

Vývoj technologie tváření na číslicově řízeném stroji

Tomáš Juřík

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Tomáš JURÍK

Osobní číslo: T10095

Studijní program: B3909 Procesní inženýrství

Studijní obor: Technologická zařízení

Forma studia: kombinovaná

Téma práce: Vývoj technologie tváření na číslicově řízeném stroji

Zásady pro vypracování:

- 1) Provedte studium technologie tváření**
- 2) Hodnoťte metody programování NC strojů**
- 3) Stanovte technologii výroby tvářených dílů na NC stroji**
- 4) Uvedte ekonomický přínos řešení**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1)Kocman, K.: **Technologie obrábění**. CERM Brno. 2011. ISBN 80-214-3068-0

2)Lukovics, I.: **Konstrukční materiály a technologie**. VUT Brno. 1990. ISBN 80-214-0399-3

3)Neslušán, M. aj.: **Experimentálne metódy v trieskovom obrábání**. EDIS Žilina. 2007. ISBN 978-8070-711-8

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Imrich Lukovics, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

10. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

ředitel ústavu

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 užit 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 24.4.2013

.....


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 nevdělečně 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 vzdělávacímu 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

Bakalářská práce se zabývá technologiemi plošného tváření jak klasickým způsobem, tak i modernější metodou pomocí CNC strojů.

Skládá se ze dvou hlavních částí.

Teoretická část práce se zaměřuje na teorii plošného tváření.

Praktická část se soustřeďuje na NC a CNC tvářecí stroje a jejich programování. Na konkrétním výrobku je zde ukázáno, jak celý proces od začátku do konce probíhá, a také je zde zhodnocena ekonomická stránka oproti klasickému způsobu tváření.

Klíčová slova: tváření, technologie, CNC (číslicové řízení pomocí počítače)

ABSTRACT

This thesis deals with sheet metal forming technology to the traditional way, as well as more modern method using CNC machines.

It consists of two main parts.

The theoretical part of the thesis focuses on the theory of sheet metal forming.

The practical part focuses on NC and CNC machine tools and their programming. The specific product is shown here how the whole process from beginning to end and is also the economic side are evaluated in comparison to the traditional way of forming.

Keywords: forming, technology, CNC (computer numerical control)

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat za odborné vedení panu prof. Ing. Imrichu Lukovicsovi, CSc. Dále děkuji firmě TRUMPF Praha, spol. s r.o. za poskytnuté materiály, konzultace a cenné rady v oblasti moderní technologie zpracování plechu. Děkuji za vstřícnost v zaměstnání ve firmě AŽD Praha, spol. s r.o. jmenovitě mému nadřízenému panu Ing. Josefu Štěpánkovi. Poděkování patří také mé manželce Ing. Květoslavě Juřík Kellnerové za podporu a rady při studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TVÁŘENÍ	12
1.1 ROZDĚLENÍ TVÁŘENÍ.....	12
1.2 STŘÍHÁNÍ.....	13
1.2.1 Rozdělení stříhání.....	14
1.2.2 Princip stříhání	16
1.2.3 Prosté stříhání.....	17
1.2.3.1 Stříhání rovnoběžnými noži.....	17
1.2.3.2 Stříhání šikmými noži.....	19
1.2.3.3 Stříhání kotoučovými noži.....	20
1.2.3.4 Stříhání noži na profily a tyče.....	21
1.2.4 Stříhání na stříhadlech.....	22
1.2.4.1 Jednoduché střížné nástroje	24
1.2.4.2 Postupové střížné nástroje	25
1.2.4.3 Sloučené a sdružené nástroje:.....	26
1.2.5 Přesné stříhání	27
1.2.5.1 Přistřihování.....	27
1.2.5.2 Stříhání se zaoblenou hranou.....	28
1.2.5.3 Kalibrování	29
1.2.5.4 Stříhání s nátláčnou hranou.....	30
1.3 OHÝBÁNÍ.....	31
1.3.1 Rozvinutá délka.....	33
1.3.2 Odpružení	34
1.3.3 Technologičnost při ohýbání.....	36
1.3.4 Rozdělení ohýbání podle typu stroje.....	37
1.3.5 Rozdělení ohýbání podle technologického způsobu výroby.....	38
1.3.6 Ohýbací nástroje.....	40
2 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
3 O FIRMĚ AŽD	43
3.1 FIRMA AŽD PRAHA, S.R.O.	43
3.2 STROJOVÝ PARK AŽD	44
3.2.1 Stroje ke stříhání plechu.....	44
3.2.2 Stroje k ohýbání plechu.....	44
4 ZADÁNÍ VÝROBKU	46
4.1 VÝKRES VÝROBKU	46
4.2 3D MODEL VÝROBKU.....	47

5	ZPRACOVÁNÍ STARŠÍ KLASICKOU TECHNOLOGIÍ.....	48
5.1	TECHNOLOGICKÝ POSTUP.....	48
5.2	ROZBOR TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU.....	49
6	ZPRACOVÁNÍ CNC TECHNOLOGIÍ.....	50
6.1	PROGRAMOVÁNÍ STROJŮ	50
6.1.1	Práce v TruTops Unfold.....	50
6.1.2	Práce v TruTops	52
6.2	TECHNOLOGICKÝ POSTUP.....	57
6.3	ROZBOR TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU.....	57
7	POROVNÁNÍ STARŠÍ KLASICKÉ TECHNOLOGIE A MODERNÍ CNC TECHNOLOGIE.....	58
7.1	EKONOMICKÁ STRÁNKA	58
7.2	ČASOVÉ ÚSPORY	59
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	63
	SEZNAM OBRÁZKŮ	64
	SEZNAM TABULEK.....	66

ÚVOD

Technologie je jedním z technických oborů, který aplikuje poznatky zejména z vědního oboru fyziky, matematiky a chemie při zavádění, zdokonalování a využívání výrobních postupů. Vývoj technologie je úzce spjat s vývojem poznání vědy a techniky. Kvalita aplikované technologie dominantním způsobem ovlivňuje nejen užité vlastnosti hotového výrobku, ale i ekonomiku výrobku [4].

V současné době je tváření kovů jeden z nejproduktivnějších oborů technologie, bez kterého si už nejde představit sériovou ani hromadnou průmyslovou výrobu.

Na počátku 50. let minulého století byly vyvinuty první číslicově řízené stroje označovány jako NC (numerical control). S myšlenkou číslicově řízených obráběcích strojů přišlo na konci 2. světové války USA. Do té doby se tvarově složitě součásti vyráběly kopírováním pracně zhotoveného modelu.

Přibližně o třicet let později kolem roku 1970 byly vyvinuty CNC stroje (computer numerical control), které jsou řízeny vlastním počítačem, jenž řídí výrobní proces. Na obrazovce počítače stroje můžeme vidět grafickou simulaci, díky které můžete vizuálně zkontrolovat program před samotným obráběním, popřípadě jej může obsluha stroje pomocí klávesnice upravit.

Dnes jsou téměř všechny tvářecí i obráběcí stroje vyráběny jako CNC, ty nejjednodušší můžou být v provedení NC.

Bakalářská práce bude zaměřena na teorii plošného tváření (převážně stříhání, děrování, ohýbání) a celkové porovnání CNC a klasické metody tváření.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TVÁŘENÍ

Tváření je technologický proces zpracování materiálu, při kterém dochází ke změně jeho tvaru bez porušení. Při tváření kovů je nutno překročit mez pružnosti, ale nesmí být překročena mez pevnosti. Ke tváření jsou vhodné tvárné materiály, t. j. takové materiály, které mají tyto meze od sebe dostatečně vzdálené [14].

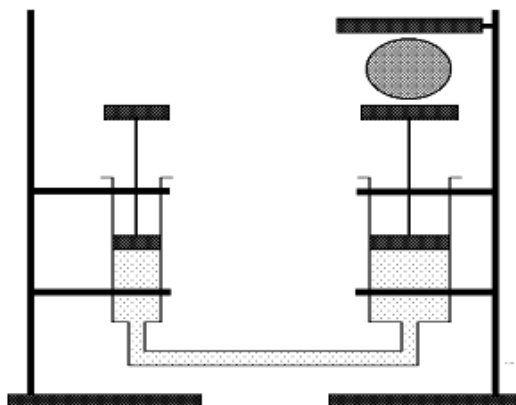
Tato metoda je velice hospodárná, produktivní a má velkou perspektivu. Vzniklé výrobky jsou pevné, lehké a přesné, takže jsou vyměnitelné, čímž vyhovují požadavkům současné výroby. Co se týče využití materiálu ve srovnání například s obráběním, je v procentuálním množství odpadu u tváření markantní rozdíl. Zatímco u obrábění odpadá až 40% materiálu, při tváření je to pouhých 5 až 10 %. Z toho vyplývá, že technologie tváření je velice efektivní. Výkonnost tvářecích strojů je výborná zejména proto, že lze výrobní pochody velmi dobře mechanizovat a automatizovat. Pro představu jeden stroj tvářecí dokáže nahradit až čtyři stroje obráběcí a tím se podstatně snižují výrobní náklady. Z výše uvedeného vyplývá, že pokud lze výrobek zhotovit obráběním i tvářením, upřednostníme tváření. U výrobků, které lze jen částečně tvářet, se v praxi někdy tyto dva technologické procesy kombinují, aby se výroba zefektivnila a zlevnila.

1.1 Rozdělení tváření

Podle charakteru tvářecích sil

Princip tváření spočívá v trvalém přemístování částic hmoty za působení:

- Klidných neboli statických sil. Takovéto tváření můžeme vidět zejména u válcování a lisování. Nejčastější stroje při použití způsobu tváření statickými silami jsou lisы (mechanické, hydraulické, pneumatické, klikové, vřetenové, výstředníkové).
- Rázů neboli dynamických sil. Tento princip můžeme vidět u kování, nýtování apod. Nejpoužívanější stroje jsou buchary (mechanické, pneumatické, hydraulické).



Obrázek 1: Princip hydraulického lisu [11]

Podle zpracovací teploty

- Při tváření za tepla se materiál zahřeje na teplotu tváření, přičemž dojde ke zmenšení jeho pevnosti a zároveň se zlepšuje jeho tvárnost. Každým ohřevem dochází k přeměně ohřívaného povrchu materiálu na oxidy. Z oxidovaného povrchu materiálu se odlupují šupiny, kterým říkáme okuje. Tyto ztráty se nazývají ztráty opalem a jsou cca 3 % celkové hmotnosti při jednom ohřevu.
- U tváření kovů za studena dochází naopak ke zpevňování. Velikost zpevnění roste se stupněm přetváření. Zvětšuje se pevnost a tvrdost materiálu, ale zároveň se zmenšuje jeho houževnatost. Zpracování není v celém průřezu zcela rovnoměrné, vznikají nebezpečná vnitřní pnutí, která mohou porušit materiál.

Podle geometrických charakteristik

- U plošného tváření převládá deformace ve dvou směrech. Řadíme sem stříhání, tažení, ohýbání, atd.
- Při objemovém tváření nastává deformace ve směru všech tří os souřadnicového systému. Dělíme je na kování, protlačování, válcování, tažení.

1.2 Stříhání

Stříhání je technologický proces, při kterém se materiál odděluje smykovým namáháním, vyvolaným střížnými hranami nástroje. Oddělování se děje postupně nebo současně podél čáry stříhu [2].

Stříhání je jediná tvářecí operace, u které chceme záměrně porušit materiál, a proto při výpočtu tvářecích použijeme meze pevnosti místo meze kluzu.

Stříhání je nejrozšířenější operací tváření a v průmyslové výrobě má hned několik využití. Mezi ty nejčastější patří příprava polotovarů jako je stříhání tabulí, svitků plechů, profilů, vývalků, atd., dále vystřihování součástek z plechu buď na hotovo, nebo pro další technologické operace nejčastěji ohýbání, protlačování, tažení, aj. a také na dokončovací nebo pomocné operace.

1.2.1 Rozdělení stříhání

V zásadě dělíme stříhání do tří skupin:

a) podle typu operace (viz Tabulka 1):

- prosté stříhání,
- děrování,
- vystřihování,
- ostřihování,
- přistřihování,
- nastřihování,
- prostřihování,
- protrhávání,


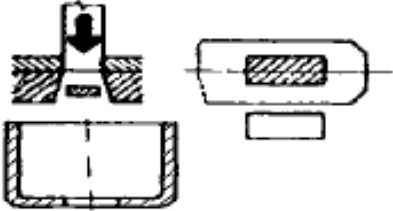
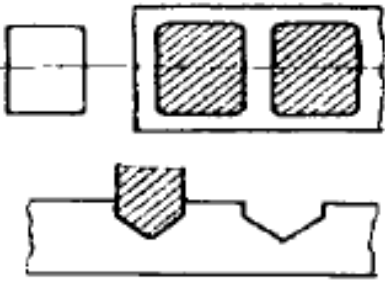
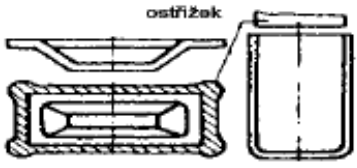
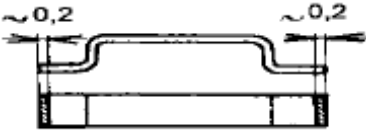
b) podle konstrukce nožů:

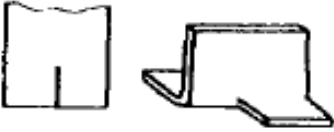

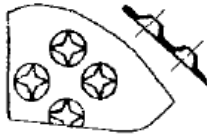
- rovnoběžnými noži,
- skloněnými noži,
- kotoučovými noži,
- noži na profily a tyče,

c) podle teploty procesu:

- za studena (pro měkčí oceli do pevnosti 400MPa nebo plechy),
- za tepla (pro tvrdší a tlustší materiály při teplotě cca 700 °C).

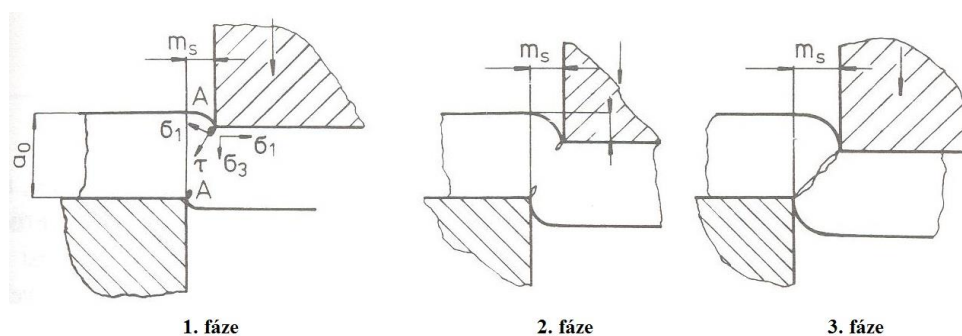
Tabulka 1: Základní operace při stříhání dle ČSN 22 60 01 [2]

ZÁKLADNÍ OPERACE PŘI STŘÍHÁNÍ			
Název práce	Charakteristika operace	Obrázek	Nástroj
Prosté stříhání	Dělení materiálu, např. tabulí, tyčí, pásů		Nůžky, stříhadlo
Děrování	Vytváření děr různých tvarů. Vystřižená část tvoří odpad		Děrovadlo
Vystřihování	a) Zhotovení výstřižků různého tvaru oddělením od materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřižená část tvoří výstřižek b) Oddělování částí v okraji materiálu. Vystřižená část tvoří odpad		Stříhadlo
Ostřihování	Oddělování přebytečného materiálu z výtažků, protlačků, výstřižků, výkovků apod.		Stříhadlo
Přistřihování	Dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch		Stříhadlo

Nastřihování	Částečné nastřihnutí materiálu v okraji tak, že není úplně oddělen		Střihadlo
Prostřihování	Částečné nastřihnutí materiálu v libovolném tvaru uvnitř výstřižku		Střihadlo
Protrhávání	Protržení materiálu pro vytváření hrotů, děr, výstupků.		Protrhávadlo

1.2.2 Princip stříhání

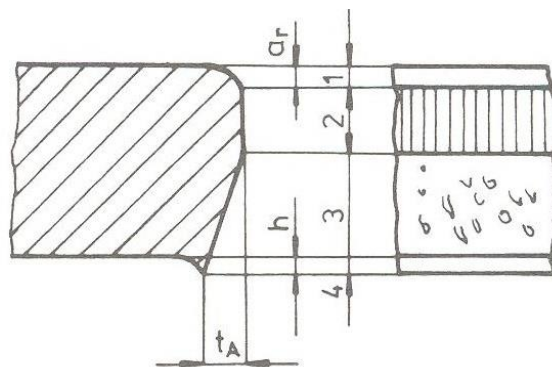
Princip stříhání, které probíhá ve třech fázích, si můžeme demonstrovat na obrázku 2. **První fázi** je oblast pružných deformací, kde se materiál stlačuje, ohýbá a vtlačuje do otvoru střižnice. **Druhá fáze** je oblast plastických deformací. Dochází ke vtlačování střižníku do plechu, který se z druhé strany vtlačuje do otvoru střižnice. Důsledkem tohoto dochází v místě hran střižníku a střižnice k překračování meze kluzu a napětí se blíží mezi pevnosti. Ve **třetí fázi** vznikají na hranách trhlinky, které se dále rozšiřují, až dojde k utržení (usmýknutí) materiálu.



