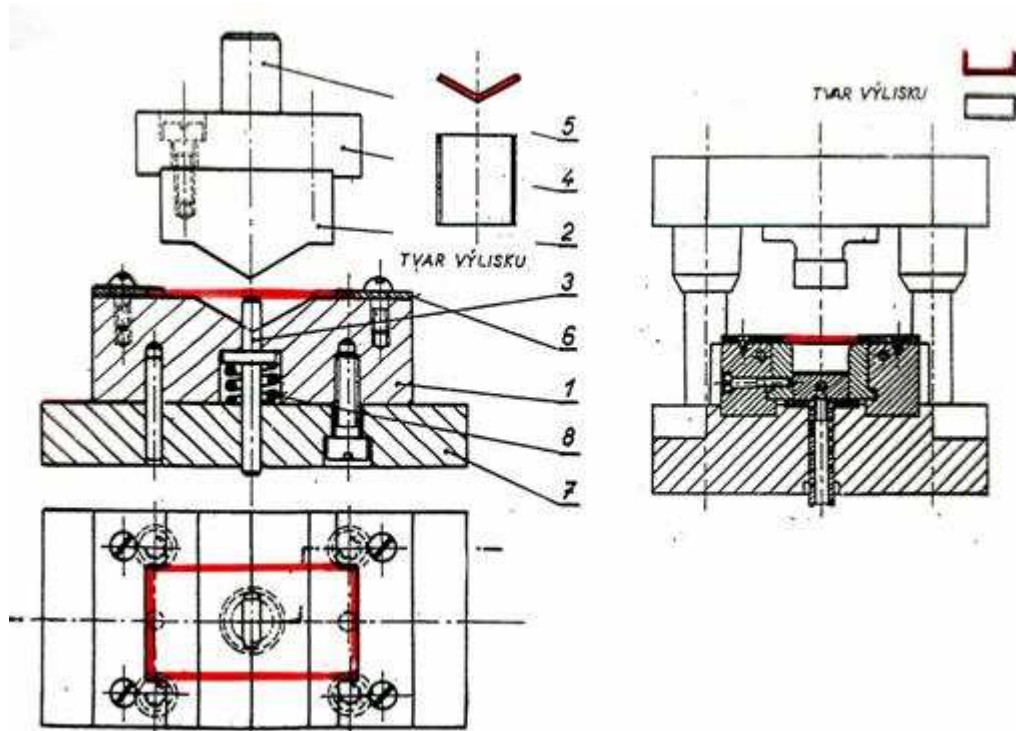
Obr. 9 Ohýbání do tvaru U

$$M = 2 \cdot M_o = s_o \cdot W_o = b \cdot t^2 \cdot s_o / 2 \quad (2.8)$$

- F - ohýbací síla [N],
- F_p - síla přidržovače [N],
- b - šířka polotovaru [mm],
- t - tloušťka polotovaru [mm],
- s_o - ohybové napětí ($s_o = R_m \cdot C$) [MPa],
- C - součinitel zpevnění [$C = 1,6$ až $1,8$]
- R_m - mez pevnosti [MPa].

2.1.2.3 Ohýbací nástroje

Nástroj pro ohýbání je ohýbadlo a hlavní části jsou ohybník a ohybnice, popř. základní dorazy. Ohýbadla se dělí podle způsobu a technologie ohýbání, nejčastěji pro ohýbání do tvaru U a V. Většinou nejsou samostatná a konstruují se jako nástroje sdružené. [8]



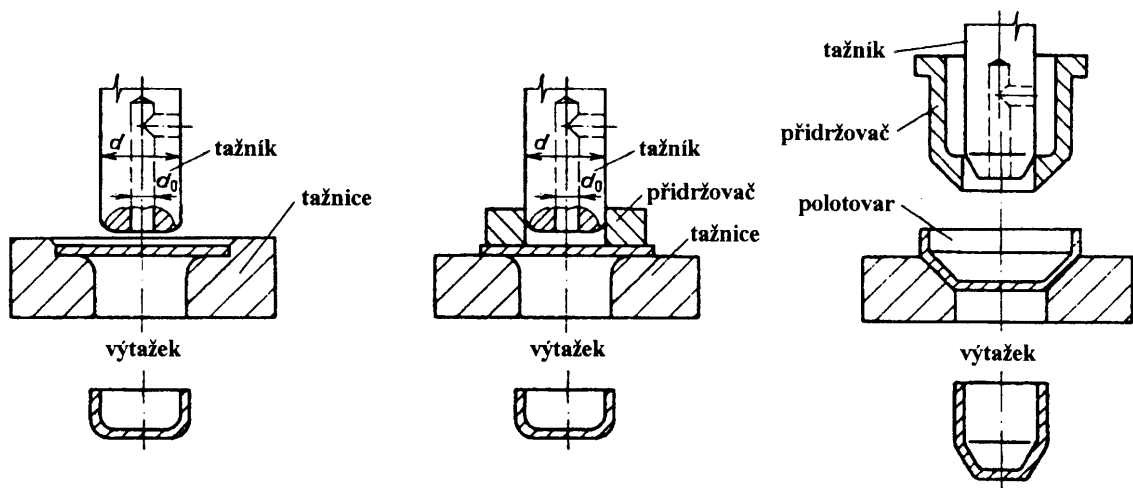
Obr. 10 Ukázka nástrojů pro ohyb do tvaru V (vlevo) a U (vpravo).

2.1.3 Tažení

Tažení je postup tváření materiálu, při kterém je rovný plech tvářen v nádobu polozavřeného tvaru, která má obvykle rotační tvar. Nástrojem je tažidlo, výrobkem výtažek. Materiál se tváří mezi tažníkem a tažnicí a provádí se na mechanických lisech. Používá se jednočinných i vícečinných lisů. V materiálu dochází při tažení ke vzniku dvou druhů napětí. Napětí normální, která jsou rovnoběžná se směrem působící síly, a napětí tečná, která působí kolmo na působící sílu na obvodu výtažku. V důsledku tečných napětí dochází ke zvlnění plechu na obvodu výtažku – tomu zabráníme použitím přídržovačů, které působí na materiál silou F_p . Výlisky vyšších tvarů se vyrábí na větší počet tahů. Počet tažných operací se určí podle součinitele tažení. [3]

Tažné nástroje můžeme rozdělit podle způsobu práce na:

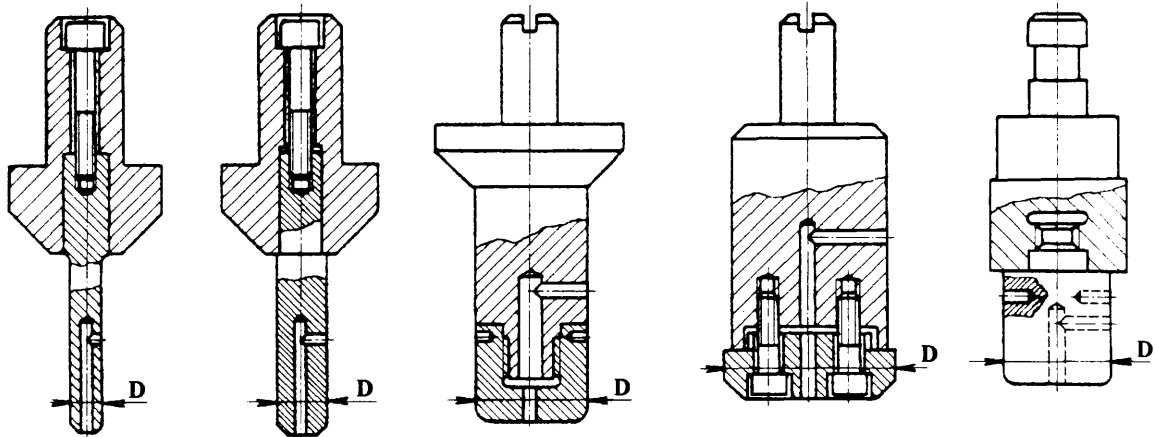
- tažné nástroje s přídržovačem
- tažné nástroje bez přídržovače



Obr. 11 Tažné nástroje bez přídržovače a s přídržovačem

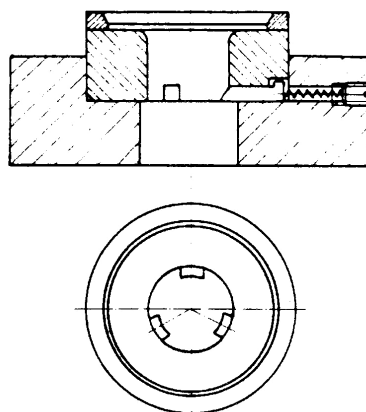
Tažnice jsou pro rotační výlisky celistvé a mají tvar prstence. Tvar a úprava funkčních ploch tažnice je závislá na druhu materiálu, tvaru výtažku, počtu tahů a na způsobu odstraňování výtažku z tažnice. Tažnice se vyrábí z ocelí 19 191, 19 436, 19 437 a kalí se na HV 720 až 780. Funkční část je jemně broušená a leštěná. Během tažení vzniká velké tření mezi tažníkem, tažnicí a výtažkem, proto musí být zajištěno intenzivní mazání. [3]

Tažníky pro menší průměry výlisků jsou celistvé včetně stopky nebo je k nim stopka přišroubována. Pro větší průměry výlisků a pro větší série jsou dělené, kde držák tažníku bývá z běžné konstrukční oceli, funkční část bývá nejčastěji z nástrojových ocelí. 19 191 nebo 19 436. [4]



Obr. 12 Tažníky

U tažných nástrojů, kde výtažek propadá tažnicí, může funkci stírače plnit ostrá hrana tažnice. U některých výtažků může při tomto způsobu stírání docházet k zadírání a křížení výtažku, proto se používá palcových stíračů, které bývají po obvodu tažnice tři po 120°. [4]



Obr. 13 Stírače

Tažná síla pro dimenzování lisu se v praxi stanovuje jako maximální síla, která může vzniknout při tažení, t.j. síla, při které se utrhne dno výtažku:[3,4]

$$F_t = o \cdot t \cdot R_m \quad (2.9)$$

F_t	–	tažná síla [N]
o	–	obvod výtažku [mm]
t	–	tloušťka plechu [mm]
R_m	–	mez pevnosti v tahu taženého materiálu [MPa]

2.1.4 Protlačování

Protlačování je nejproduktivnějším způsobem tváření za studena a vytváří plné i duté tvarové součásti. Nástroje k protlačování se nazývají protlačovadla, hlavní části nástroje je průtlačník a průtlačnice, výrobek se nazývá protlaček. Podle směru toku materiálu vzhledem k působící síle rozdělujeme na: [3,4]

- *dopředné* - částice materiálu se pohybují ve směru působící síly. Zhotovujeme výlisky dlouhých tvarů, plných i s částečnými dutinami.
- *zpětné* - částice materiálu se pohybují proti směru působící síly. Výlisky mají dutiny.
- *sdružené* - částice materiálu se pohybují ve směru i proti směru působící síly. Výlisky mají zpravidla z jedné strany dutinu a z druhé strany osazení.
- *stranové* - částice se pohybují ve směru působící síly i kolmo na ni. Výlisky mají zpravidla boční osazení.

V protlačovacím nástroji působí na polotovar velké tlaky (napětí v materiálu až 3000 MPa), kterými se zvýší jeho tvárnost a dojde k plastické deformaci bez porušení soudružnosti částic. Funkční části nástroje přemísťují částice a formují je do tvaru výlisku.

[3]

Protlačování můžeme provádět u materiálů s vysokým stupněm plasticity např. Cu, Al, Zn, a jejich slitiny, oceli s nízkým obsahem uhlíku (do 0,1%). Během protlačování dochází vlivem vysokého stupně plasticity ke změně mechanických vlastností materiálu. K získání původních vlastností materiálu musíme použít normalizační žíhání. [4]

Tolerance funkčních částí protlačovadel se volí přibližně 10 % tolerance protlaku. Průměrná životnost protlačovadel je 5000 až 50 000 kusů protlaků (u protlačovadel ze slinutých karbidů až 5 000 000 kusů) a závisí na: [3]

- rozměrové toleranci protlačovaného dílce
- způsobu protlačování
- úpravě polotovaru
- druhu materiálu
- konstrukci a materiálu protlačovadla

Velikost protlačovací síly ovlivňuje celá řada činitelů (druh materiálu, tvar a rozměry vylisku, jakost povrchu a opotřebení nástroje, mazání atd.), proto se používá zjednodušeného tvaru: [3]

$$F_p = S \cdot p \quad (2.10)$$

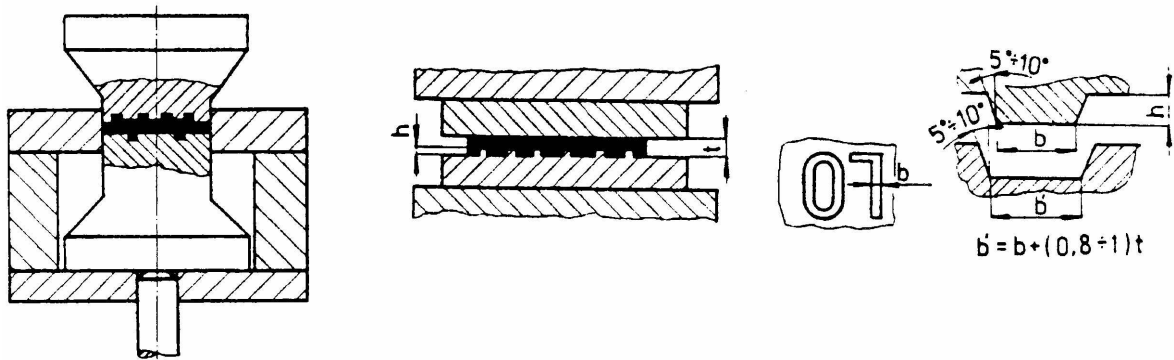
F_p – protlačovací síla [N]

S – plocha průřezu působící na polotovar [m^2]

p – protlačovací tlak [MPa]

2.1.5 Ražení

Ražení je operace, při níž vzniká vypouklý nebo vydutý tvar na povrchu vylisku. Nejčastějším a nejtypičtějším příkladem je ražení mincí, medailí, odznaků a umělecké ražení. Většinou se razí v uzavřených nástrojích, aniž je materiál vytlačován z pracovní dutiny nástroje. Při ražení nedochází k velkému přemísťování materiálu, ale je potřeba vyvinout velký tlak, aby bylo dosaženo přesného reliéfu. Tlak potřebný k ražení bývá 1200 až 1500 MPa pro zlaté mince, 1500 až 1800 MPa pro stříbrné mince, 1600 až 1800 pro niklové mince, 2500 až 3000 MPa pro nerez. [3]



Obr. 14 Nástroje pro ražení

3 SOUHRN TEORETICKÉ ČÁSTI

Teorie byla rozdělena na dvě hlavní části. V první se práce zaměřila na konstrukční materiály, počínaje jejich značením dle základních norem. Dále zde byly uvedeny materiály vhodné pro uvažované technologie stříhání a ohýbání a jejich základní charakteristika. Poté se práce zaměřila na materiály sloužící na výrobu nástrojů. Zde byly uvedeny i materiály vhodné pro jednotlivé funkční části.

V druhé části se práce zabývala technologiemi tváření za studena, jejich základním rozdělením na pět základních druhů. První metodou tváření za studena bylo stříhání. Zde byly charakterizovány základní veličiny a pojmy nutné ke konstrukci a výpočtu střížného nástroje, dále pak jednotlivé fáze stříhání a rozdělení stříhání podle konstrukce nožů. Další uvažovanou technologií bylo ohýbání. V práci byla uvedena charakteristika této metody, dále pak průběhy napětí v jednotlivých vláknech ohýbaného materiálu a ohýbání do základních tvarů. Poté zde byly uvedeny zbývající tři technologie tváření za studena – tažení, protlačování a ražení. První dvě metody byly charakterizovány o něco podrobněji, protože právě technologie stříhání a ohýbání byly zapotřebí k výrobě konzoly.

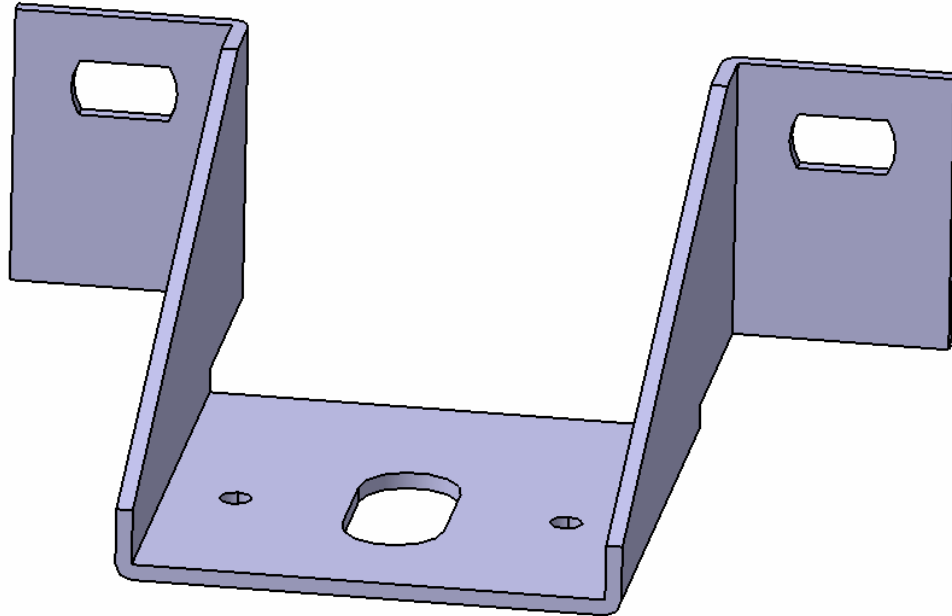
II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE

Cílem praktické části byl návrh a konstrukce výrobku. Nejdříve byla zpracována ekonomická analýza, ve které bylo rozhodnuto o výrobní technologii a postupu. Následovala konstrukce nástroje. Zde byla provedena řada kontrol, které měly určit, zda budou dané nástroje použitelné v praxi. K vybraným nástrojům byla vypracována výkresová dokumentace.

5 TECHNOLOGICKÁ ČÁST

V technologické části nejdříve byla provedena ekonomická analýza, zda by bylo výhodnější danou součást zhotovit pomocí jednoduchých nástrojů nebo pomocí postupového prostřihovadla pro zadané množství kusů. Dále byl pak zhotoven výkres zadané součásti dle daných hodnot.