Obrázek 2: Fáze střížného procesu [3]

K oddělení výstřížku dochází dříve, než projde střížník celou tloušťkou stříhaného materiálu a poté je výstřížek střížníkem vytlačen. Proto dochází na střížné ploše ke vzniku drsnosti, která není po celé ploše rovnoměrně rozdělená, a také okraje stříhových ploch nejsou zcela rovinné.

Místa, kde došlo k prvnímu výskytu trhlin, jsou drsnější než ostatní střížné plochy. Oddělení však nenastane přesně v žádané rovině a to proto, že materiál je elastický, tvárný a napětí způsobuje tlak nožů na celé ploše – podle toho rozeznáváme na odstříhnuté ploše různá deformační pásma [12].



Obrázek 3: Deformační pásma při stříhání [3]

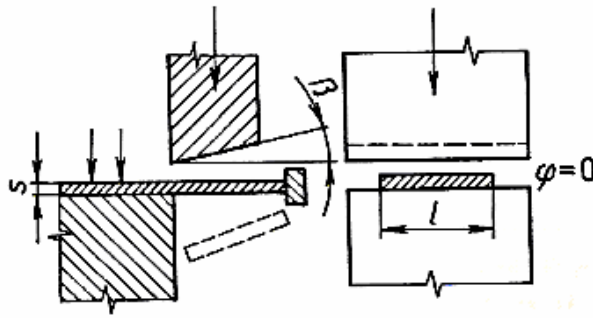
- Popisky:
- 1 – pásmo zaoblení (elastická deformace),
 - 2 – pásmo utržení,
 - 3 – pásmo smyku (plastické deformace),
 - 4 - pásmo odtlačení.

1.2.3 Prosté stříhání

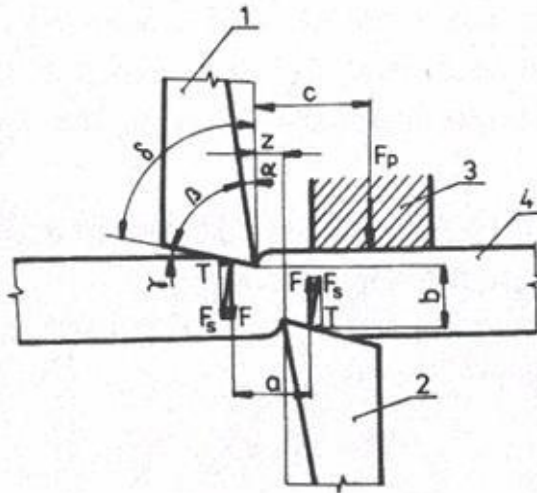
Jedná se o dělení materiálu rovnoběžnými noži, skloněnými noži nebo kotouči. Čára stříhu je otevřená.

1.2.3.1 Stříhání rovnoběžnými noži

Při stříhání rovnoběžnými noži jsou nože rovnoběžné mezi sebou, tak i s plochou stříhaného materiálu.



Obrázek 4: Stříhání rovnoběžnými noži [10]



Obrázek 5: Princip a silové působení u stříhu s rovnoběžnými noži [12]

- Popisky:
- 1 – horní pohyblivý nůž,
 - 2 – dolní pevný nůž,
 - 3 – přidržovač,
 - 4 – stříhaný materiál.

Protože jsou střížník a střížnice odsazeny o velikost mezery, střížné síly nepůsobí v jedné rovině. Ve skutečnosti se střížná síla F_s se rozkládá na složku třecí (T) a normálovou (F). Toto zapříčiňuje vznik nežádoucích ohybových momentů. Moment $M_p = F \cdot a$ [Nm], který vzniká při stříhání, se snaží materiál natáčet. Tomu je možné předejít přidáním přidržovače. Klopný moment $M_T = T \cdot b$ [Nm] je možné zmenšit, když zvětšíme úhel čela γ . Potřebnou sílu přidržovače určíme ze vztahu $F \cdot a = F_p \cdot c \rightarrow F_p = (F \cdot a)/c$ [N], kde $a = (1,5 \div 2) \cdot z$ [mm]. Vůle mezi noži z se volí 2-10% tloušťky stříhaného plechu.

Nože jsou namáhány na ohyb složkou síly T proto, že se je snaží od sebe oddalovat a nastává nebezpečí zlomení. Potřebnou střížnou sílu pak určíme ze vztahu:

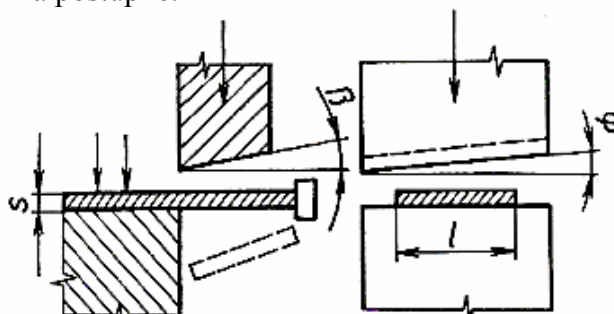
$$F_s = (1,1 \div 1,3) \cdot O \cdot s \cdot \tau_s \text{ [N]}$$

kde s ...tloušťka plechu [mm],
 O ...střížný obvod [mm],
 τ_s ...napětí ve smyku, stříhová pevnost - $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ [MPa],
 S ...plocha průřezu ve střížné rovině - $S = O \cdot s$ [mm²].

Protože napětí ve smyku, neboli stříhová pevnost, je hodnota závislá od poměrného vtlačení nože do materiálu, vzorec nebude platit v plném rozsahu střížného procesu, ale střížná síla se bude měnit od nuly po určité maximum a zpět na nulu, což závisí samozřejmě na tloušťce materiálu, méně na střížné mezeře. Při skutečném stříhání nevzniká čistý smyk, ale kombinované namáhání, nože se otupují, proto se skutečná střížná síla zvýší o 10 až 30 %. Střížná práce se bude rovnat ploše pod křivkou a je závislá na střížné mezeře [12].

1.2.3.2 Stříhání šikmými noži

Při stříhání šikmými, neboli skloněnými noži, spolu nože svírají určitý úhel φ , a proto se materiál stříhá postupně.



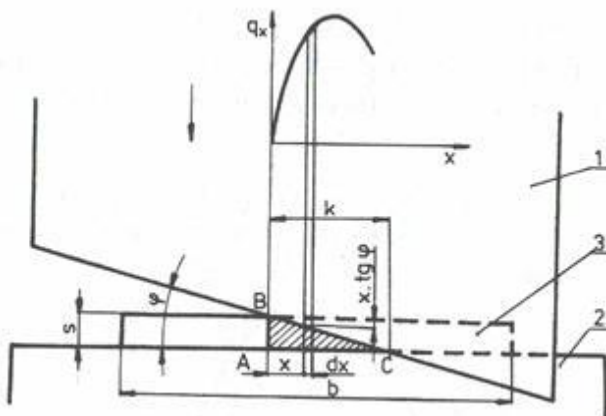
Obrázek 6: Stříhání šikmými noži [10]

Střížná síla se vypočítá ze vzorce vztahujícího se na plochu trojúhelníku ve tvaru:

$$F_s = (1,1 \div 1,3) \cdot s \cdot b \cdot \tau_s = (1,1 \div 1,3) \cdot s^2 \cdot \tau_s / \operatorname{tg} \varphi \text{ [N]}$$

kde s ...tloušťka plechu [mm],
 b ...délka stříhu - $b = a / \operatorname{tg} \varphi$ [mm],
 φ ...úhel stříhu, úhel sklonu nožů (2 až 6° pro tabulové nůžky, 7 až 20° pro pákové nůžky),
 τ_s ...napětí ve smyku - $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ [MPa].

Vypočítaná síla zůstává konstantní, když nastane záběr nože v celé tloušťce. Velikost střížné síly začne klesat, když nože odchází ze záběru a nakonec klesne na nulu. Při porovnání střížné síly a velikosti práce při stříhání rovnými a šikmými noži je jasně patrné, že stříhání se šikmými noži je výhodnější, neboť pro stejnou tloušťku plechu a délku stříhu je potřeba mnohem menší síla, než u rovných nožů, ale na druhé straně budeme stříhat po delší dráze. Zmenšení střížné síly podstatně zmenšuje rázy [12].

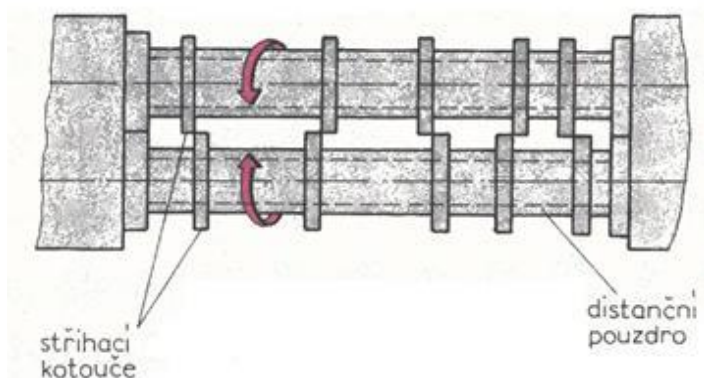


Obrázek 7: Stříhání skloněnými, šikmými, noži [12]

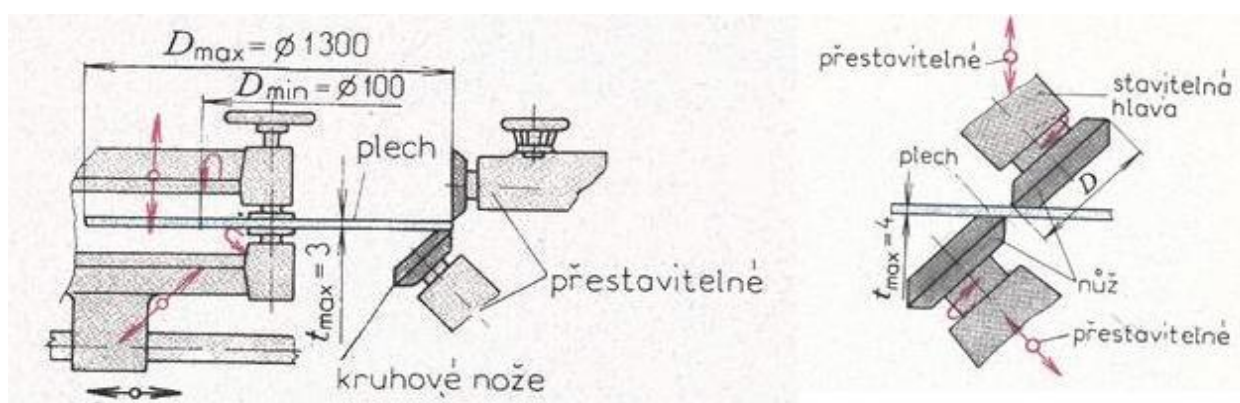
Popisky: 1 – horní pohyblivý nůž,
2 – dolní pevný nůž,
3 – stříhaný materiál

1.2.3.3 Stříhání kotoučovými noži

Na stříhání dlouhých pásů podélně užíváme kotoučové nůžky. Jedná se o střížný nástroj s odvalujícími se noži. Použití kruhových nožů prodlužuje čas stříhu, ale snižuje rázy při stříhání. Sklon řezné hrany se mění od nejvyšší hodnoty v místě záběru do nuly. Kombinace dvojkuželového a válcového nože je určena pro stříh zakřivených tvarů, s výhodou skloněných os nástrojů. Na křivkové stříhání je potřeba zvolit průměr nožů co nejmenší. To umožňuje konstrukci nůžek s dlouhými rameny nesoucími kotouče, a tím i snadnou manipulaci se stříhaným materiálem. Speciálním nástrojem jsou kmitací nůžky. Slouží k ostříhování výlisků a k vystříhování drážek a děr. Maximální tloušťka materiálu je kolem 10 mm [12].



Obrázek 8: Kotoučové nůžky při stříhání pás [12]

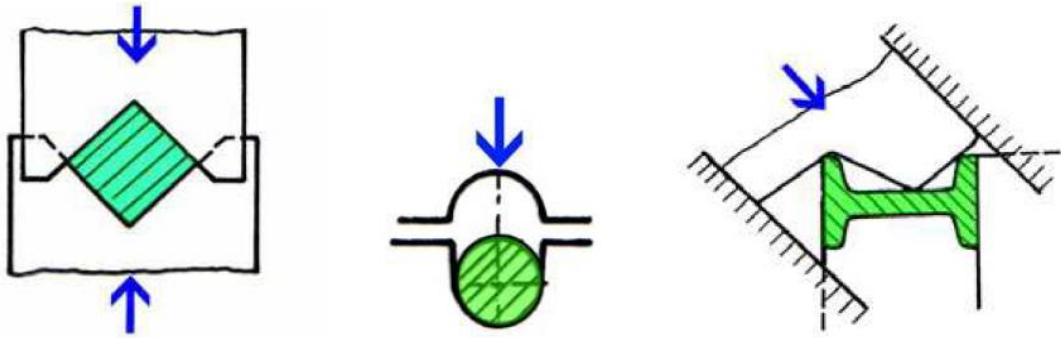


Obrázek 9: Křivkové nůžky s různým uspořádáním nožů [12]

1.2.3.4 Stříhání tvarovými noži

Používá se na stříhání profilového materiálu nejčastěji čtvercového a kruhového průřezu nebo profilů atd.

Zatímco příčný průřez funkčních částí nástrojů zůstává ve všech případech zhruba beze změny, mění se podélný tvar podle účelu stříhu. Při stříhání jakéhokoliv profilového materiálu platí zásada, aby přestřihovaná tloušťka v každém okamžiku byla téměř stále stejná. Této zásadě se potom přizpůsobuje obrys pohyblivého nože. Při šikmém posuvu pohyblivé části nástroje se docílí rovnoměrnějšího průběhu střížné síly v závislosti na zdvihu než kdyby se volil pohyb nože podle některé z os průřezu. Při stříhání trubek, při jejich pokud možno minimálním zdeformování, má pohyblivá část nástroje tvar oblouků zakončených špičkou. Zašpičatělá část nejprve trubku propíchne, boky potom trubku stříhají tak, že výslednice sil na břitu směřuje kolmo vůči směru nejvyšší tuhosti. Střížná mezera není rovněž po celé délce stejná, od krajů směrem ke středu roste [12].



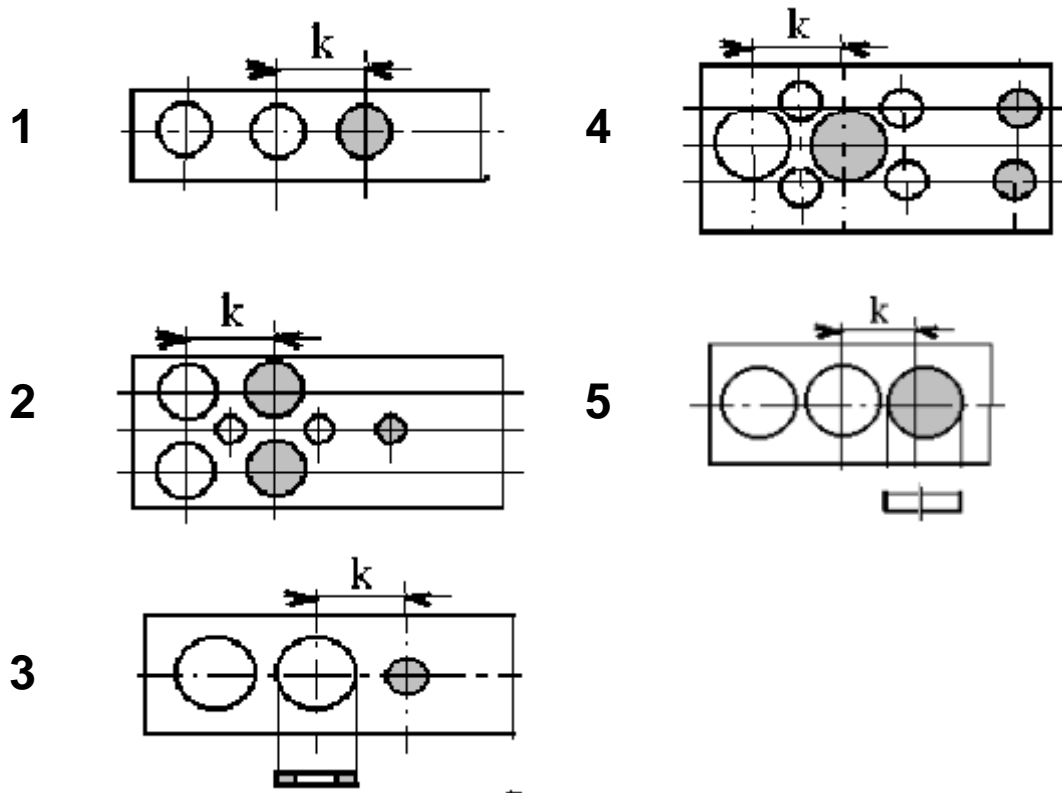
Obrázek 10: Stříhání čtvercového, kruhového a profilového materiálu [8]

1.2.4 Stříhání na stříhadlech

Nástroje pro stříhání, stříhadla, jsou nástroje, kdy funkci horního pohyblivého nože vykonává střížník a funkci spodního pevného nože střížnice. Můžeme je rozdělit podle počtu operací na jednoduché, postupové, sloučené, sdružené, sdružené postupové, podle základní práce na stříhací, ohýbací, tahací, atd. a podle počtu výrobků na jednonásobné a vícenásobné. V následujícím textu se budeme věnovat rozdělení podle počtu operací [12].