Obr. 15 Požadovaný tvar výrobku

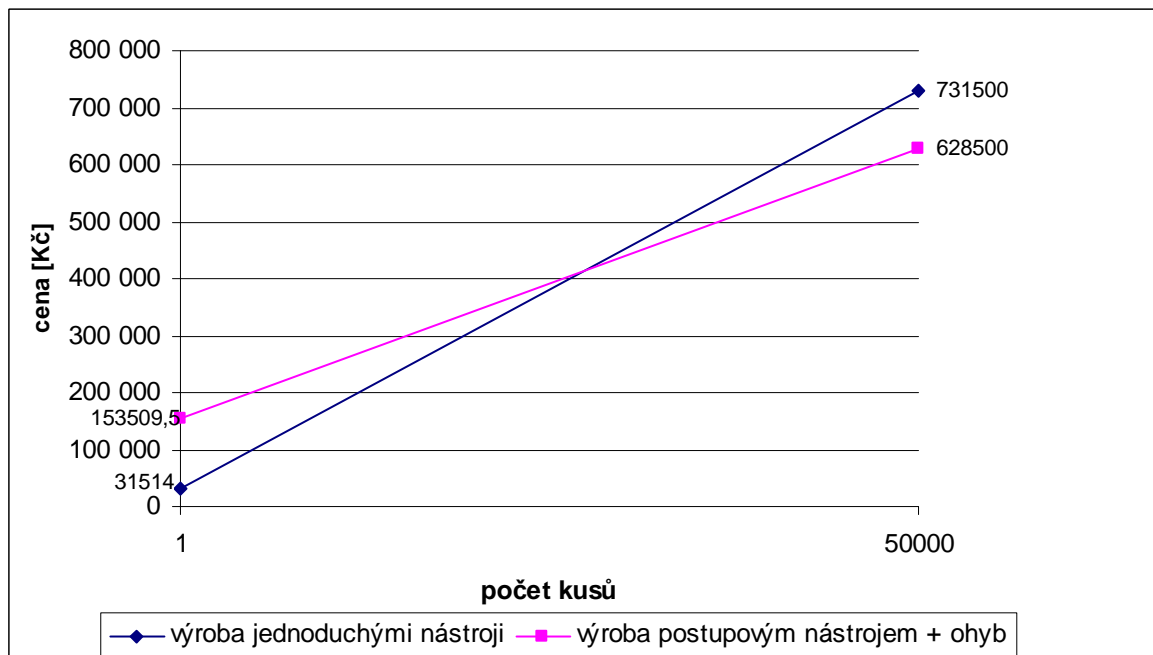
5.1 Ekonomická analýza

Zhotovení konzoly jednoduchými nástroji:

- 1 kus vyroben na 12 zdvihů -> za 1 zdvih účtováno 0,6 Kč -> $12 \times 0,6 = 7$ Kč
- stříh kusu 1,5 Kč
- cena materiálu na 1 kus 5,5 Kč
- cena nástrojů celkem 31 500 Kč

Zhotovení konzoly postupovým nástrojem:

- 1 kus vyroben na 1 zdvih -> za 1 zdvih účtováno 2 Kč -> $1 \times 2 = 2$ Kč
- stříh pásu 0,5 Kč
- cena materiálu na 1 kus 5,5 Kč
- cena nástroje celkem 153 500 Kč
- cena za ohyb 0,5 Kč (celkem 3x) -> $3 \times 0,5 = 1,5$ Kč, ohýbání součásti by bylo prováděno dodatečně (mimo postupový nástroj), protože celková cena takového nástroje by byla příliš vysoká a ekonomicky nevýhodná

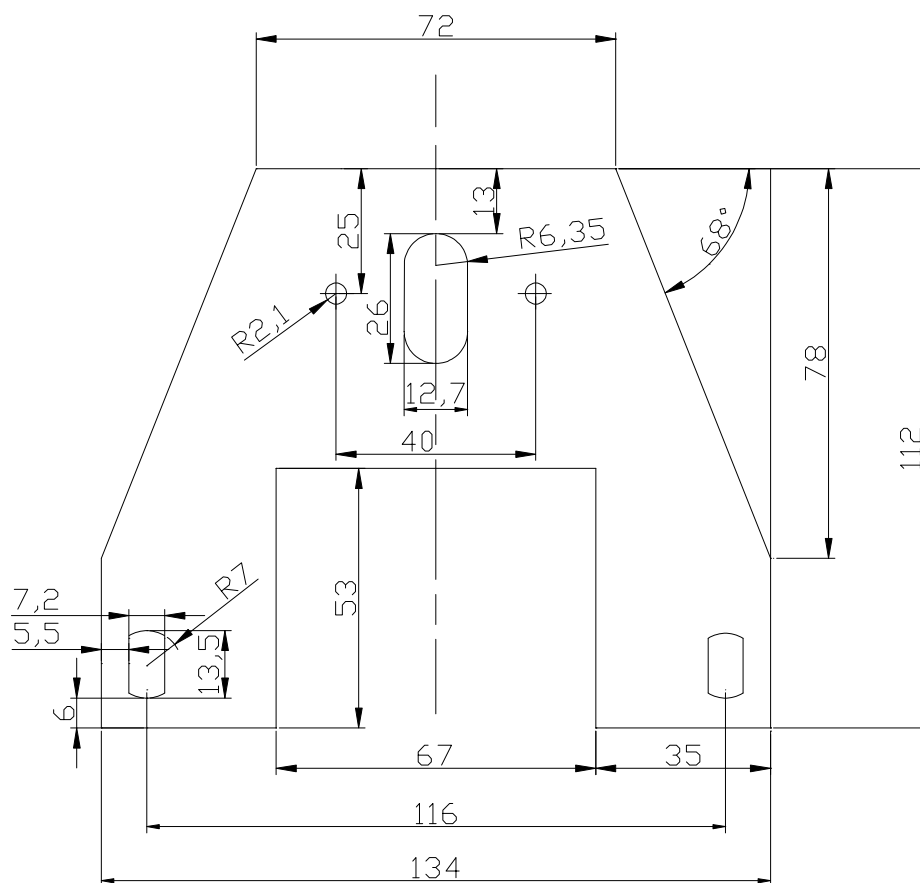


Obr. 16 Ekonomická analýza

Při výrobě 27 112 kusů a více by bylo ekonomicky výhodnější zhotovit postupový nástroj, při menší sérii pak výroba pomocí jednoduchých nástrojů. Vzhledem k tomu, že byla vyrobena série o 500 kusech, byla využita metoda stříhání pomocí jednoduchých nástrojů.

5.2 Materiál a rozměry výstřižku

Konsole byla vyrobena z materiálu 11 321- ocel nelegovaná, jakostní, vhodná k tváření (válcování) za studena, k středně hlubokému tažení, lakování, pokovování v tavenině, potisku a smaltování - jen u neuklidněné oceli. Svařitelnost zaručená v závislosti na rozměrech polotovaru.



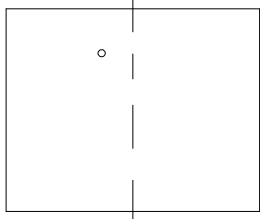
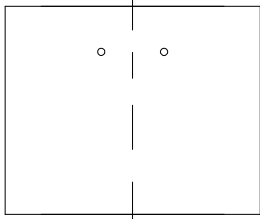
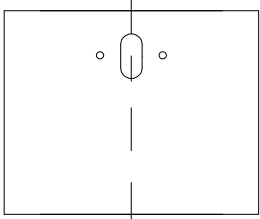
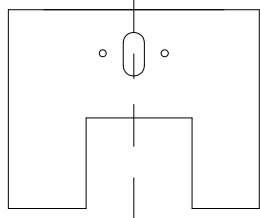
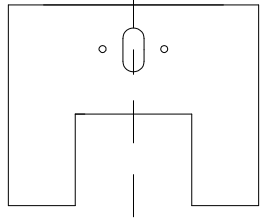
Obr. 17 Rozměry materiálu v rozvinutém stavu (bez ohybu)

Počet kusů: 500

Tloušťka plechu: 2 mm

5.3 Technologický postup

Technologický postup je popis operací, jako jsou stříhání, ohýbání, které musí být provedeny v pořadí, v jakém jsou uvedeny, aby určitá součást mohla být zhotovena.

	<u>SCHÉMA</u>	<u>TECHNOLOGIE</u>	<u>NÁSTROJ</u>	<u>STROJ</u>
1		stříhání díry Ø 4,2 mm	střížník Ø 4,04 mm střížnice Ø 4,20 mm	LEN 25C
2		stříhání díry Ø 4,2 mm	střížník Ø 4,04 mm střížnice Ø 4,20 mm	LEN 25C
3		stříhání díry 26 x 12,7 mm	střížník 25,84 x 12,54 mm střížnice 26,00 x 12,70 mm	LEN 25C
4		stříhání díry 60 x 53 mm	střížník 59,84 x 59,84 mm Střížnice 60,00 x 60,00 mm	LEN 25C
5		stříhání díry 53 x 7 mm	střížník 59,84 x 59,84 mm střížnice 60,00 x 60,00 mm	LEN 25C

	<u>SCHÉMA</u>	<u>TECHNOLOGIE</u>	<u>NÁSTROJ</u>	<u>STROJ</u>
6		stříhání oválné drážky 13,5 x 7,2 mm	střížník 13,34 x 7,04 mm střížnice 13,50 x 7,20 mm	LEN 25C
7		stříhání oválné drážky 13,5 x 7,2 mm	střížník 13,34 x 7,04 mm střížnice 13,5 x 7,2 mm	LEN 25C
8		stříhání rohu úhel 68° od vrchní hrany	střížník 84,84 x 84,84 mm střížnice 85,00 x 85,00 mm	LEN 25C
9		stříhání rohu úhel 68° od vrchní hrany	střížník 84,84 x 84,84 mm střížnice 85,00 x 85,00 mm	LEN 25C
10		ohýbání o 90° dna základny	ohybník prizma	LEN 25C
11		ohýbání o 90° boku základny	ohybník prizma	LEN 25C
12		ohýbání o 90° boku základny	ohybník prizma	LEN 25C

5.4 Určení střížné vůle

Podle hodnot v tabulce určíme střížnou vůli (v) mezi střížníkem a střížnicí pro materiál 11 321 a tloušťku plechu $t = 2$ mm.

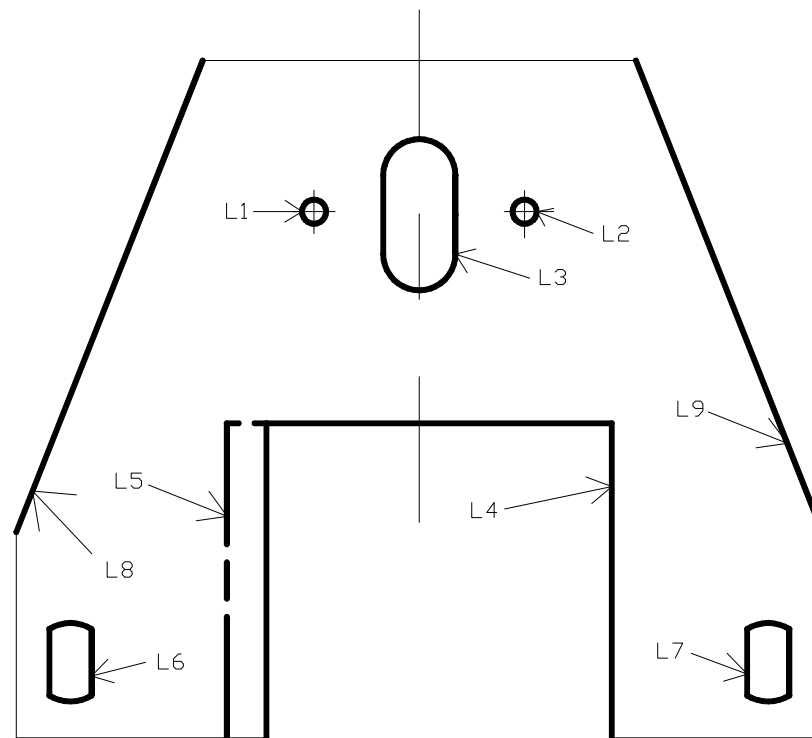
tloušťka materiálu v mm	Vůle 2a v % tloušťky materiálu na průměr		
	měď, mosaz, měkká ocel	ocel do pevnosti 48 kg/mm ²	ocel s pevností větší než 48 kg/mm ²
0,1-0,5	5	6	7
0,6-1,0	6	7	8
1,1-2,0	7	8	9
2,2-3,4	7	8	10
3,6-4,0	8	9	10
4,2-5,5	10	11	12
6,0-6,5	12	14	16
7,0-7,5	13	15	17
8,0-8,5	14	16	18
9,0-12,0	15	17	20

Tab. 3 Vůle mezi střížníkem a střížnicí

$$v = 2 \cdot 0,08 \tag{5.1}$$

$$\underline{v = 0,16 \text{ mm}}$$

5.5 Délky střížných hran



Obr. 18 Střížné hrany

$$L_1 = \pi \times 4,2 = 13,19 \text{ mm} \quad (5.2)$$

$$L_2 = \pi \times 4,2 = 13,19 \text{ mm} \quad (5.3)$$

$$L_3 = \pi \times 12,7 + 2 \times 13,65 = 67,19 \text{ mm} \quad (5.4)$$

$$L_4 = 53 + 60 = 113 \text{ mm} \quad (5.5)$$

$$L_5 = 7 + 53 = 60 \text{ mm} \quad (5.6)$$

$$L_6 = 2 \times 11,52 + 2 \times 7,56 = 38,16 \text{ mm} \quad (5.7)$$

$$L_7 = 2 \times 11,52 + 2 \times 7,56 = 38,16 \text{ mm} \quad (5.8)$$

$$L_8 = 84 \text{ mm} \quad (5.9)$$

$$L_9 = 84 \text{ mm} \quad (5.10)$$

5.6 Střížné síly

$$F_s = (1 - 1,3) \cdot l \cdot t \cdot \tau_s \quad (5.11)$$

F_s – střížná síla [N]

l – délka střížného obvodu [mm]

t – tloušťka materiálu [mm]

τ_s – pevnost ve stříhu nebo $0,8 \cdot R_m$ [MPa]

$$\tau_s = R_m \cdot 0,8 = 320 \cdot 0,8 = 256 \text{ MPa}$$

$$F_{S1} = 1,2 \cdot 13,19 \cdot 2 \cdot 256 = 8103,9 \text{ N} \quad (5.12)$$

$$F_{S2} = 1,2 \cdot 13,19 \cdot 2 \cdot 256 = 8103,9 \text{ N} \quad (5.13)$$

$$F_{S3} = 1,2 \cdot 67,19 \cdot 2 \cdot 256 = 41\,281,5 \text{ N} \quad (5.14)$$

$$F_{S4} = 1,2 \cdot 113 \cdot 2 \cdot 256 = 69\,427,2 \text{ N} \quad (5.15)$$

$$F_{S5} = 1,2 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 256 = 36\,864 \text{ N} \quad (5.16)$$

$$F_{S6} = 1,2 \cdot 38,16 \cdot 2 \cdot 256 = 23\,445,5 \text{ N} \quad (5.17)$$

$$F_{S7} = 1,2 \cdot 38,16 \cdot 2 \cdot 256 = 23\,445,5 \text{ N} \quad (5.18)$$

$$F_{S8} = 1,2 \cdot 84 \cdot 2 \cdot 256 = 51\,609,6 \text{ N} \quad (5.19)$$

$$F_{S9} = 1,2 \cdot 84 \cdot 2 \cdot 256 = 51\,609,6 \text{ N} \quad (5.20)$$

5.7 Stírací síla

Stírací sílu je třeba vyvinout k vysunutí střížníku z materiálu, kde zůstal vlivem pružnosti materiálu. [8]

V praxi se uvádí velikost stírací síly jako 6 % střížné síly. Vzhledem k tomu, že dochází k různým přetížením nástroje, může docházet k zvětšování střížné síly a proto bude největší střížná síla zvětšena o 15 %.

$$F_{stř} = F_{S4} \cdot 1,15 \quad (5.21)$$

$$F_{stř} = 69\,427,2 \cdot 1,15 \quad (5.22)$$

$$F_{stř} = 79\,841,3 \text{ N} \quad (5.23)$$

$$F_{st} = 79\,841,3 \cdot 0,06 = 4790,5 \text{ N} \quad (5.24)$$

Velikost střížné síly je 4790,5 N.

5.8 Protlačovací síla

Protlačovací sílu je zapotřebí vyvinout pokud musíme výstřížek protlačit přes střížnici. V praxi se uvádí velikost protlačovací síly jako 3 až 7 % střížné síly (bude počítáno se silou zvětšenou o 15 % proti síle původní- viz bod 4,7). [8]

$$F_{pr} = 0,06 \cdot 79\,841,3 \text{ N} = 4790,5 \text{ N} \quad (5.25)$$

Do vztahu bylo zvoleno 6 % ze střížné síly z možného rozmezí 3 až 7 %.

5.9 Kontrola střížníku a střížnice

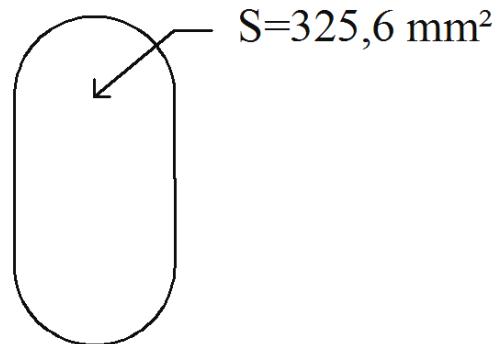
Z Oehlerova vztahu vypočítáme tloušťku střížnice:

$$H = \sqrt[3]{F_{SMAX}} = \sqrt[3]{79841,3} = 19,9mm \quad (5.26)$$

Počítáno se silou $F_{stř}$ z bodu 4.7. V praxi bylo dokázáno, že tloušťka střížnice může být menší než vypočítaná hodnota.

Pevnostní kontrola střížníku:

Na střížníky byl použit materiál 19 312. Jde o nízkolegovanou ocel. Tento materiál má dobrou houževnatost a odolnost proti opotřebení. Mez kluzu se pohybuje mezi 2300 – 3000 MPa. Byla provedena kontrola střížníku pro díru 26 mm x 12,7 mm.



Obr. 19 Obsah střížníku

$$\sigma_D = \frac{F_{stř}}{S} \leq \sigma_{DOV} \quad (5.27)$$

$$\sigma_D = \frac{79841,3}{325,6} \leq \sigma_{DOV} = 245,2MPa \quad (5.28)$$

245,2 MPa < 3000 MPa => střížník vyhovuje

5.10 Potřebná síla lisu

$$F_L = F_{STR} + F_{PR} = 79\,841,2 + 4790,5 = 84\,631,7\,N \quad (5.29)$$

Vypočítaná síla je větší než síla, kterou by musel mít lis ve skutečnosti. V praxi by stačil lis o menší síle.