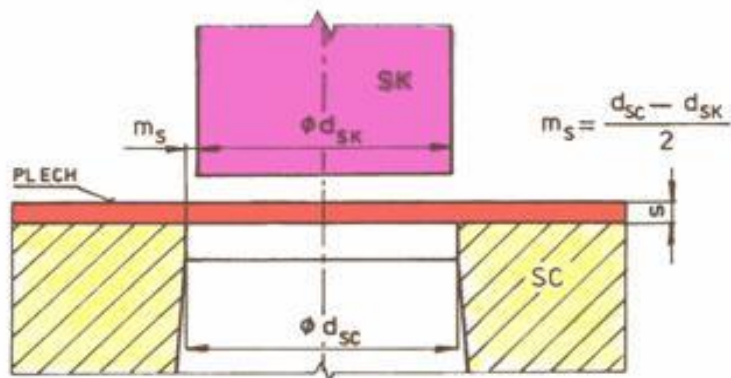
Tabulka 2: Rozdělení stříhacích operací [2]

č.	nástroj	vykoná na 1 zdvih							
		1 operace	více operací					součástí	
			totož.	téhož druhu	různého druhu	(bez posuvu)	s posuvem	hotov.	rozprac.
1	jednoduchý	X						1	0
2	víceřadý		X			X		více	0
3	postupový			X			X	1	více
4	sloučený			X		X		více	0
5	sdružený				X	X		1	0



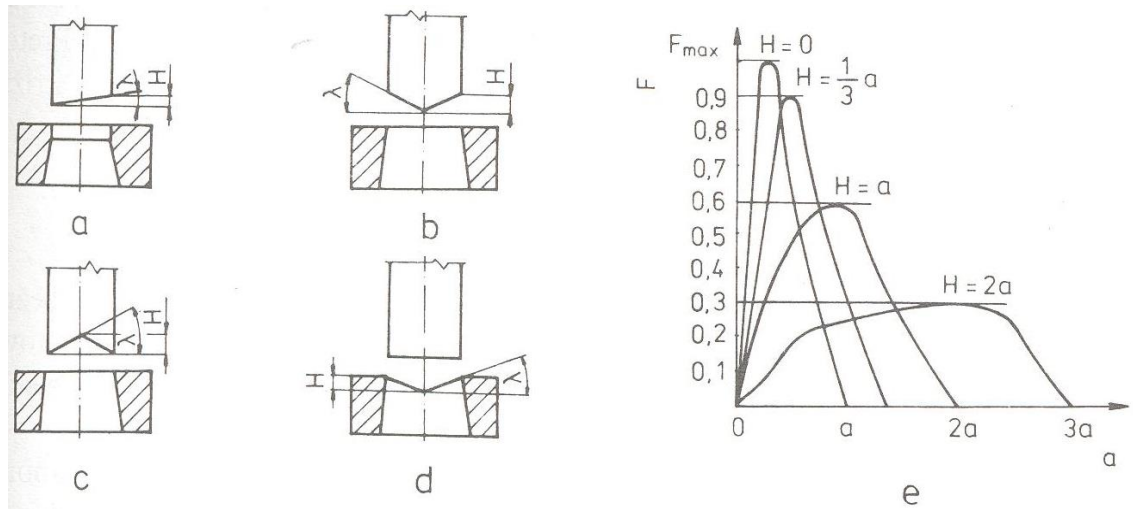
Obrázek 11: Vizuální rozdělení stříhacích operací [2]
Navazuje na tabulku 2.

Mezi střížníkem a střížnicí je střížná vůle, respektive střížná mezera m_s , bez které (mimo zvláštní úpravy) nelze postavit nástroj, aniž by hrozilo nebezpečí havárie. Abychom docílili kvalitního výstřížku, musíme zvolit optimální vůli mezi střížníkem a střížnicí. Podle tloušťky a pevnosti materiálu (s rostoucí pevností se vůle zvětšuje), se volí jednostranná vůle od 3 do 10 % tloušťky plechu.

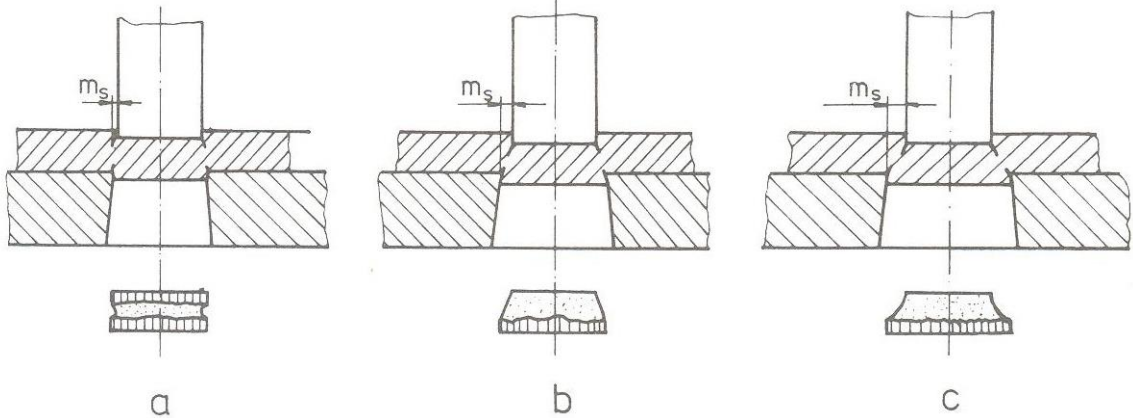


Obrázek 12: Schéma stříhání pomocí střížného nástroje [12]

Popisky: SK – střížník,
SC – střížnice.



Obrázek 13: Vliv zkosení střížníku a střížnice na velikost a průběh střížné síly při vystřihování a děrování [3]

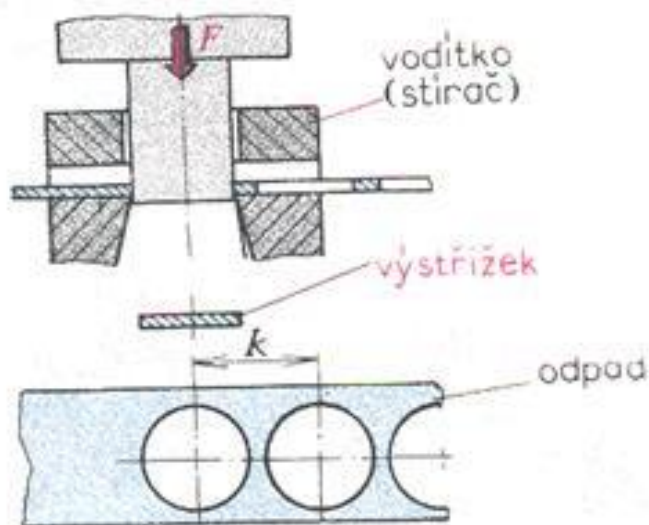


Obrázek 14: Vliv střížné mezery na tvar střížné plochy [3]

Popisky: a-malá střížná mezera,
b-optimální střížná mezera,
c-velká střížná mezera

1.2.4.1 Jednoduché střížné nástroje

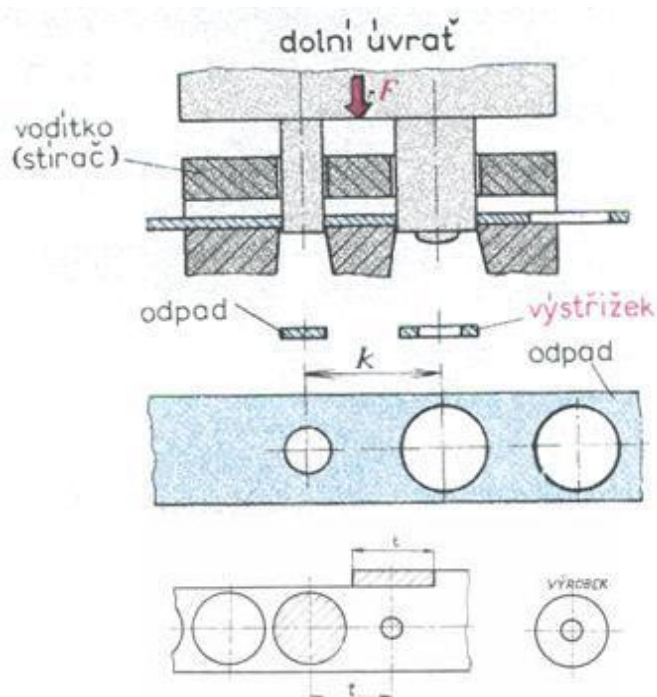
Konstrukce těchto nástrojů bývá jednoduchá a jsou určeny pro jednu operaci. Poloha pásu je zajištěna pevným dorazem. Velikost posuvu je roven hodnotě kroku, tedy součtu velikosti výrobku a přídatku.



Obrázek 15: Jednoduchý střížný nástroj [12]

1.2.4.2 Postupové střížné nástroje

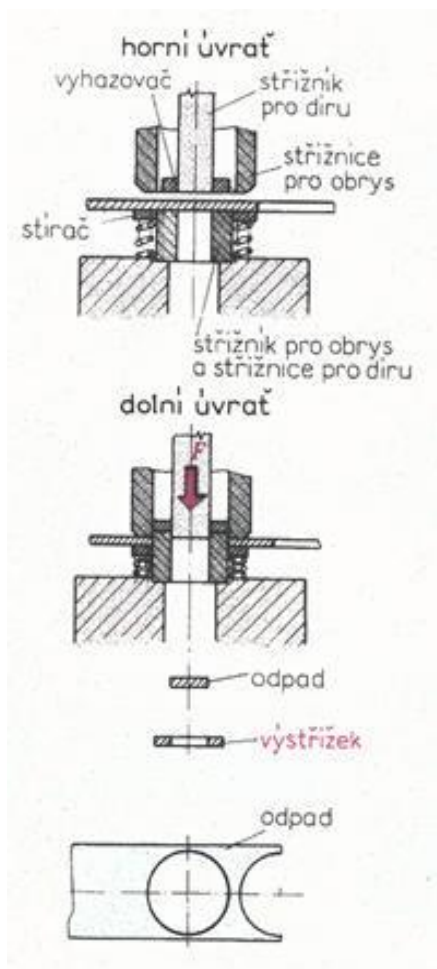
Postupový střížný nástroj zhotovuje výstřížek postupně, na několik operací a na několik kroků. Používá se načínací doraz při vložení nového pásu, dále je poloha pásu zajištěna pevným koncovým dorazem. Funkci nástroje lze pochopit z obrázku 16. Jsou na něm šrafované tři plochy, které se vystříhnou na jeden zdvih. Obdélníková plocha je odstřižena stranovým střížníkem a zajišťuje míru tzv. kroku, tj. posuvu pásu o rozteč t . Kruhové plochy různých průměrů patří různým výstřížkům. Posuv pásu je zprava doleva. Pravý (malý) kruhový výstřížek padá do odpadu, z levé části nástroje propadají hotové výrobky – podložky [12].



Obrázek 16: Postupové stříhadlo [12]

1.2.4.3 Sloučené a sdružené nástroje:

Sloučený střižný nástroj se konstruuje pro několik operací na jeden krok. Tak např. při stříhání dochází jak k děrování, tak i k vystřihování. Oproti tomu sdružený střižný nástroj se konstruuje pro sdružení různých pracovních úkonů na jeden krok (např. stříhání, ohýbání, tažení, atd.), respektive na více kroků. Potom mluvíme o sdruženém postupovém nástroji. Jednotlivé operace jsou zajištěny konstrukcí střižníku, respektive konstrukcí nástroje [12].



Obrázek 17: Sloučené stříhadlo [12]

1.2.5 Přesné stříhání

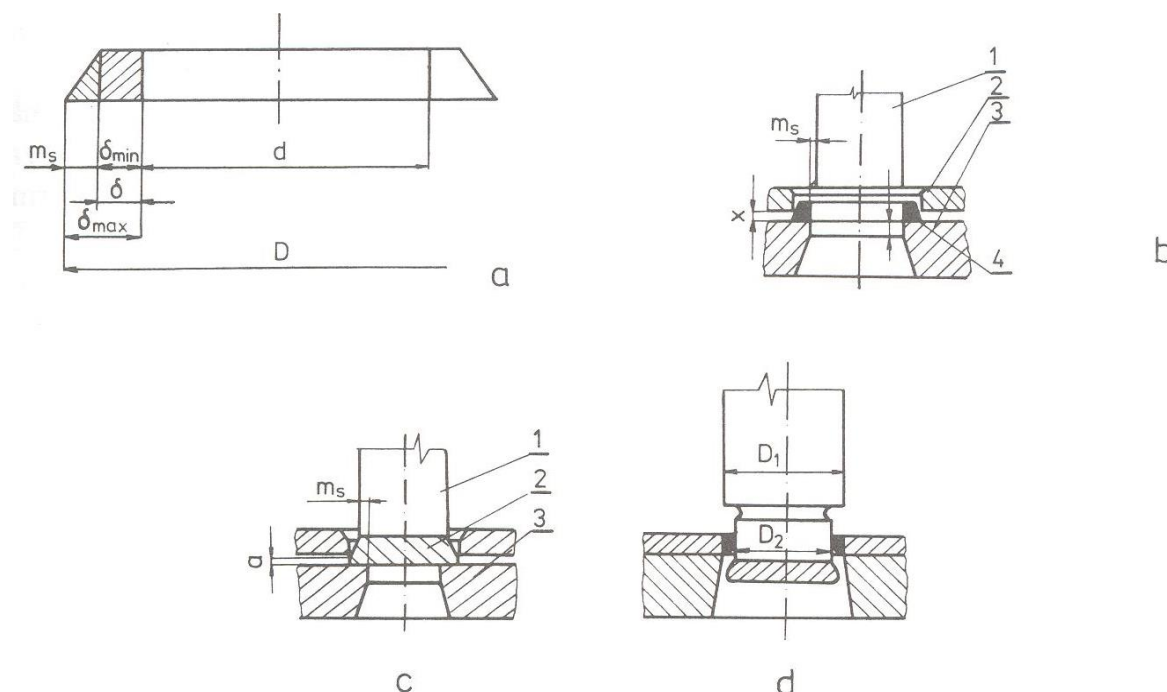
Přesnost rozměrů výstřížků, otvorů i jakost střížné plochy při běžném stříhání často nevyhovuje požadavkům výroby. Pro výrobu výstřížků s menšími tolerancemi a jakostní střížnou plochou používáme technologii přesného stříhání [2].

Metody přesného stříhání dělíme na přistřihování, stříhání se zaoblenou hranou, kalibrování a přesné stříhání s nátlacnou hranou.

1.2.5.1 Přistřihování

Princip přistřihování je oddělování malého množství kovu ze střížné plochy. V první operaci se vystříhne výstřížek v běžném střížném nástroji s přídatkem na přistřihování. V další operaci se odstříhne tento přídatek v přistřihovacím nástroji. Podle konstrukce funkčních částí lze přistřihnout s kladnou nebo se zápornou střížnou vůlí. Při přistřihování se musí dbát na to, aby byl směr přistřihování shodný s předchozím stříháním (tříška se

musí začít stříhat na straně největšího přídávku, jinak se předčasně vylamuje). Pro přistřihování se používá obvykle jedna operace a u tlustších součástí výjimečně několik operací. Jakostnější přistřihovací plocha vzniká při přistřihování se zápornou střížnou vůlí. Střížník v poslední fázi stříhu podpírá oddělovaný materiál a tím znesnadňuje předčasné vytržení materiálu. Výstřížek není otvorem střížnice protlačen najednou, ale až v následujícím zdvihu dalším polotovarem. Mezera mezi čelem střížníku a čelem střížnice v dolní úvratí bývá 1 až 2,5 násobku tloušťky přídávku na přistřižení, min. 0,1 až 0,2 mm. Větších přesností se dosahuje u tvrdších materiálů. Měkké materiály jsou náchylné k vytrhávání. Dosažitelná drsnost střížných ploch u vhodných materiálů bývá v rozsahu $Re = 0,6$ až $1,6 \mu\text{m}$ [2].