5.11 Kontrola na vzpěr

Na vzpěr se budou kontrolovat střížníky menších průměrů, aby nedošlo k vzepření a vybočení střížníku vlivem velké síly.

$$F_{krit} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_{MIN}}{l^2} \quad (5.30)$$

E – modul pružnosti v tahu [$1,85 \cdot 10^5\,MPa$]

I_{MIN} – kvadratický moment plochy [mm^4]

l – redukovaná délka prutu (v rozmezí 15 až 20mm) \Rightarrow zvoleno 15 mm

$$F_{krit} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 1,85 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 4,2^4}{64}}{15^2} = 247905\,N \quad (5.31)$$

$$F_{krit} \geq n \cdot F_{s1} \quad (5.32)$$

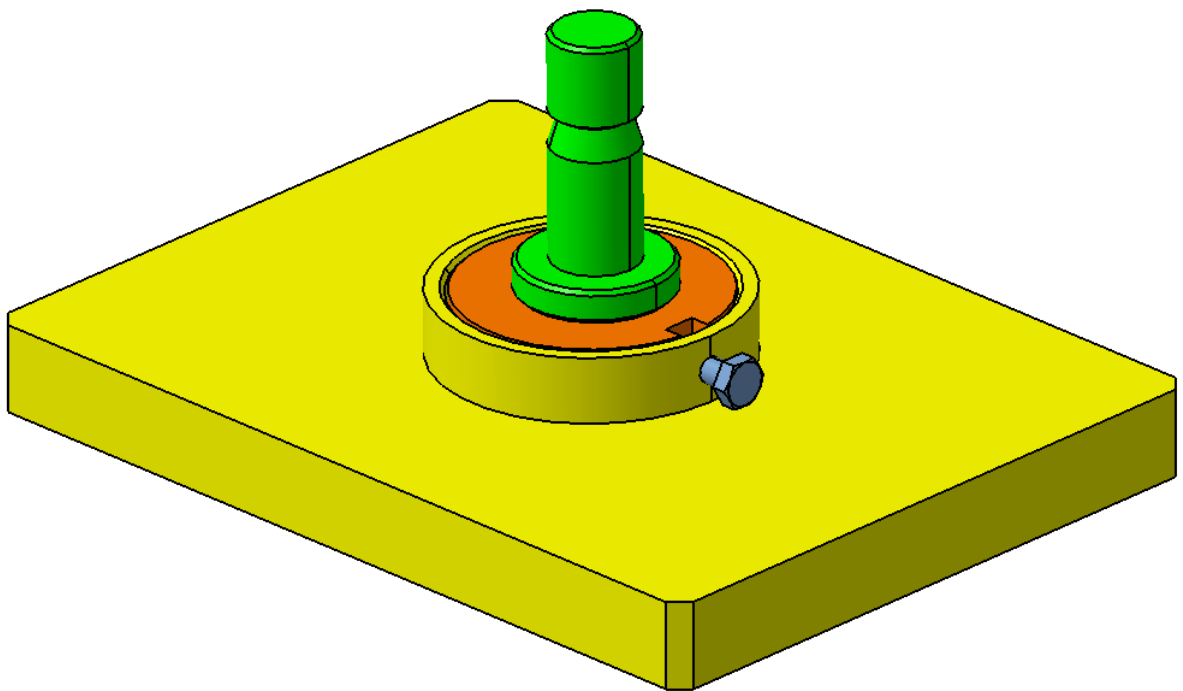
n – bezpečnost (2-3), \Rightarrow zvoleno 2

$$247\,905 \geq 2 \cdot 8103$$

$$247\,905 \geq 16\,206 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

6 PŘEHLED VYBRANÝCH SOUČÁSTÍ NÁSTROJE

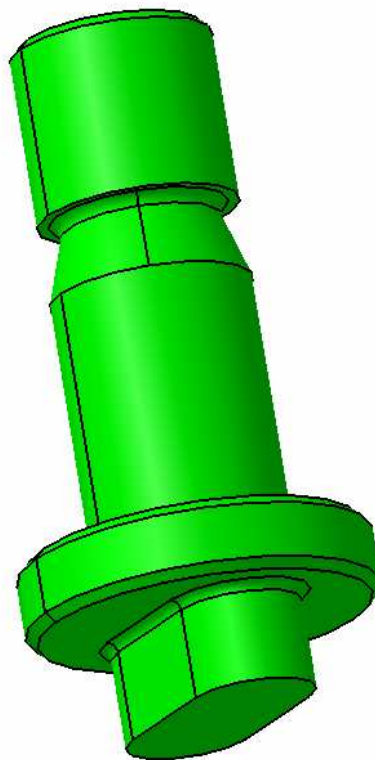
Prostříhovadlo bylo určeno pro stříhání na výstředníkovém lisu, to znamená, že nebylo nutné řešit střížný i zpětný pohyb, který zajišťuje lis. Po ekonomickém zhodnocení zda danou konsoly zhotovit pomocí postupového nástroje nebo pomocí jednoduchých nástrojů bylo rozhodnuto pro zhotovení jednoduchými nástroji vzhledem k malé zhotovované sérii.



Obr. 20 Nástroje pro vystřížení díry 26 mm x 12,7 mm

6.1 Střižník

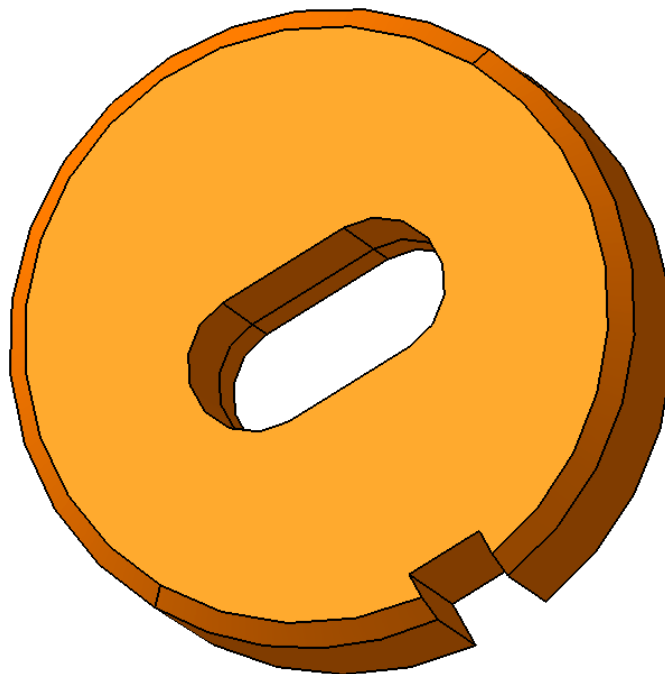
Na střižníky byl použit materiál 19 312. Jde o nízkoalokovanou ocel. Tento materiál má dobrou houževnatost a odolnost proti opotřebení. Zkonstruovaný střižník slouží k vystřihnutí díry 26 mm x 12,7 mm.



Obr. 21 Střižník

6.2 Střižnice

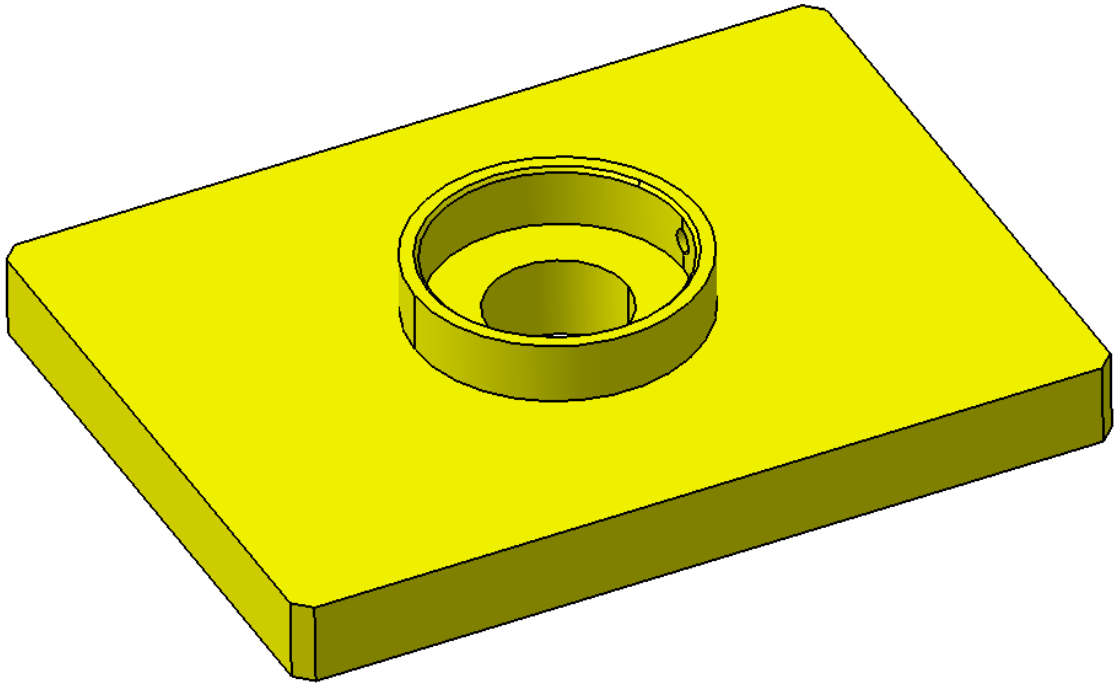
Střižnice byly vyrobeny z materiálu 19 452 – jedná se o ocel nízkolegovanou Si-Cr, ušlechtilou, nástrojovou, pro práci za studena. Ocel se střední prokalitelností v oleji, má velmi dobrou houževnatost při poměrně vysoké tvrdosti, dobrou odolnost proti dynamickému střídavému namáhání a namáhání úderem, velmi dobrou pružnost a odolnost proti opotřebení (i ve stavu tepelně nezpracovaném), je dobře tvárný za tepla a obrobitelný v žíhaném stavu. Tento materiál má malou odolnost proti korozi. Vhodný na nástroje pro stříhání za studena. Otvor střižnice je do hloubky 5 mm a poté následuje skosení o 1°.



Obr. 22 Střižnice

6.3 Kotevní deska

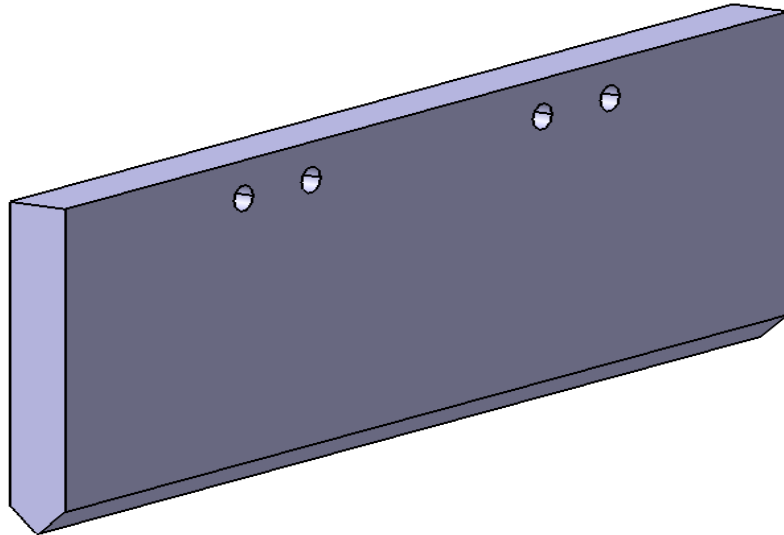
Kotevní deska byla vyrobena z materiálu 19 312. V této desce je uchycena střížnice a je univerzální, tudíž umožňuje uchycení více typů střížnic. Ve spodní desce je otvor sloužící k propadávání výstřížků.



Obr. 23 Kotevní deska

6.4 Ohybník

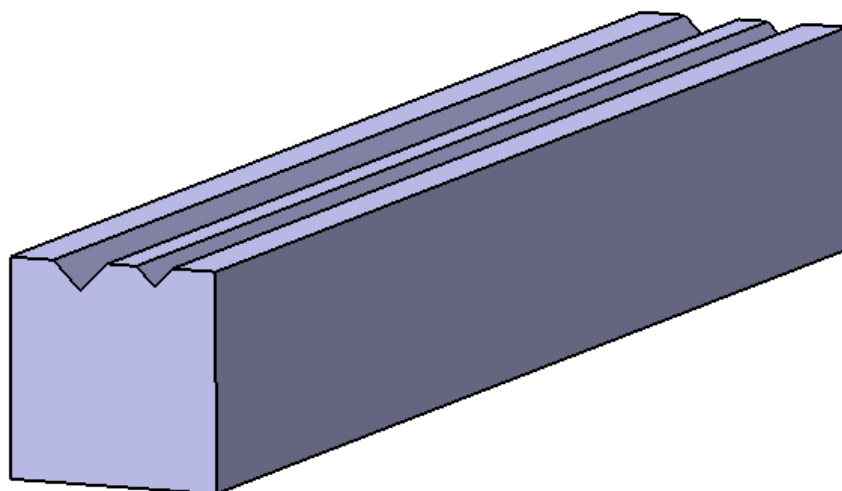
Ohybník byl vyroben z materiálu 19 436. Jde o materiál vhodný na tvarování a stříhání za studena. Má vysokou odolnost proti opotřebení, vysokou pevnost v tlaku.



Obr. 24 Ohybník

6.5 Prizma

Prizma byla vyrobena z materiálu 19 436. Pro uchycení k desce slouží 6 otvorů pro šrouby M12 umístěných na spodní stěně prizmy.



Obr. 25 Prizma

ZÁVĚR

V teoretické části byla práce zaměřena na přehled konstrukčních materiálů, především těch materiálů vhodných pro technologii stříhání a materiálů vhodných pro konstrukci jednotlivých nástrojů. V další části byly charakterizovány technologie tváření za studena. První technologií bylo stříhání, základní rozdělení dle konstrukce nožů a základní fáze této technologie. Následovalo ohýbání, jeho průběh v jednotlivých vláknech a ohýbání do základních tvarů. Po ohýbání byly v této části popsány zbylé tři technologie, kterými jsou tažení, protlačování a ražení. První dvě uvedené technologie byly popsány podrobněji, protože byly využity ke konstrukci daného výrobku.

V praktické části byla nejdříve vypracována ekonomická analýza, v které se mělo rozhodnout zda bude daná konzole vyráběna postupovým nástrojem nebo jednoduchými nástroji. Vzhledem k tomu, že byla vyráběna série čítající 500 kusů, bylo ekonomicky výhodnější zhotovit konzoly jednoduchými nástroji. V dalším kroku byl navrhnut materiál a rozměry výstřižku, tak aby splňoval co nejlépe svou funkci. Poté byl zhotoven technologický postup, ve kterém bylo určeno, že konzole se bude vyrábět ve 12 krocích. Dále následovalo určení střižné vůle, délky střižných hran, střižné, stírací a protlačovací síly. Při kontrole střižníku a střižnice a při kontrole na vzpěr bylo výpočty zjištěno, že všechny tyto součásti vyhovují a jsou tak vhodné ke konstrukci a poté do výroby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PTÁČEK, L., A kolektiv, *Nauka o materiálu II. 2.*, upravené vydání. Brno, Cerm, s r. o., akademické nakladatelství, 2002. 392 s. ISBN 80-7204-248-3.
- [2] NOVOTNÝ, J., LANGER, Z., *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*, 1., vydání. Praha, SNTL, 1980. 213 s. ISBN není
- [3] NEDBAL, R., *Maturitní témata ze strojírenské technologie*. Skripta, Zlín, 2005. 153 s. ISBN není
- [4] NEDBAL, R., *Strojírenská technologie: Pracovní sešit pro 4. ročník*. Skripta, Zlín, 2005. 75 s. ISBN není
- [5] KEJVAL, Z., *Tváření plechu I. 2.*, vydání. Praha, SNTL, 1963. 100s. ISBN není
- [6] KEJVAL, Z., *Tváření plechu II. 2.*, doplněné vydání. Praha, SNTL, 1963. 112s. ISBN není
- [7] *Polotovary vyráběné tvářením za studena* [online]., [cit. 2010-02-02]. Dostupný z WWW: <http://www.sps-ko.cz/documents/STT_obeslo/Tvareni_za_studena.pdf>.
- [8] LENFELD, P., *Technologie plošného tváření - stříhání* [online]., 26-Nov-2008 [cit. 2010-01-25]. Dostupný z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm>.
- [9] VLACH, M., *Materiál a jeho značení* [online]., [cit. 2009-08-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.ipm.cz/group/fracture/vyuka/doc/P02.ppt>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

F_s	–	<i>střížná síla [N]</i>
l	–	<i>délka střížného obvodu [mm]</i>
t	–	<i>tloušťka materiálu [mm]</i>
τ_s	–	<i>pevnost ve stříhu nebo $0,8 \cdot R_m$ [MPa]</i>
k_s	–	<i>střížný odpor [MPa]</i>
S_s	–	<i>plocha stříhu [mm²]</i>
A	–	<i>střížná práce [J]</i>
K_A	–	<i>součinitel hloubky vtlačení střížníku [mm]</i>
F_S	–	<i>střížná síla [N]</i>
P	–	<i>střížný výkon [W]</i>
t	–	<i>čas [s]</i>
F_T	–	<i>stírací síla [N]</i>
c_l	–	<i>součinitel stírání</i>
r	–	<i>vnitřní poloměr ohybu [mm]</i>
z_t	–	<i>součinitel ztenčení profilu</i>
z_r	–	<i>součinitel rozšíření profilu</i>
F_p	–	<i>síla přidržovače [N],</i>
b	–	<i>šířka polotovaru [mm],</i>
s_o	–	<i>ohybové napětí ($s_o = R_m \cdot C$) [MPa],</i>
C	–	<i>součinitel zpevnění [$C = 1,6$ až $1,8$]</i>
F	–	<i>ohýbací síla [N],</i>
F_p	–	<i>síla přidržovače [N]</i>
R_m	–	<i>mez pevnosti [MPa]</i>
F_t	–	<i>tažná síla [N]</i>

o	–	<i>obvod [mm]</i>
F_p	–	<i>protlačovací síla [N]</i>
S	–	<i>plocha průtlačníku působící na polotovar [m²]</i>
p	–	<i>protlačovací tlak [MPa]</i>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Třídění podle ČSN (tvářené oceli 41x xxx.xx)	9
Obr. 2 Podstata termoplastů a reaktoplastů a jejich zpracování	11
Obr. 3 Průběh střížné síly.....	20
Obr. 4 Stírací síla F_t	23
Obr. 5 Fáze stříhání (1., 2., 3.)	24
Obr. 6 Ohýbání trubky	26
Obr. 7 Velikost napětí v krajních vláknech ohýbaného materiálu. Deformace průřezu v místě ohybu.	27
Obr. 8 Ohýbání do tvaru V.....	29
Obr. 9 Ohýbání do tvaru U.....	30
Obr. 10 Ukázka nástrojů pro ohyb do tvaru V (vlevo) a U (vpravo).....	31
Obr. 11 Tažné nástroje bez přidržovače a s přidržovačem	32
Obr. 12 Tažníky	33
Obr. 13 Stírače	33
Obr. 14 Nástroje pro ražení.....	36
Obr. 15 Požadovaný tvar výrobku	40
Obr. 16 Ekonomická analýza.....	41
Obr. 17 Rozměry materiálu v rozvinutém stavu (bez ohybu).....	42
Obr. 18 Střížné hrany	46
Obr. 19 Obsah střížníku	49
Obr. 20 Nástroje pro vystřížení díry 26 mm x 12,7 mm.....	51
Obr. 21 Střížník.....	52
Obr. 22 Střížnice	53
Obr. 23 Kotevní deska	54
Obr. 24 Ohybník	55
Obr. 25 Prizma.....	55