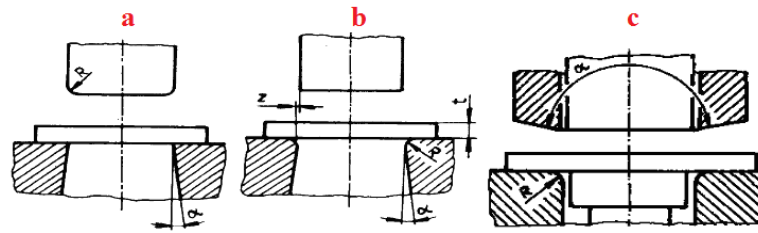
Obrázek 18: Schéma přistřihování [3]

Popisky: a-výstřížek s přídávky na přistřižení,
 b-výstřížek v nástroji s kladnou střížnou mezerou,
 c- výstřížek v nástroji se zápornou střížnou mezerou

1.2.5.2 Stříhání se zaoblenou hranou

Při stříhání se zaoblenou hranou je vyhlazována střížná plocha zaoblením břitu střížnice nebo střížníku. Zaoblené hrany střížnice způsobí vysokou hladkost vnějšího obrysu, zaoblené hrany střížníku, hladkost vnitřního obrysu. Zaoblení nástrojů se volí minimální. Velké zaoblení zvětšuje průhyb výstřížku a podporuje tvoření otřepů. Doporučené zaoblení je $r = 0,2 s$. Menší zaoblení se volí v místech s úzkými stěnami nebo výčnělky

v obrysu stříhu. Střížná vůle se doporučuje 0,01 až 0,025 mm. Nástroj musí tudíž dokonale zajišťovat vzájemnou polohu střížníku a střížnice [2].



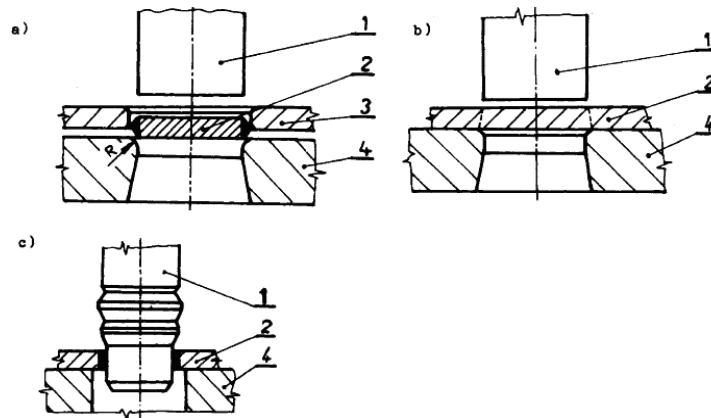
Obrázek 19: Stříhání se zaoblenou hranou [2]

Popisky: a-se zaoblenou hranou střížníku,
b-se zaoblenou hranou střížnice,
c-se zkoseným přidržovačem.

Střížná síla je asi o 20 % větší než při prostém stříhání. Materiály vhodné pro tento způsob stříhání musí mít dobrou tvárnost. Přesnost výstřížků bývá IT 9 až IT 11. Drsnost střížných ploch $R_e = 0,4$ až $0,8 \mu\text{m}$ [2].

1.2.5.3 Kalibrování

Metoda zlepšení rozměrové přesnosti a kvality povrchu. U vnějších povrchů výstřížek protlačován zaoblenou střížnicí. U vnitřních povrchů otvorem protlačován trn. Kalibrování je méně přesné než přistříhování, vyžaduje vyšších sil. Povrch součásti je zpevněn [2].

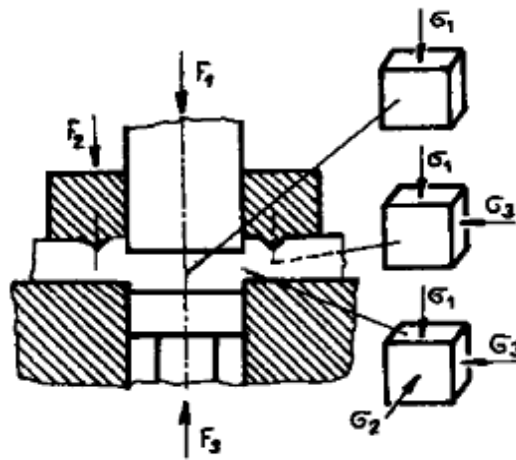


Obrázek 20: a, b - kalibrování vnějšího obrysu, c- kalibrování otvoru [5]

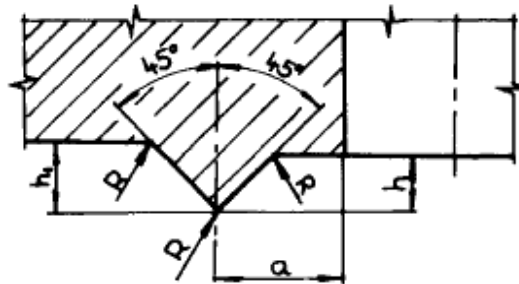
Popis: 1-střížník,
2-polotovar,
3-základní deska,
4-střížnice.

1.2.5.4 Stříhání s nátláčnou hranou

Při stříhání s nátláčnou hranou je stříhaný materiál v počáteční fázi sevřen mezi přidržovačem, střižnicí, střižníkem a vyhazovačem. Nátláčná hrana je vtlačena do materiálu ještě před vlastním stříhem. Materiál se tudíž při vystřihování neprohýbá a radiální složka tečení je zachycována nátláčnou hranou. Vlivem tlakových napětí se pásmo plastického stříhu rozšiřuje přes celou tloušťku materiálu. Lisy pro přesné stříhání s nátláčnou hranou jsou speciální trojčinné lisy se samostatným ovládáním všech tří hlavních pohybů. Drsnost střižné plochy odpovídá $R_a = 0,4$ až $1,6\mu\text{m}$. Je dosahována rozměrová přesnost ve stupni IT6 až IT 9 [2].



Obrázek 21: Schéma přesného stříhání s nátláčnou hranou [1]



Obrázek 22: Geometrie střižné hrany [1]

$h=1/6$ tloušťky plechu pro málo tvárné materiály,

$h=1/3$ tloušťky plechu pro tvárné materiály, $a=(0,6-1,2)h$,

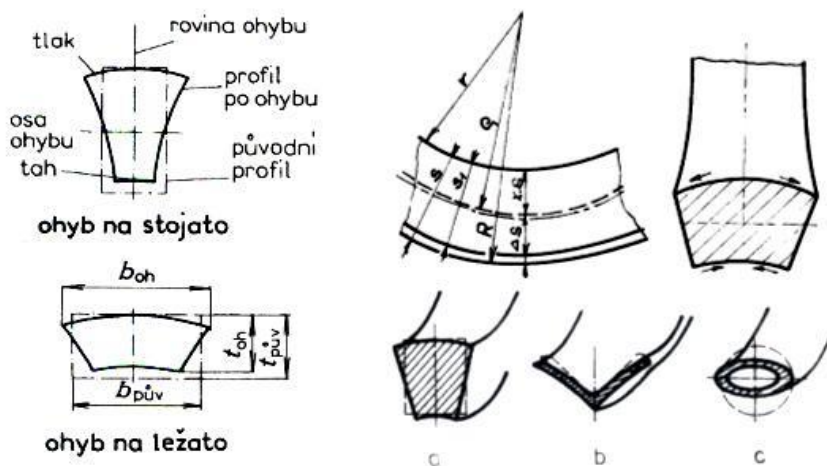
odlehčení $h_1=h+0,05$.

1.3 Ohýbání

Ohýbání je proces plošného tváření, který je vyvolaný působením momentů vnějších sil. Dochází k trvalé deformaci materiálu do různého úhlu ohybu s různě velikým zaoblením hran. Vzniká zde plastická deformační zóna, která tvoří jen velmi malou část objemu polotovaru [2].

K ohýbání používáme nástroje - ohýbadla, skládající se z ohybníku a ohybnice. Výrobkem je výlisek-ohybek. Ohnutí tělesa do žádoucího tvaru využívá stejných zákonů plasticity jako ostatní způsoby tváření - překročením meze kluzu dosáhneme oblasti plastické deformace. Plastická deformace je doprovázena deformací elastickou. Po průřezu je to pružně plastická deformace, která má různý průběh od povrchu materiálu k neutrální ose. Při ohybu nastává deformace průřezu, vyšší průřezy jsou více deformovány než průřezy nižší. U širokých pásů ($b \geq 3s$) nedochází k deformaci proto, že proti deformacím v příčném směru působí odpor materiálu velké šířky vzhledem k jeho malé tloušťce (obrázek 24). Vrstvy kovu na vnitřní straně ohybu jsou v podélném směru stlačovány, zkracovány a roztahovány v příčném směru. Vrstvy kovu na vnější straně ohybu se roztahují a prodlužují v podélném a stlačují se v příčném směru [12].


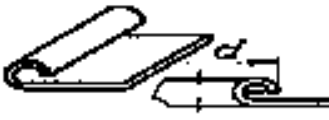



Při ohýbání se materiál na vnější straně ohybu natahuje a na vnitřní straně stlačuje, proto je třeba, aby hrana ohybu ležela napříč vláken ohýbaného materiálu. Mezi natahovanou a stlačovanou vrstvou je tzv. neutrální vrstva, jejíž délka se tvářením nemění. Tato plocha je důležitá pro určování délky výchozího polotovaru nazývané rozvinutá délka. Tu ovlivňuje řada faktorů např. tloušťka materiálu, úhel ohybu, orientace ohybu vzhledem ke směru válcování materiálu, poloměr ohybu (typ použitých nástrojů), jakost a kvalita materiálu aj. Ohýbání zahrnuje širokou paletu technologií tváření za studena i za tepla.

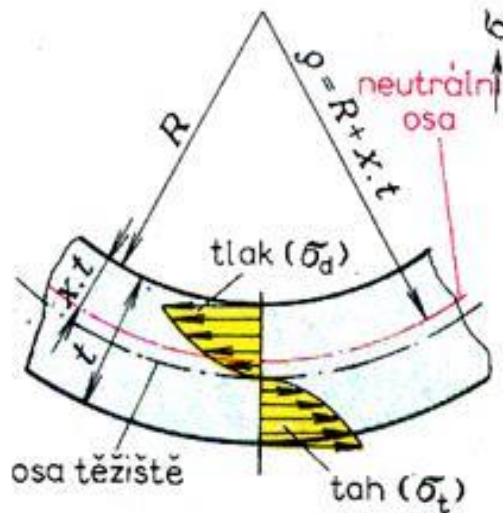


Obrázek 23: Deformace průřezu během ohýbání pro rozdílné výšky a profily [12]

Tabulka 3: Rozdělení technologie ohýbání dle ČSN 22 60 01 [2]

ROZDĚLENÍ TECHNOLOGIE OHÝBÁNÍ			
Název práce	Charakteristika operace	Obrázek	Nástroj
Prosté ohýbání	Trvalá deformace materiálu ohybem: a) při plošném tváření-plochy rovinné přecházejí v plochy různě vůči sobě orientované vytvářením ostrých nebo oblých hran b) při objemovém tváření-ohýbání tyčí, profilů, polotovarů a výkovek.		Ohýbadlo
Ohraňování	Ohýbání plechu na jednoúčelových tzv. ohraňovacích lisech, nebo tvářecích strojích se speciálními nástroji.		Ohraňovadlo
Rovnění	Dodatečné rovnání plechu, přístřihu profilového materiálu i výlisku, výkovku apod.		Rovnadlo
Zakružování	Tváření rovinné i členité plochy v plochu válcovou, kuželovou nebo částí těchto ploch.		Zakružovadlo

<p>Lemování</p>	<p>Ohýbání okraje rovinné nebo prostorové plochy k získání ozdobného vzhledu, odstranění ostrých ploch apod.</p>		<p>Lemovadlo</p>
<p>Obrubování</p>	<p>Vyztužování okraje rovinné nebo prostorové plochy ke zvýšení jakosti okraje, vytvoření okraje pro závěsy apod.</p>		<p>Obrubovadlo</p>
<p>Osazování (prosazování)</p>	<p>Ohnutí promáčknutím v okraji nebo uvnitř rovinné plochy.</p>		<p>Osazovadlo</p>
<p>Drápkování</p>	<p>Pevné spojení předehtých okrajů plechů tím, že se do sebe vzájemně zaklenou a společně doohnou.</p>		<p>Drápkovadlo</p>
<p>Zkrucování</p>	<p>Natáčení plochého nebo profilovaného polotovaru (popř. výkovku) vzhledem k sousední části kolem společné osy o určitý úhel.</p>		<p>Zkrucovadlo</p>



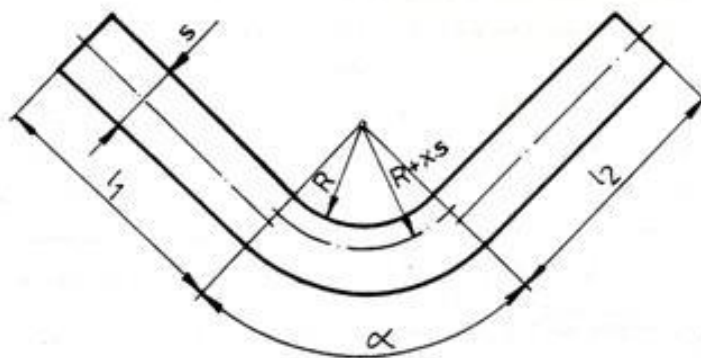
Obrázek 24: Rozložení a velikost napětí v materiálu [12]

1.3.1 Rozvinutá délka

Rozvinutá délka polotovaru se počítá jako součet délek rovných úseků a délky neutrální osy v místě ohybu. Před ohýbáním je neutrální osa uprostřed průřezu, během procesu ohýbání se postupně posouvá směrem k vnitřní straně ohybu. Není tedy totožná s osou

těžiště ohýbaného materiálu, jak je vidět na obrázku 25. Velikost posunutí u tenkých plechů není výrazná, ale u ohýbání silnějších plechů s ním musíme počítat. Poloha neutrální osy se určuje pomocí poměru R/s (viz tabulka 4) a poloměr ohybu neutrální osy tedy vypočítáme $\rho = R + x \cdot s$

kde R ... vnitřní poloměr ohybu [mm],
 x ... součinitel posunutí neutrální osy,
 s ... tloušťka ohýbaného materiálu [mm].



Obrázek 25: Posunutí neutrální osy v místě ohybu [12]

Tabulka 4: Hodnoty součinitele x [12]

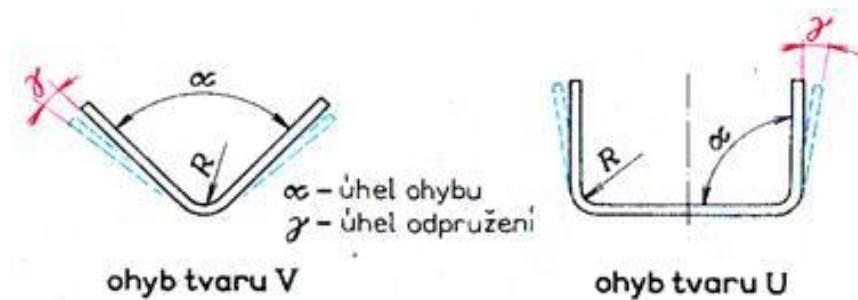
R/s	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,5	2	3	4	nad 5
x	0,23	0,29	0,32	0,35	0,37	0,38	0,39	0,4	0,41	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,5

1.3.2 Odpružení

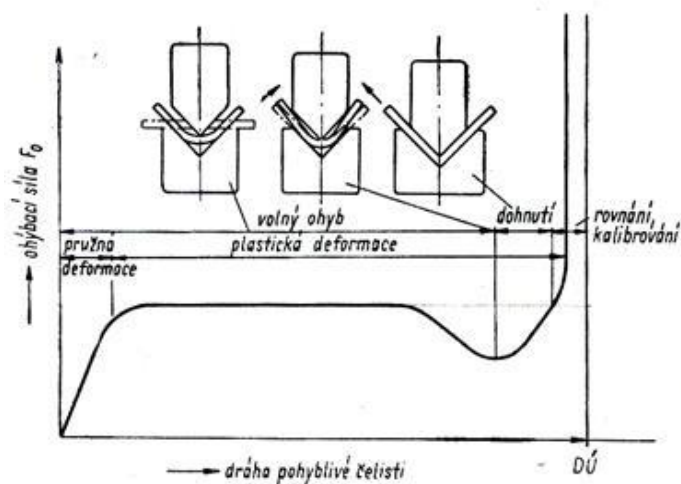
Tento jev lze charakterizovat jako nežádoucí dodatečnou deformaci výlisku vznikající po relaxaci napětí způsobené odlehčením tvářecích nástrojů. Při ohýbání se odpružení projevuje jako úhlová odchylka γ , jejíž význam roste s délkou ramen. Zpětné odpružení je způsobeno vlivem elastické deformace materiálu kolem neutrální osy. Velikost úhlů odpružení je závislá na vlastnostech materiálu, jeho tloušťce, poloměru ohybu a způsobu ohýbání. S rostoucí tloušťkou materiálu a zmenšujícím se poloměrem ohybu se odpružení zmenšuje. Obvykle pro běžné materiály bývá odpružení v rozsahu 3 až 15°. Odpružení je ovlivněno řadou parametrů a faktorů. Mezi ty nejdůležitější patří vlivy materiálových vlastností, konstrukční řešení ohýbacího nástroje, okrajové podmínky vstupující do procesu tváření a v neposlední řadě také geometrické charakteristiky výlisku [9].