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Přehled nástrojových ocelí včetně chemického složení a použití.....	14
Tab. 2 Materiály pro jednotlivé funkční části	15
Tab. 3 Vůle mezi střížníkem a střížnicí	45

SEZNAM PŘÍLOH

P I Střížník

P II Střížnice

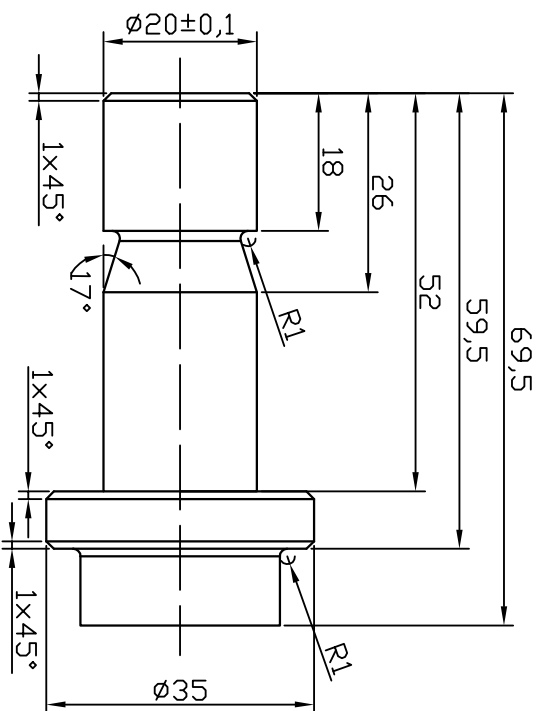
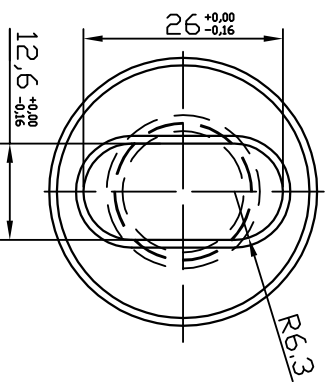
P III Kotevní deska

P IV Sestava

P V Ohybník

P VI Prizma

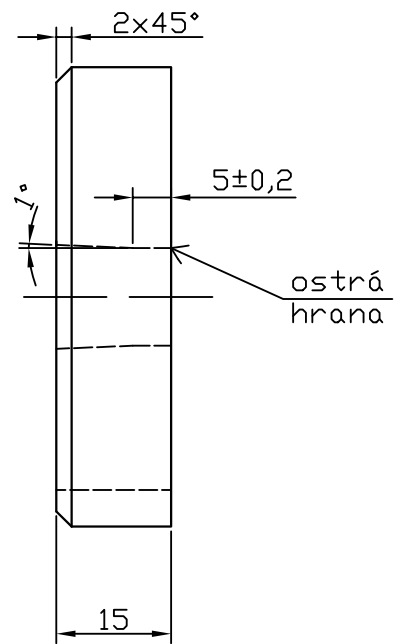
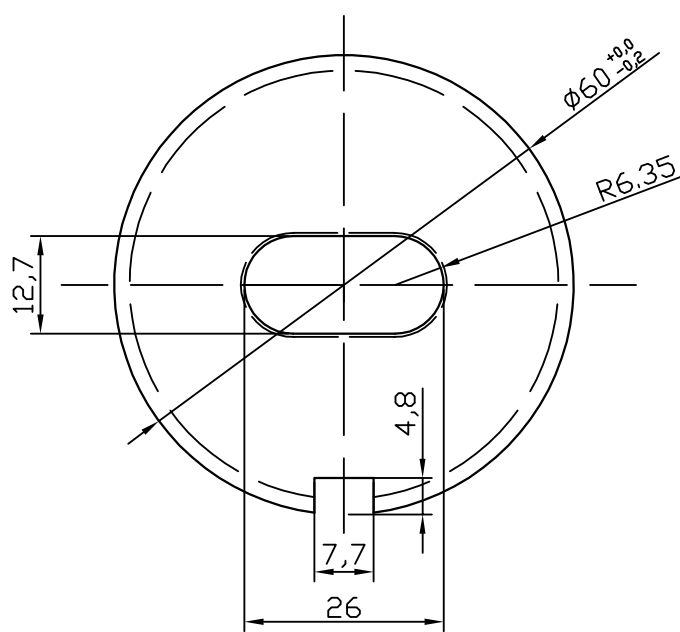
P VII CD – elektronická podoba práce



$\sqrt{Ra\ 3,2}$

kaleno 54 ...58 HRC

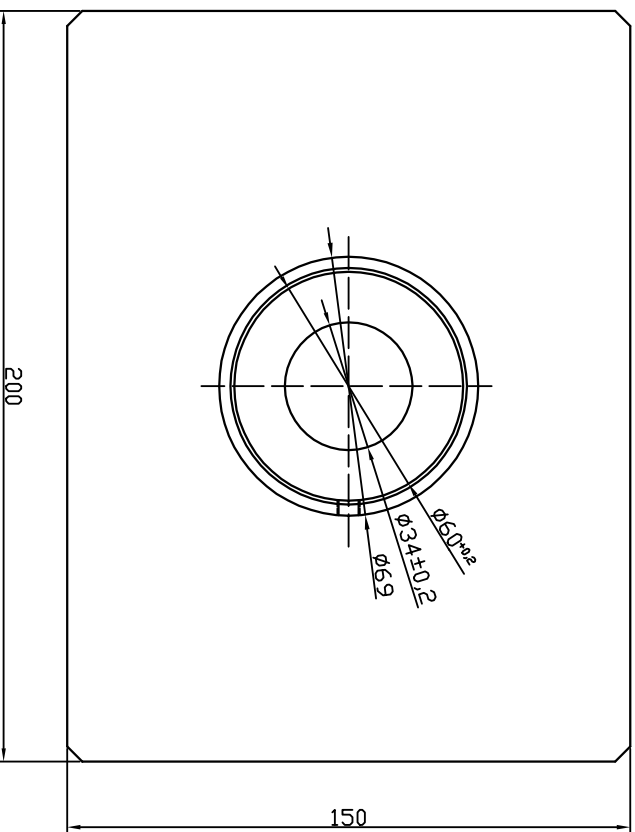
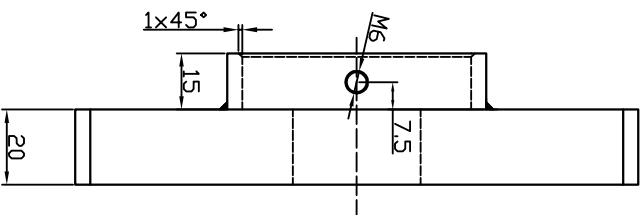
Navrh		Název	FT ÚTB ZLÍN STŘIŽNÍK
Kresil	Marek Grec		
Přezkoušel		Měřítko	1 : 1
Materiál	19 312	Čís.výkresu	
Schválil			
Datum	5. 5. 2011		