Odpružení lze obecně korigovat či eliminovat různými metodami. Běžně užívanými postupy jsou následující [9]:

- ohýbaný materiál se přetvoří navíc o hodnotu úhlu odpružení, který se určí buď podle empirických vzorců, nebo z tabulek. Nástroj se musí navrhnout s korekcí o úhel γ , má-li mít výlisek požadovaný tvar. Samotným odpružením se výlisek dostane do očekávaného tvaru,
- použije se kalibrace, tj. zvětší se lisovací síla na konci lisovacího cyklu, dochází k místní plastické deformaci v místě ohybu a hodnota odpružení se snižuje až případně vymizí úplně,
- použije se prolisů na výlisku, kdy se odpružení odstraní téměř úplně.



Obrázek 26: Odpružení materiálu pro ohyb tvaru V a U [12]



Obrázek 27: Průběh ohýbací síly včetně kalibrace [12]

Odpružení při ohybu je možné vyloučit např. těmito opatřeními [9]

- podbroušením pohyblivé čelisti, zaoblením dolní strany pohyblivé čelisti a přidržovače poloměrem R,
- zpevněním materiálu v rozích rázem,
- vylisováním vyztužovacího žebra v místech ohybu,
- postupným ohýbáním s odlehčením pevné čelisti o tloušťku materiálu,
- zpevněním materiálu deformačním poloměrem v pevných čelistech.

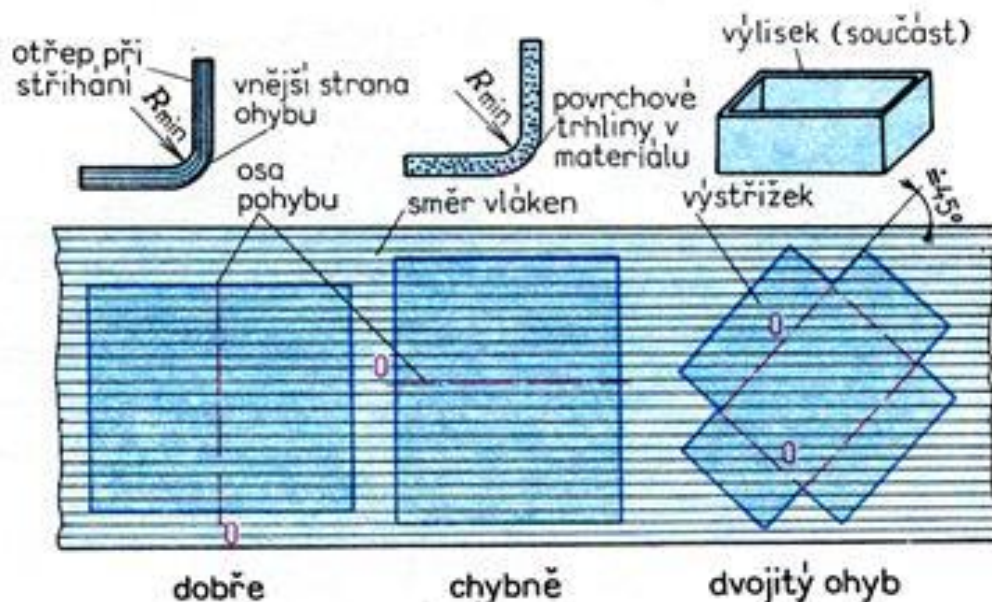
Materiál	R/s	
	0,8 až 2	> 2
320 MPa	1°	3°
Ocel σ_{Pt} 320 až 400 MPa	3°	5°
400 MPa	5°	7°
Mosaz měkká	1°	3°
Mosaz tvrdá	3°	5°
Hliník	1°	3°

Obrázek 28: Hodnoty úhlu odpružení pro některé materiály [12]

1.3.3 Technologičnost při ohýbání

Při ohýbání materiálu mohou kromě již zmíněných problémů, jako byla deformace průřezu a odpružení materiálu, nastat další problémy mezi něž patří praskání materiálu a tvoření vln. K praskání materiálu (vznik trhlin na vnější straně) dochází v okamžiku, kdy dojde k překročení kritické hodnoty poloměru ohybu R/s, což může být způsobeno zpevněním materiálu, stavem materiálu (žíhaný, tvářený za studena apod.) nebo průběhem vláken. Osa ohybu by proto měla být kolmá na směr vláken materiálu (odpružení je ale větší) nebo minimálně pod úhlem 30°. Polotovary připravované stříháním mívají na střížných plochách otřep. Proto je nutné dbát na umístění přístřihu do nástroje s respektováním tohoto otřepu nebo je ho nutné odstranit. Při návrhu ohýbaných dílů je nutné respektovat požadavky na hodnoty poloměrů ohybu. Poloměr ohybu musí být alespoň takový, aby v krajních vláknech došlo k překročení hodnoty meze kluzu (aby došlo k plastické deformaci). Poloměr nesmí však být příliš malý, aby deformace krajních vláken nepřekročila hodnotu meze pevnosti. Poloměr ohybu se má volit z hlediska odpružení co nejmenší, ale

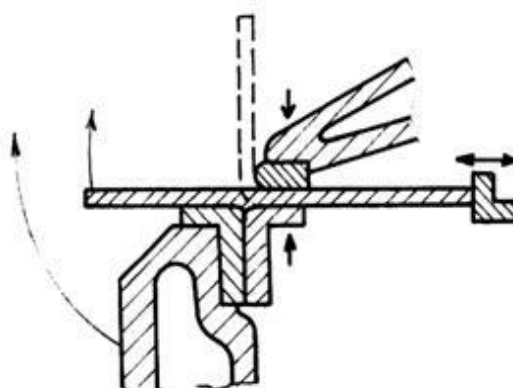
vzhledem k tvárnosti a tloušťce ohýbaného materiálu co největší. Jinak může docházet k destrukci v ohýbaném průřezu. Obecně se součásti vyráběné technologiemi stříhání nebo ohýbání vyznačují malou tuhostí. Tuhost součásti je možné zvýšit technologickými prvky, jako jsou prolisy či dodatečná ohnutí [9].



Obrázek 29: Vliv vláken na ohýbání [12]

1.3.4 Rozdělení ohýbání podle typu stroje

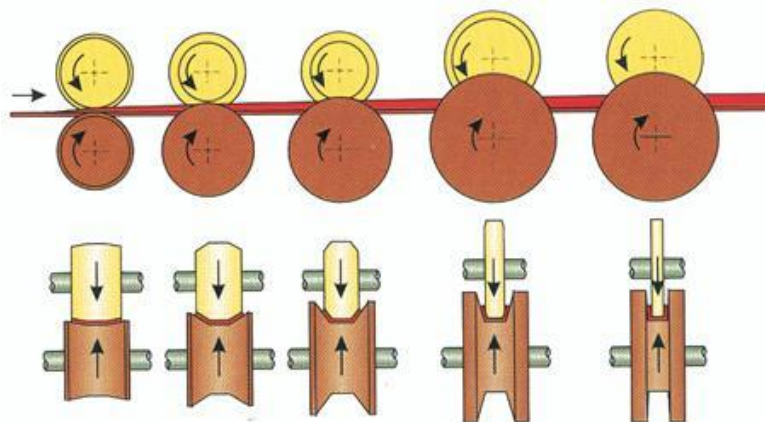
- Ohýbání ruční na ručních strojích a ohýbačkách.



Obrázek 30: Ruční ohýbací stroj s otočnou deskou [12]

- Ohýbání na lisech v ohýbacím nástroji, ohýbadle, kterého pohyblivá čelist vykonává přímočaré vratné pohyby. Toto ohýbání se dělá na mechanických nebo hydraulických lisech, nebo na speciálních strojích, což je závislé na vlastním technologickém procesu.

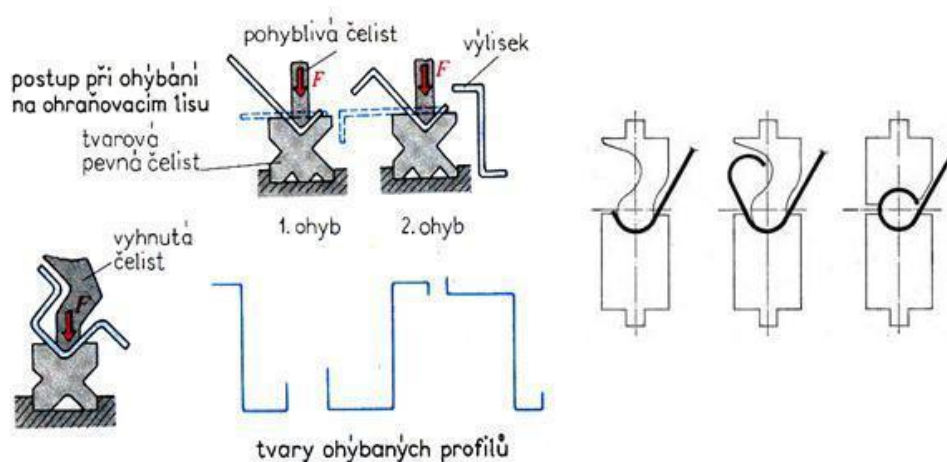
- Ohýbání na válcích, kdy nástrojem jsou samotné válce, které vykonávají otáčivý pohyb. Příklad ohýbání válcováním je na obrázku 31.



Obrázek 31: Ohýbání válcováním na válcích [12]

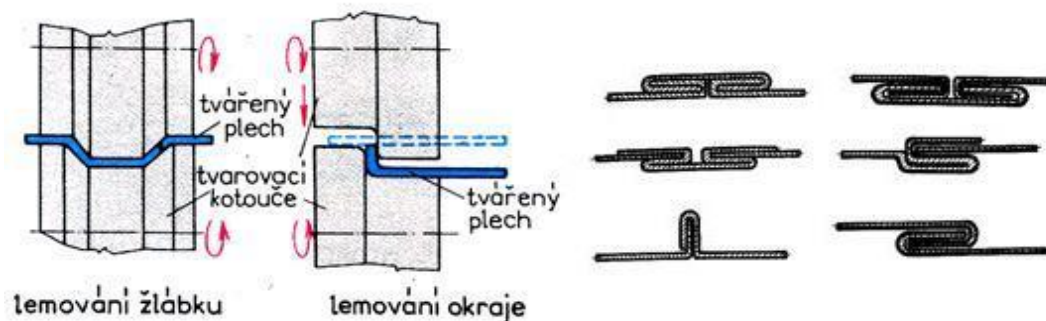
1.3.5 Rozdělení ohýbání podle technologického způsobu výroby

- Ohraňování na lisech, které slouží k výrobě různých profilů tenkostěnných, ale i o tloušťce 20 mm, profilů o malém poloměru zaoblení. Princip se neliší od ohýbání v nástroji na běžném lisu. Rozdíl je v délce nástroje i lisu. Délka ohybu je omezena šířkou ohraňovacího lisu. Výchozím materiálem jsou pásy plechu. Každá tvářecí operace se provede na jeden zdvih lisu a pro každý tvar profilu se musí na lis upevnit samostatné nástroje. Ohraňovací lis je mechanický nebo hydraulický a obvykle vícebodový, umožňující použití dlouhých lištových nástrojů. Ohyb se provádí v celé délce materiálu najednou [12].



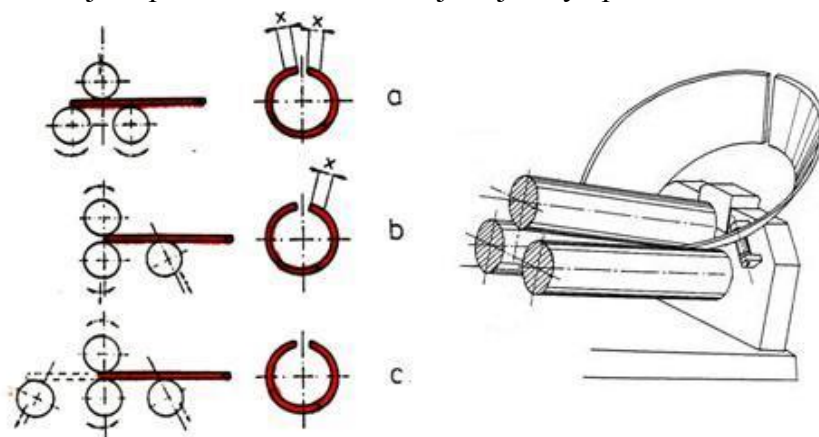
Obrázek 32: Příklad technologie ohraňování [12]

- Lemování je operace, kterou použijeme, když potřebujeme vyztužit okraj výlisku a nebo připravit polotovar na dodatečné vytvoření spoje. Také slouží k výrobě žlábků uprostřed nebo na okraji pro zvýšení tuhosti výlisku [12].



Obrázek 33: Princip technologie lemování [12]

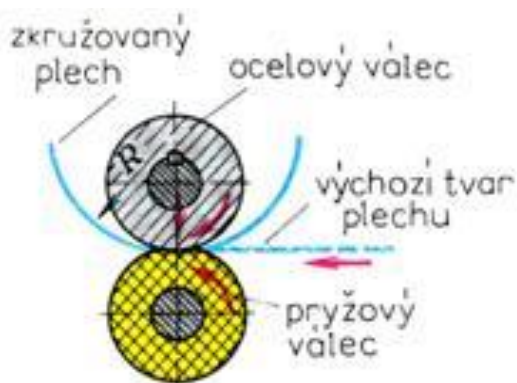
- Zakružování pomocí válců se používá při výrobě válcových nebo kuželových plášťů nádob, trubek, a to i plechů tlustých 30 mm. Tlustší plechy se potom zakružují za tepla. Stroje pro tento účel se nazývají zakružovací stroje a jejich různé uspořádání ukazuje obrázek 34. Stroje jsou zakružovadla a jsou buď tříválcová, nebo víceválcová a jejich konstrukce je závislá na tloušťce plechu a požadavcích na zakroužení konců plechu. Jedná se o dva stroje tříválcové a jeden čtyřválcový. U každého je šipkou naznačen možný posuv válce, resp. válců. U stroje prvního typu vlevo nahoře, zůstanou okraje nedokroužené (parametr x), u stroje uprostřed jeden okraj. Uspořádání vlevo dole zajišťuje ohyb plechů až do obou krajů [12].



Obrázek 34: Uspořádání zakružovaček (vlevo) a detail zakružování kužele (vpravo) [12]

Popisky: a – tříválcová symetrická,
b – tříválcová nesymetrická,
c – čtyřválcová.

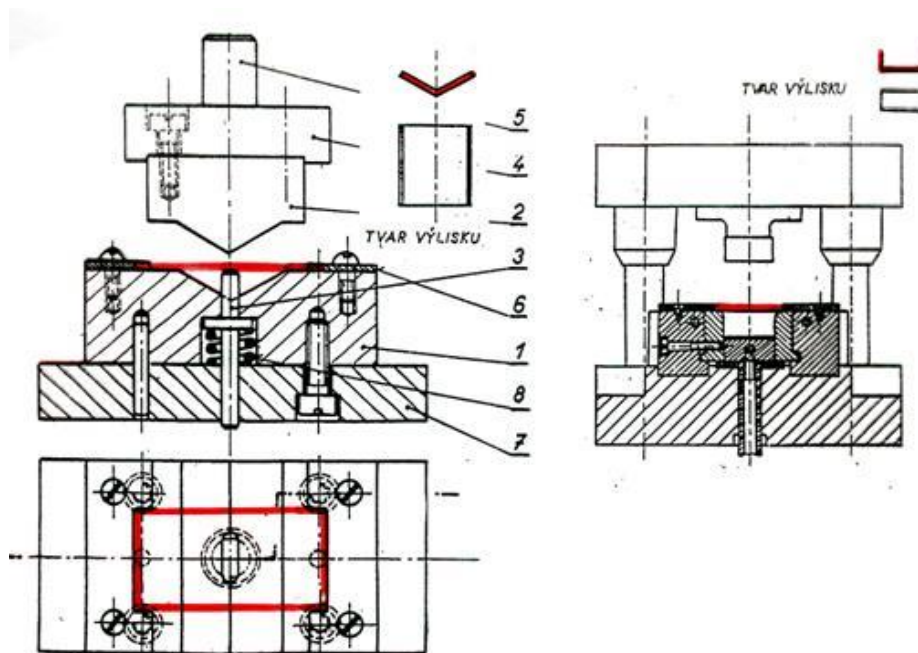
Tenké plechy se zakružují na strojích s ocelovým a pryžovým válcem – technologie ohýbání elastickým nástrojem. Poloměr zakružování se mění podle stlačení pryže. Povrchová kvalita výlisků je výrazně lepší, ale je potřeba větší přetvárná práce, neboť část se jí spotřebuje na deformaci pružné části nástroje – pryže [12].



Obrázek 35: Zakružovadlo s pryžovým válcem [12]

1.3.6 Ohýbací nástroje

Nástroj pro ohýbání je ohýbadlo a hlavní části jsou ohybník a ohybnice, popř. základací dorazy. Ohýbadla se dělí podle způsobu a technologie ohýbání, nejčastěji pro ohýbání do tvaru U a V. Většinou nejsou samostatná a konstruuji se jako nástroje sdružené [12].



Obrázek 36: Ukázka nástrojů pro ohyb do tvaru V a U [12]

2 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V teoretické části se shrnují základní principy a technologie plošného tváření, se kterými se běžně dodnes setkáváme. V praktické části této práce bude čtenář krátce seznámen s firmou AŽD Praha s.r.o., čím se zabývá a také co je náplní této práce. Dále zde plně rozvineme NC a CNC technologie plošného tváření 21. století a na modelovém příkladu ukážeme rozdíly mezi klasickou technologií a CNC. Porovnáme pracnost, rychlost, chybovost, výrobní časy a další aspekty jako je např. ekonomická stránka.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 O FIRMĚ AŽD

3.1 Firma AŽD Praha, s.r.o.

AŽD Praha je významným ryze českým dodavatelem a výrobcem zabezpečovací, telekomunikační, informační a automatizační techniky, zejména se zaměřením na oblast kolejové a silniční dopravy včetně telematiky a dalších technologií. Společnost zajišťuje výzkum, vývoj, projektování, výrobu, montáž, rekonstrukce a servis zařízení, systémů i investičních celků v těchto hlavních oblastech [6]:

- železniční doprava,
- provoz metra a závodová doprava,
- oblast telekomunikačních, informačních a radiových systémů,
- telematické aplikace,
- silniční, signalizační a parkovištní systémy,
- nové telefonní a rozhlasové systémy pro řízení železniční dopravy a pro informování cestujících.



Obrázek 37: Logo firmy AŽD Praha [6]

Produkty, které společnost vyrábí, zachycují nejnovější technické a užitné trendy. Ve firmě AŽD je v současné době zaměstnáno přes 1 500 pracovníků. Díky své dlouholeté tradici, která se datuje již od roku 1954, si firma získala stálou pozici a vedoucí postavení mezi ostatními dodavateli ve svém oboru [6].

Firma má po celé ČR několik poboček. Já pracuji v Olomouci, kde se nachází výrobní závod. Mám na starosti výrobu jednotlivých plechových komponent zabezpečovacích skří-

ní a ostatní plechové výrobky. K určitým dílům vytvářím 3D dokumentaci a technologický postup k čemuž využívám programy AutoCad Mechanical 2013, Autodesk inventor 2013 a TPV 2000. Co se týče programování strojů využívám software firmy Trumf TruTops a TruTops Unfold.

3.2 Strojový park AŽD

Protože se firma zabývá poměrně členitou výrobou a vlastní velký strojový park, uvedu zde pouze stroje ke zpracování plechu, které se vztahují k této práci.

3.2.1 Stroje ke stříhání plechu

- Mechanické strojní nůžky MM 2500-5
- NC strojní nůžky Trumpf TruShear 3103
- CNC vysekávací lis Trumpf TruPunch 3000



Obrázek 38: TruPunch 3000 [13]

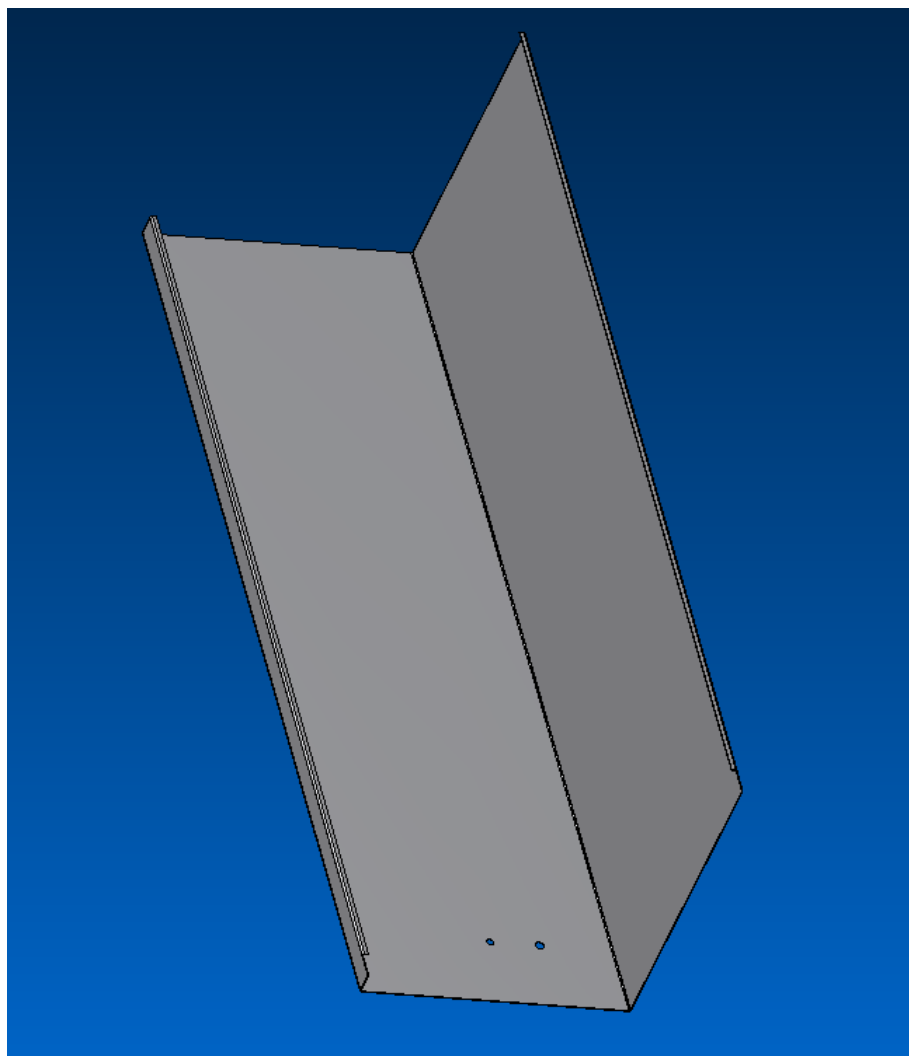
3.2.2 Stroje k ohýbání plechu

- Strojní ohýbačka XOM-2000/6B
- CNC ohraňovací lis E-BRAKE 150
- CNC ohraňovací lis Trumf TruBend 5170



Obrázek 39: TruBend 5170 [6]

4.2 3D model výrobku



Obrázek 41: 3D model zadaného výrobku [15]

5 ZPRACOVÁNÍ STARŠÍ KLASICKOU TECHNOLOGIÍ

5.1 Technologický postup

- 1 M5972 STR.NUZYK do 4mm 230 0,10 hod. 4 1,0
STŘÍHAT PLECH NA ROZMĚR 1890x1234 mm. 0,0523 hod. 4 1,00

Pozice	Název	Klíč	Výkres	Atribut 1	Atribut 2	Atribut 3	Mnozství	MJ
10	PLECH 11321.21	35935		0137989990010	426312.32	2X1250X2500	50,00	kg

STŘÍHAT PLECH NA ROZMĚR 1890x1234 mm.

1.kus předložit ŘKJ, ostatní kontrolovat samokontrolou.

Pomůcky pro operaci : 1 - STŘÍHAT PLECH NA ROZMĚR 1890x1234 mm.			
Pomůcka	Atributy		Ks
Svinovací metr	25 1146	2m	1

- 2 M9421 ZAMECNIK-D 230 0,20 hod. 2 1,0
SPOLUÚČAST PŘI STŘÍHÁNÍ. 0,1037 hod. 2 1,00

SPOLUÚČAST PŘI STŘÍHÁNÍ.

Kontrola rozměru samokontrolou.

- 3 M3115 LIS do 100t 230 1,00 hod. 3 1,0
LISOVAT 2x ROHY 50x12 mm. 0,0189 hod. 3 1,00

LISOVAT 2x ROHY 50x12 mm.

Kontrola rozměru samokontrolou.

Pomůcky pro operaci : 3 - LISOVAT 2x ROHY 50x12 mm.			
Pomůcka	Atributy		Ks
Posuvné měřidlo	9409129991111M	150mm	1
LZ 00000 234	9415662490073		1

- 4 M9421 ZAMECNIK-D 230 1,60 hod. 3 1,0
ODJEHLIT PO STŘÍHÁNÍ A LISOVÁNÍ. 0,506 hod. 3 1,00

ODJEHLIT PO STŘÍHÁNÍ A LISOVÁNÍ. OHNOUT 4x NA TVAR DLE VÝKRESU.
RÝSOVAT, ZNAČIT, PŘEDVRTAT (PR.5) A VRTAT 1x OTVOR PRŮMĚR 14
mm A 1x OTVOR PRŮMĚR 18,5 mm. ODJEHLIT PO VRTÁNÍ.

- SPOLUÚČAST PŘI OHÝBÁNÍ, VRTÁNÍ A LISOVÁNÍ.

1.kus předložit ŘKJ, ostatní kontrolovat samokontrolou.

Pomůcky pro operaci : 4 - ODJEHLIT PO STŘÍHÁNÍ A LISOVÁNÍ.			
Pomůcka	Atributy		Ks
Posuvné měřidlo	9409129991111M	150mm	1
Svinovací metr	25 1146	2m	1
Úhelník		150	1
VRTAK SROUB. S VAL.STOPKOU	9411111210500	221121 D 5	1
VRTAK SROUB. S VAL.STOPKOU	9411111211400	221121 D 14	1
VRTAK S KUZELOVOU STOPKOU	9411111401850	221140 D 18,5	1

Obrázek 42: Technologický postup starší výrobní metody [15]

5.2 Rozbor technologického postupu

- Operace číslo 1. Zde dělník ustříhne plech na požadovaný rozměr na tabulových nůžkách. Před stříháním na daný rozměr je nutné tabuli nejprve zarovnat, aby ve výsledku byl v každém rohu úhel 90 stupňů.
- Operace číslo 2. Jedná se o výpomoc druhého dělníka při manipulaci s větším formátem plechu v operaci číslo 1.
- Operace číslo 3. Z ustřiženého plechu odlisuje obsluha lisu dva rohy tak, aby po ohnutí výrobek odpovídal výrobnímu výkresu.
- Operace číslo 4. Zámečnický odjehlí výstřižek po předchozích operacích. Dále na strojní ohýbačce ohne výrobek do požadovaného tvaru a nakonec orýsuje, označí, předvrtá a vyvrtá otvory, které je nutné odjehlit.

6 ZPRACOVÁNÍ CNC TECHNOLOGIÍ

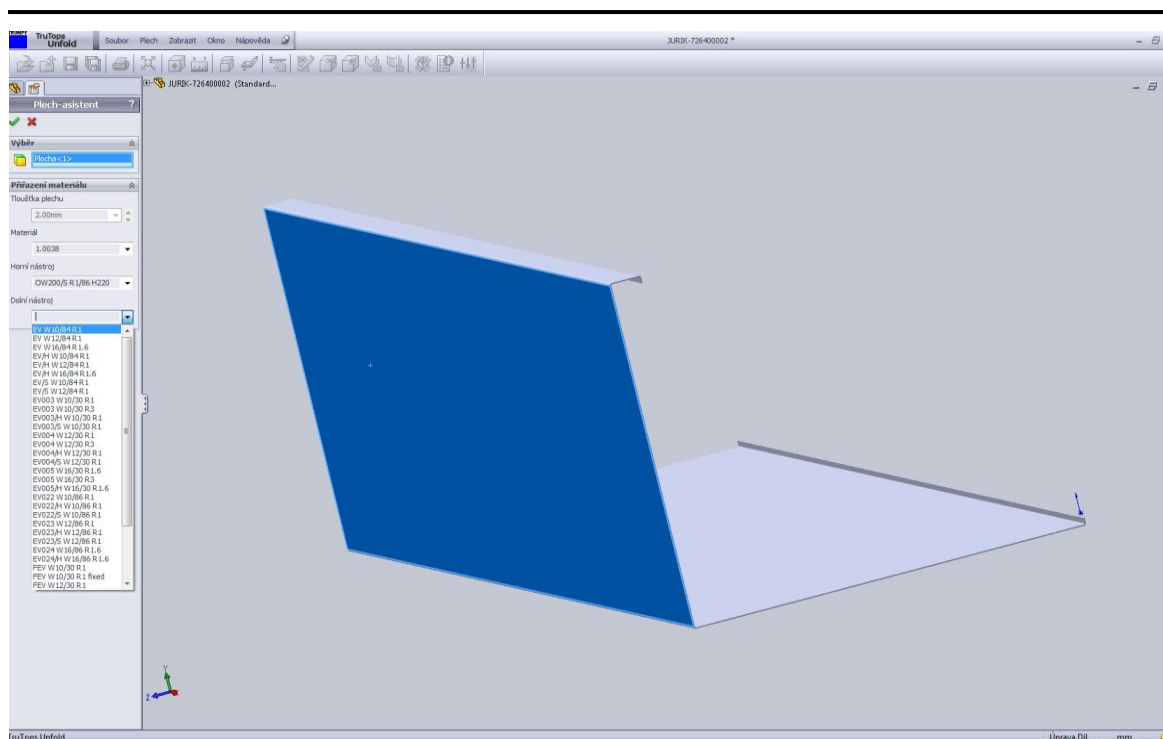
6.1 Programování strojů

Metoda CNC výroby je oproti klasické mnohem flexibilnější a rychlejší. Nevýhodou je nutná časová investice na naprogramování strojů. Ve větších firmách bývá programátor, který za pomoci softwarů vytváří práci pro stroje. Jednodušší výrobky se u většiny strojů dají naprogramovat přímo u řídicího počítače stroje, ale tato možnost je spíše pro výjimečné případy nebo pro velkosériové výroby s malým sortimentem, kdy je zbytečné zaměstnávat programátora a kupovat poměrně drahé softwary. Také je nutné si uvědomit, že ve chvíli, kdy obsluha stroje programuje, stroj nevyrábí, a firma tak přichází o zisk a ztrácí konkurenceschopnost.

Firma AŽD má hodně členitou a spíše malosériovou výrobu, takže je programátor zapotřebí. Protože strojový park je v podstatě celý od firmy Trumpf, používá k programování výhradně software od této společnosti. Programy na vysekávání a ohraňování jsou ve skutečnosti dva. První je TruTops Unfold, který rozvine téměř jakýkoliv výrobek a na základě zadaných parametrů stanoví jeho rozvinutou délku, tedy rozměr polotovaru před samotným ohraňováním. Druhý program, TruTops, sestává z několika modulů. Jsou to CAD, Nest, Bend a Punch.

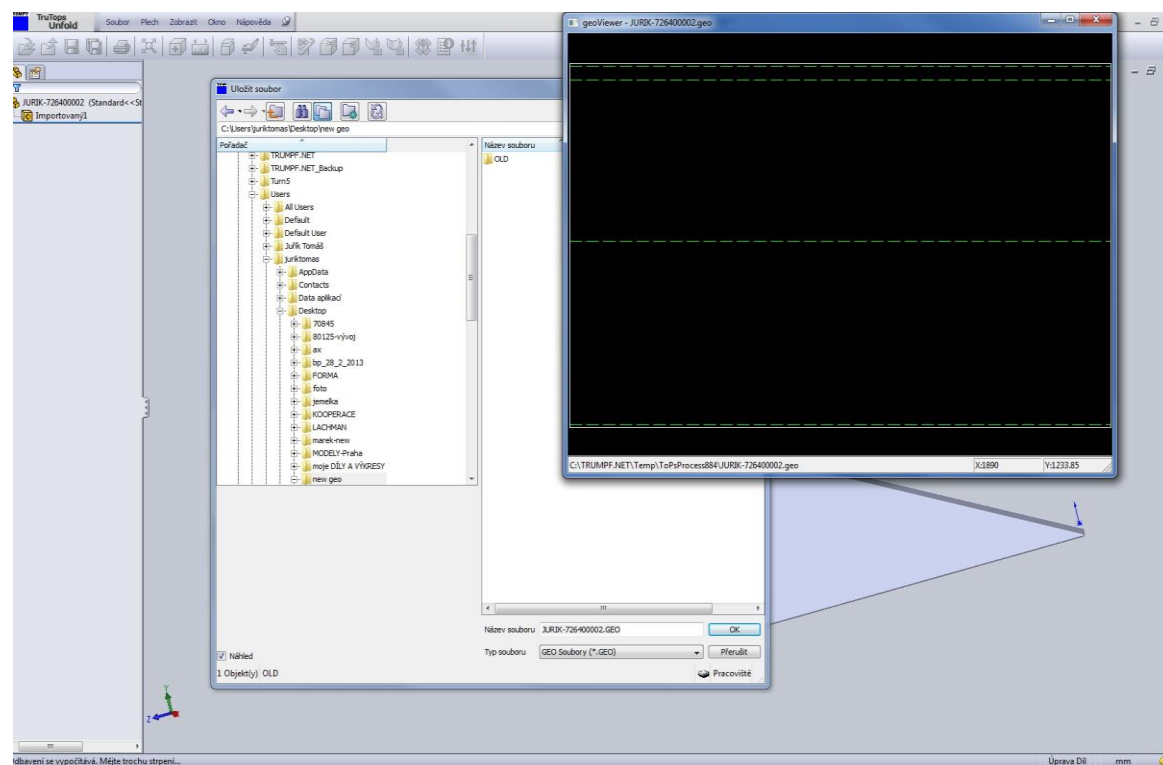
6.1.1 Práce v TruTops Unfold

Jako vstupní soubor je zapotřebí 3D model v podobě např. SAT nebo STEP. Prvním krokem je označení plochy, z které program rozezná tloušťku materiálu nebo ji lze zadat i manuálně. Dalším krokem je zvolení materiálu (běžná ocel, nerez, barevné-měkké materiály) a horního i spodního nástroje. Potom už stačí označit výchozí hranu, ke které bude výrobek rozvinut.