$\sqrt{Ra\ 3,2}$

kaleno 60 ...63 HRC

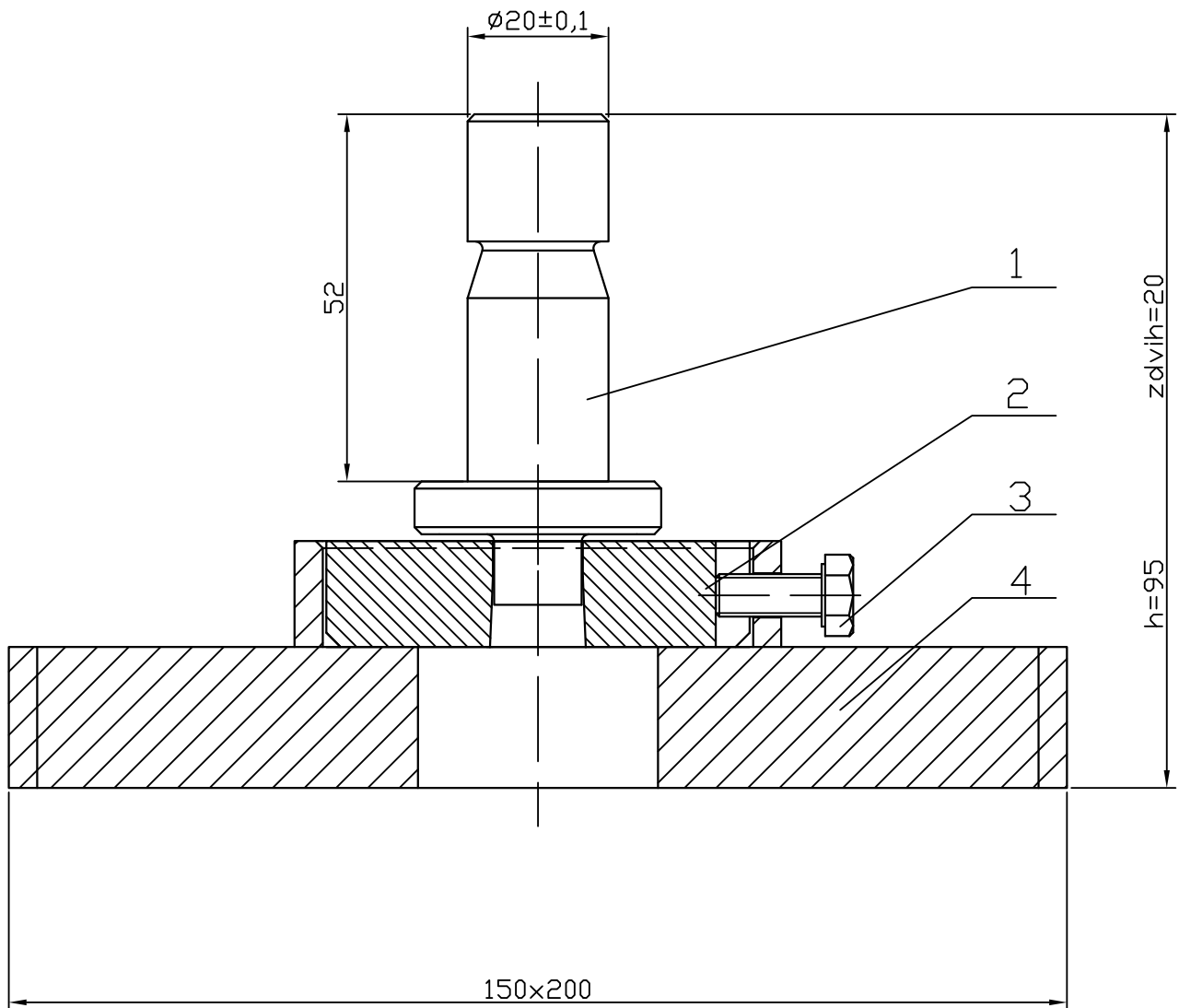
		FT UTB ZLÍN		
Navrhl		STŘIŽNICE		
Kreslil	Marek Grec			Název
Přezkoušel				Čís.výkresu
Měřítko	1 : 1			
Materiál	19 452			
Schválil				
Datum	5. 5. 2011		List	



$\sqrt{\text{Ra } 6,3}$

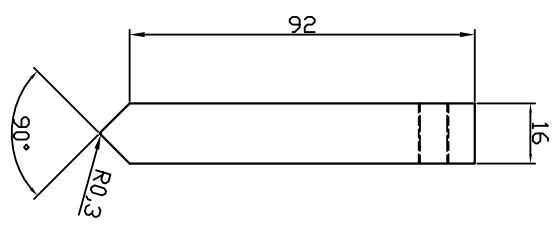
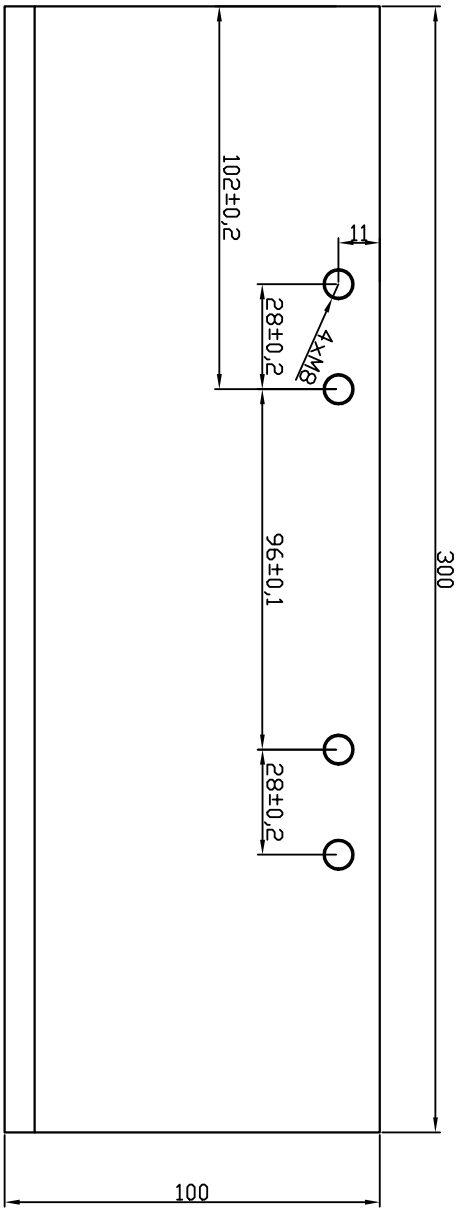
kaleno 54 ...58 HRC, nekótované hrany 4x45°

Navrhl		Název FT UTB ZLÍN KOTEVNÍ DESKA Čís.výkresu
Kreslil	Marek Grec	
Přezkoušel		
Měřítko	1 : 2	
Materiál	19 312	
Schválil		
Datum	5. 5. 2011	



4	KOTEVNÍ DESKA	19 312	1
3	ŠROUB M6x15		1
2	STŘIŽNICE	19 452	1
1	STŘIŽNÍK	19 312	1
ODKAZ	NÁZEV	MATERIÁL	KUSŮ

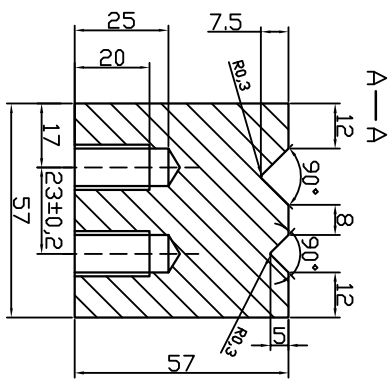
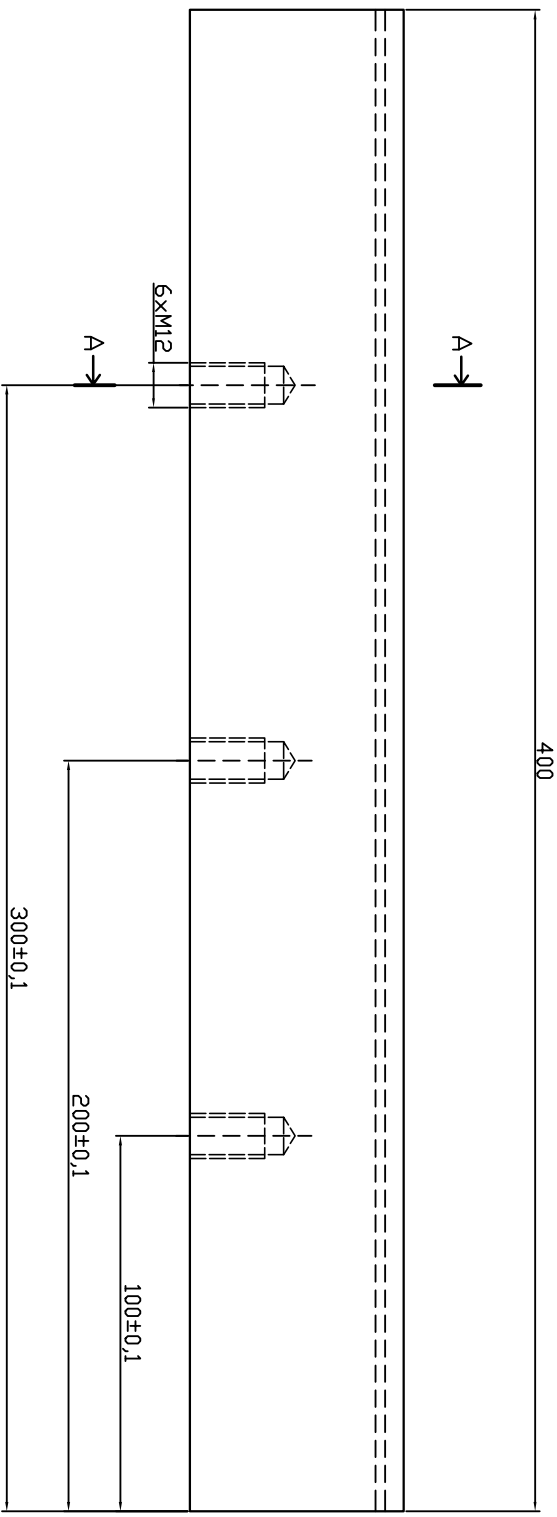
Navrhl		FT UTB ZLÍN SESTAVA		
Kreslil	Marek Grec			Název
Přezkoušel				Čís.výkresu
Měřítko	1 : 1			
Materiál				
Schválil				
Datum	5. 5. 2011		List	



$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$

kaleno 60 ...63 HRC

Navrh		Název	FT UTB ZLÍN
Kreslil	Marek Grec		
Přezkoušel			DHYBNÍK
Měřítko	1 : 2		
Material	19 436		
Schválil			Čís.výkresu
Datum	5. 5. 2011		



$\sqrt{Ra\ 3,2}$

kaleno 60 ...63 HRC

FT UTB ZLÍN	
Název	PRIZMA
Návrh	Marek Grec
Kreslil	
Přezkoušel	
Měřítko	1 : 2
Material	19 436
Schválil	
Datum	5. 5. 2011
Čís.výkresu	