Obrázek 43: TruTops Unfold

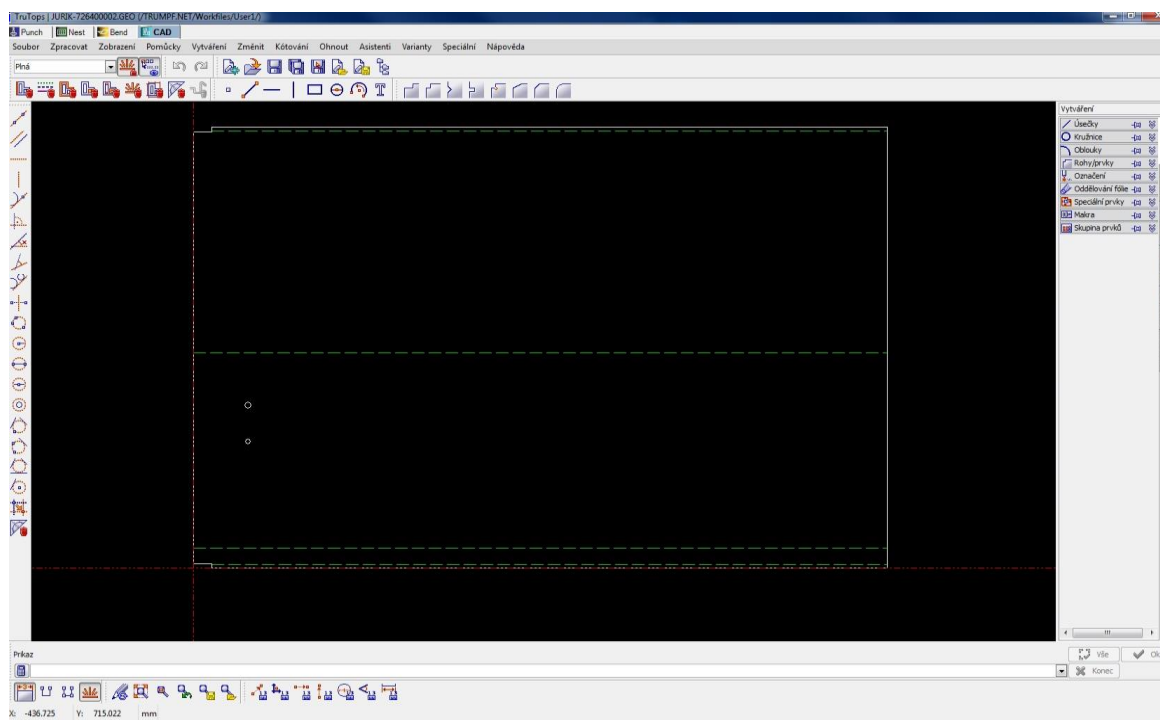
Jako výstupní soubor nesoucí informace o ohraňování pro další programování je buď GEO, nebo DXF. Oba jsou kompatibilní s programem TruTops.



Obrázek 44: Vygenerování GEO souboru v TruTops Unfold

6.1.2 Práce v TruTops

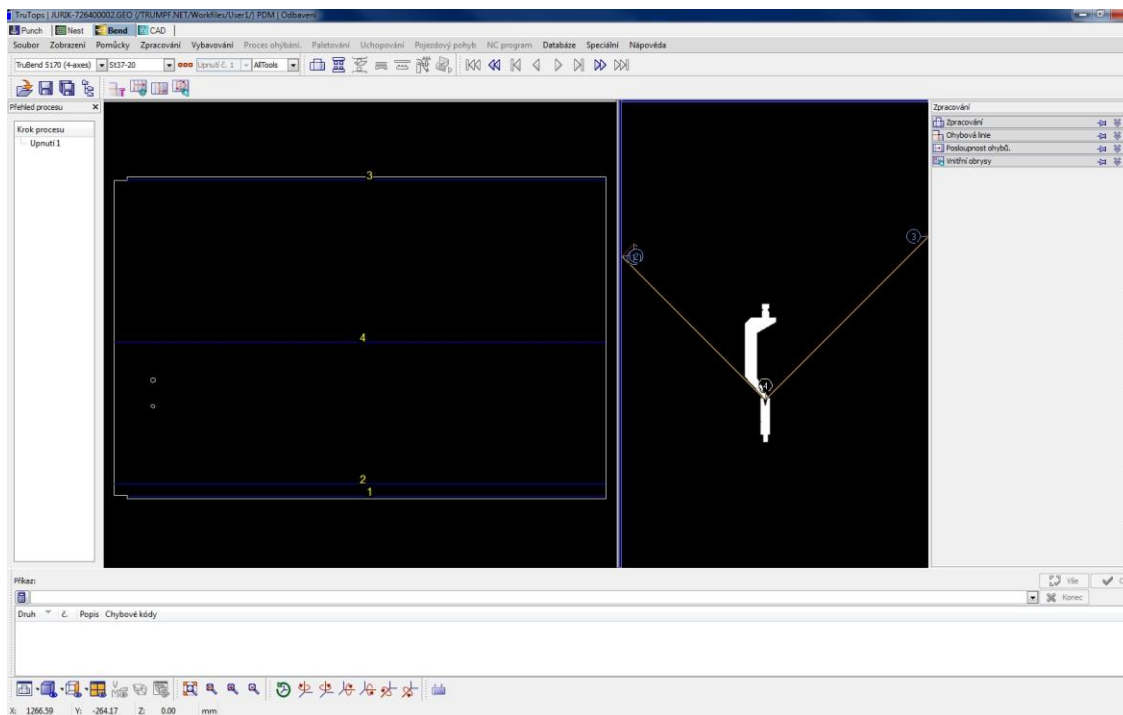
Základním modulem v programu TruTops je CAD. V tomto 2D editoru můžeme rozvinutý tvar jakkoliv upravovat a měřit. Pokud je výrobek primitivní (obdélník, čtverec atd.) a známe hodnotu zkrácení, není zapotřebí vytvářet 3D model a používat TruTops Unfold, protože zde můžeme nadefinovat jednoduché ohyby včetně nástrojů.



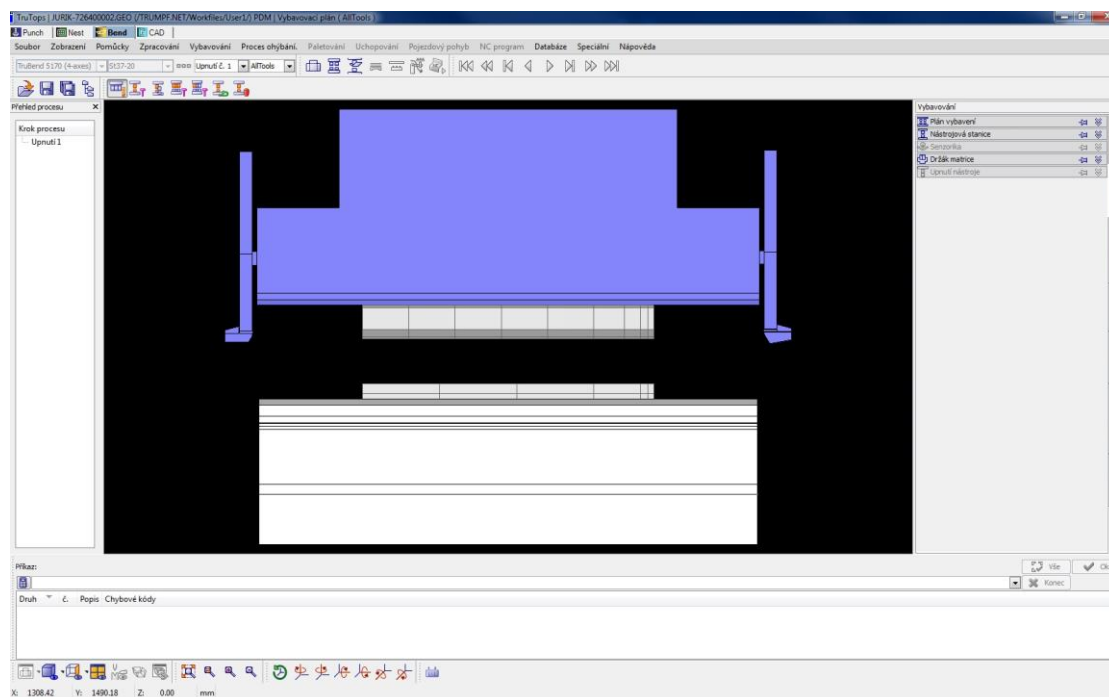
Obrázek 45: TruTops CAD

Programování pokračuje ověřením, zda-li je díl ohnutelný a samotnou tvorbou programu pro CNC ohraňovací lis. To nám umožní TruTops BEND. V prvním kroku řešíme zpracování. Zde se stanovuje pořadí ohybů, ke kterému můžeme použít automatickou optimalizaci. Ta ale není neomylná a často bývá potřeba pořadí jednotlivých ohybů zaměnit. Jako druhý krok je nutné zkontrolovat a nastavit plán vybavení. Pokud byl soubor vytvořen v Unfoldu, tak už většinou jen upravujeme drobnosti např. doděláním rohových nástrojů, ale také můžeme změnit délku, pozici či typ nástrojů. Posledním krokem je simulace. Postupně procházíme krok po kroku a kontrolujeme, zda-li nenastane nějaká kolize výrobku s nástrojem nebo strojem. Pokud ano dá se řešit mnoha způsoby. Nejčastější je návrat do zpracování a změna pořadí ohybů. Další možnosti jsou otočení výrobku při zakládání, otočení horního nástroje (dle typu), přidání rohových nástrojů atd. Po úspěšné

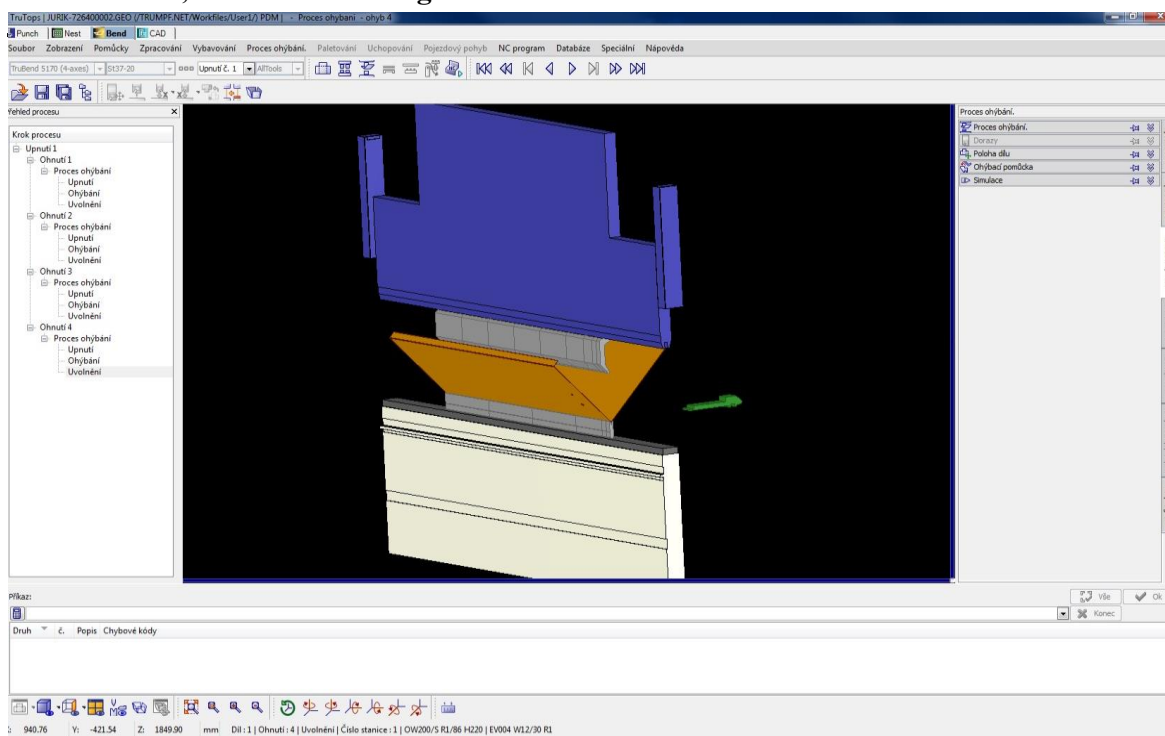
simulaci vyexportujeme CNC program, který nahrajeme buďto přenosným zařízením (USB), nebo lépe na síť, odkud si ho otevře obsluha stroje.



Obrázek 46: TruTops BEND-zpracování

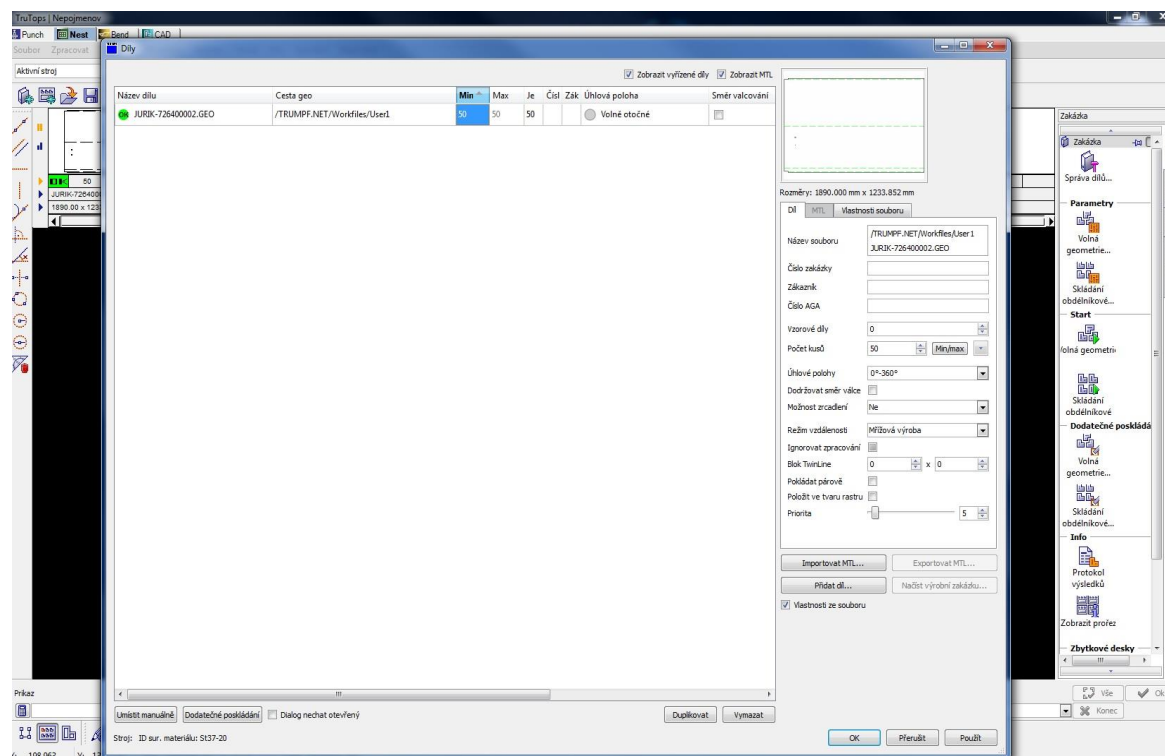


Obrázek 47: TruTops BEND-plán vybavení

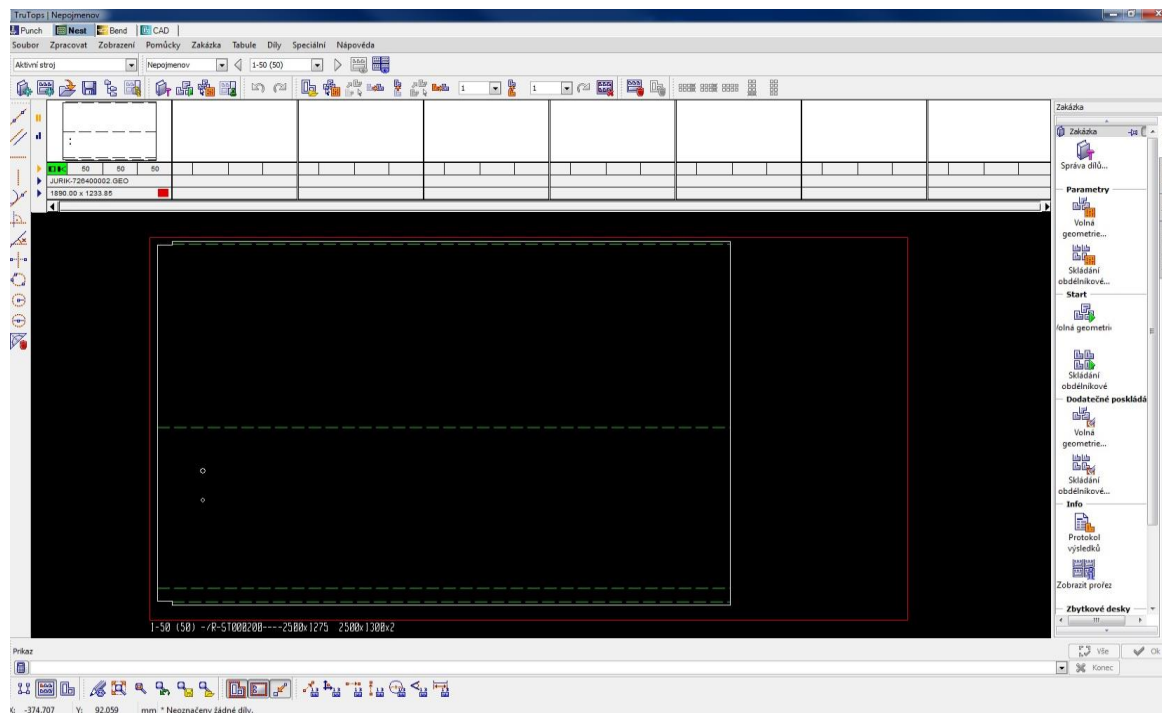


Obrázek 48: TruTops BEND-3D simulace

Jako další modul následuje NEST. Tento program je velice užitečný pro tvorbu zakázek na vysekávací lis, protože na základě vybraných výrobků z databáze vytvořených GEO souborů a počtu kusů, vypočítá optimální střížný plán. Parametry výpočtů se dají ovlivnit a také se dá dodatečně manuálně předělat poskládání dílů na tabuli.

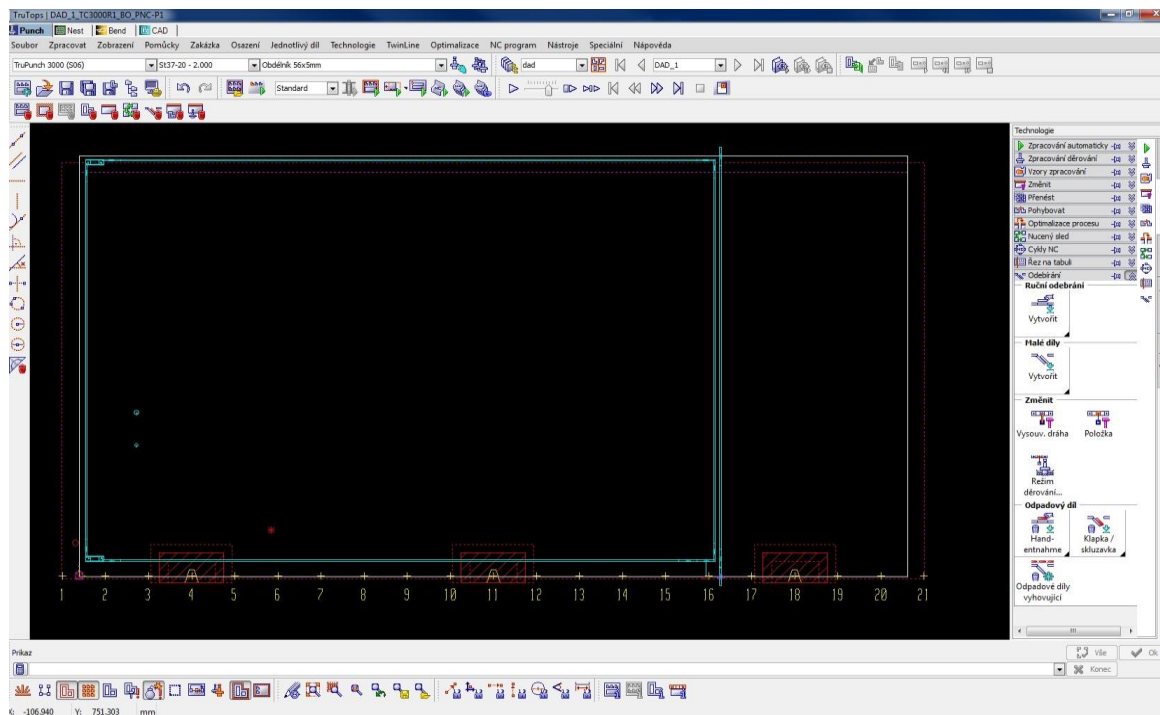


Obrázek 49: Tvorba zakázky v TruTops NEST

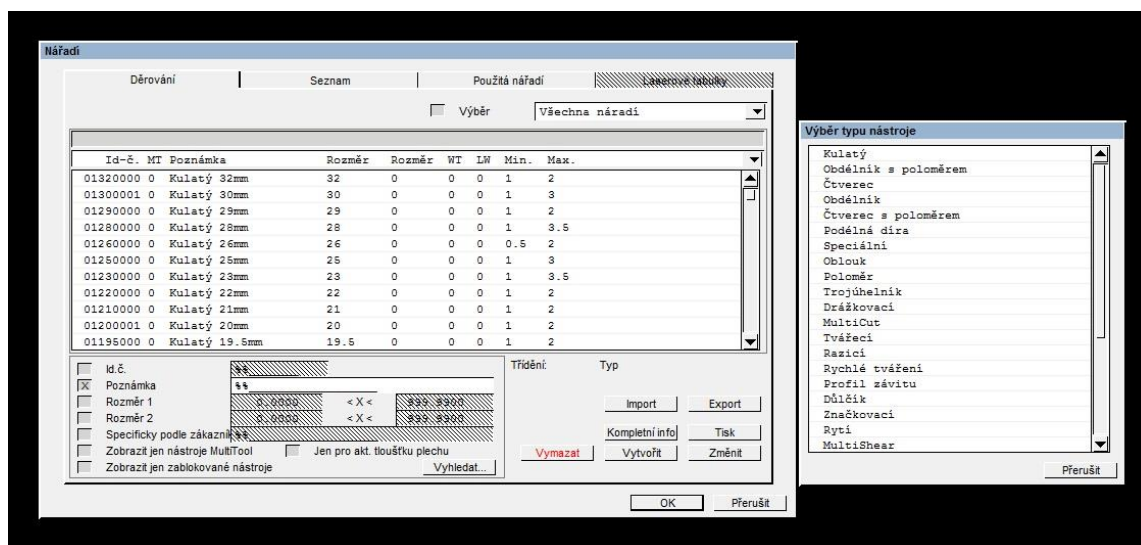


Obrázek 50: TruTops NEST

Poslední modul se nazývá TruTops PUNCH. Zde programátor tráví nejvíce času, protože musí každému obrysu přiřadit technologii (nástroje). Výhodou je, že se technologie s obrysem ukládá a při dalším výskytu již zpracovaného výrobku v další zakázce se nemusí znovu vytvářet. Dále se provádí optimalizace drah nástrojů a také pořadí, v jakém budou nástroje tvářet. Je zde možnost vytvořit si databázi nástrojů, které firma vlastní, takže máte okamžitý přehled, se kterými nástroji můžete pracovat.



Obrázek 51: TruTops PUNCH



Obrázek 52: Databáze nástrojů v TruTops PUNCH

6.2 Technologický postup

1 M3133 LIS vysek._TruPunch3000 230 0,40 hod. 4 1,0
Vyděrovat díl na CNC. 0,025 hod. 4 1,00

Pozice	Název	Klíč	Výkres	Atribut 1	Atribut 2	Atribut 3	Mnozství	MJ
1	PLECH 11321.21	35935		0137989990010	426312.32	2X1250X2500	50,00 kq	

VYDĚROVAT DÍL PODLE PROGRAMU S OHLEDEM NA VÝKRES.
ROZMĚR: 1890 x 1233,8 mm

Samokontrola rozměrů - s uvolněním.

Pomůcky pro operaci : 1 - Vyděrovat díl na CNC.			
Pomůcka	Atributy		Ks
Posuvné měřidlo digi	9409129991120	200mm	1
Posuvné měřidlo	9409129993100	1000mm	1

2 M3840 LIS OHRANOVACI - TRUMPF 230 0,30 hod. 4 1,0
Odjehlít a ohnout 0,085 hod. 4 1,00

ODJEHLIT PO LISOVÁNÍ.OHNOUT TVAR DLE VÝKRESU VČETNĚ
SPOLUÚČASTI 1 ZAMĚSTNANCE.

1.kus předložit ŘKJ, ostatní kontrolovat samokontrolou.

Pomůcky pro operaci : 2 - Odjehlít a ohnout			
Pomůcka	Atributy		Ks
Úhломěr			1
Svinovací metr	25 1146	2m	1
Posuvné měřidlo	9409129991111M	150mm	1

Obrázek 53: Technologický postup pro CNC technologii

6.3 Rozbor technologického postupu

- Operace číslo 1. Obsluha vysekávacího lisu otevře daný program, podle kterého nachystá potřebné nástroje. Po spuštění programu odebírá jednotlivé vysekané polotovary, které skládá na paletu.
- Operace číslo 2. Dělník všechny kusy odjehlí. Poté na ohraňovacím lisu otevře program, dle kterého si nastaví nástroje. Po ohnutí prvního kusu provede úhlovou korekci a ohne všechny ostatní.

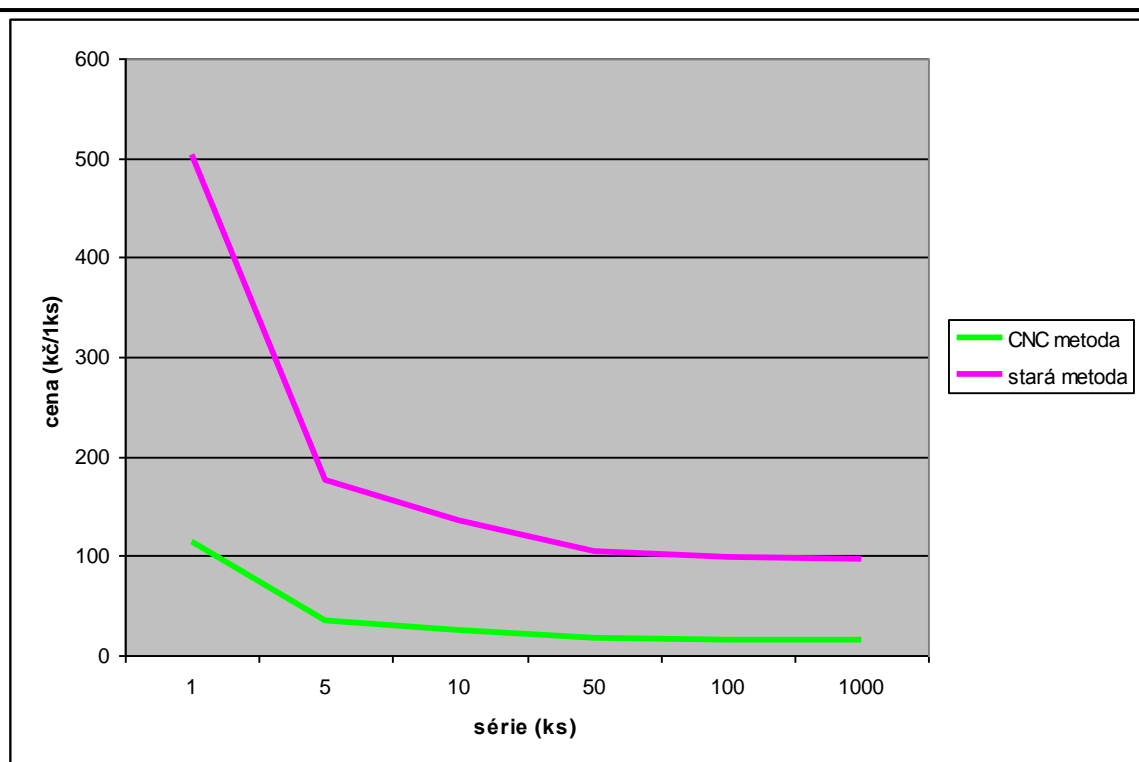
7 POROVNÁNÍ STARŠÍ KLASICKÉ TECHNOLOGIE A MODERNÍ CNC TECHNOLOGIE

7.1 Ekonomická stránka

Cenu výrobku určuje souhrn faktorů, jako jsou cena za materiál, odpisy strojů, výrobní čas (mzda obsluhy stroje), marže, fixní náklady a jiné. Předpokládejme, že spotřebovaný materiál bude téměř shodný u obou alternativ. Protože zisková přírážka, odpisy na stroje a režie se v každé firmě liší, porovnávejme tedy na základě průměrné mzdy ze čtvrtého čtvrtletí 2012, která činí 22 446 Kč [7] rozlišnost ceny za práci zaměstnanců na výrobku pro obě metody výroby tak, aby mělo finanční vyhodnocení určitou vypovídající hodnotu.

Tabulka 5: Porovnání finančních nákladů za práci na zhotovení výrobku CNC a starší klasickou metodou

SÉRIE (ks)	CENA PRÁCE ZAMĚSTANCE NA VÝROBKU PŘI DANÉ SÉRII (Kč/ks)		FINANČNÍ ÚSPORA ZA PRÁCI ZAMĚSTNANCE NA JEDNOM KUSU VÝROBKU PŘI POUŽITÍ CNC METODY (Kč)	CELKOVÁ FINANČNÍ ÚSPORA ZA PRÁCI ZAMĚSTNANCE NA CELÉ ZAKÁZCE PŘI POUŽITÍ CNC METODY (Kč)
	STARÁ METODA	CNC METODA		
1	502,37	113,63	388,74	388,74
5	176,90	35,07	141,83	709,15
10	136,21	25,25	110,95	1 109,53
50	103,66	17,40	86,26	4 313,14
100	99,59	16,41	83,18	8 317,65
1 000	95,93	15,53	80,40	80 398,77



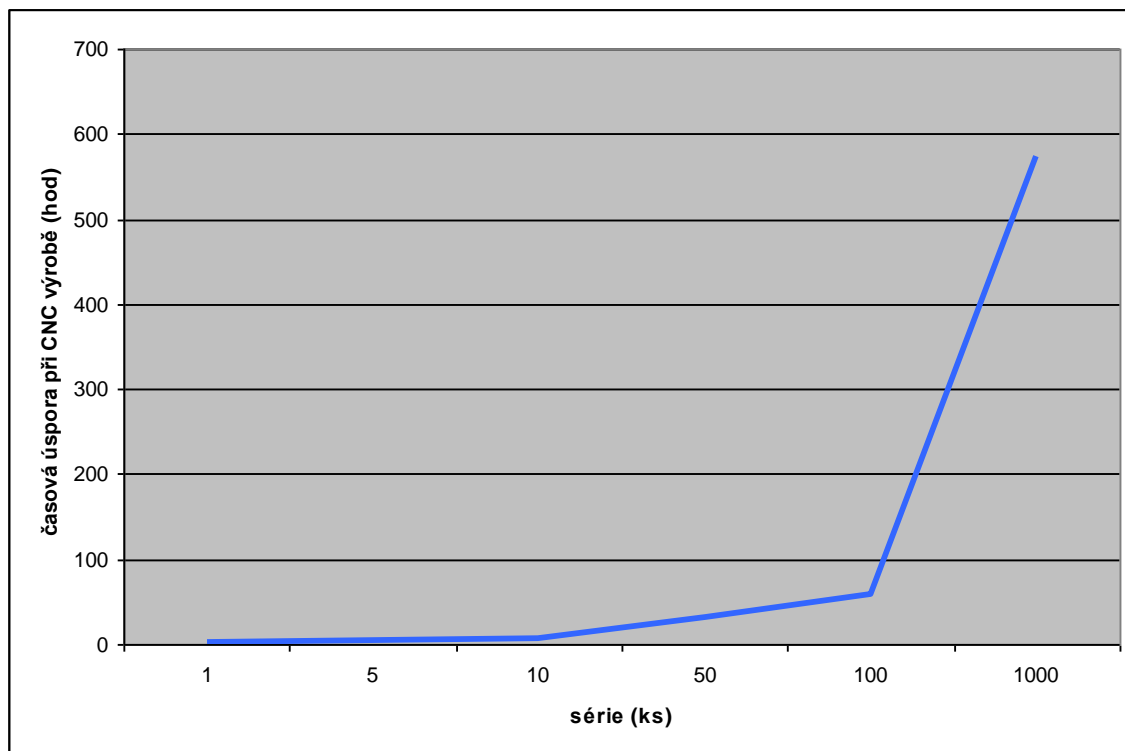
Obrázek 54: Porovnání finančních nákladů za práci na zhotovení výrobku CNC a starší klasickou metodou

Z výše uvedeného vyplývá, že náklady na pracovní sílu při výrobě zadaného výrobku jsou u CNC metody mnohem menší než u klasického způsobu. Konkrétně u série 1 ks je CNC metoda 4,4krát levnější a u 1000 kusů je levnější dokonce 6,2krát. Cena za kus u obou způsobů se snižuje s rostoucím počtem série. Je to proto, že při výpočtu ceny za 1 ks sečteme výrobní časy všech operací a přípravný čas, který je stejný pro jeden i tisíc kusů, se rozloží na počet kusů v sérii. Nejmarkantnější snižování můžeme v běžných případech pozorovat do série 100 kusů. Potom už snižování roste pomaleji.

7.2 Časové úspory

Tabulka 6: Porovnání výrobních časů CNC a starší klasické metody výroby

SÉRIE (ks)	DOBA VÝROBY CELÉ ZAKÁZKY (hod.)		ČASOVÁ ÚSPORA PŘI UŽITÍ CNC METODY (hod.)	ČASOVÁ ÚSPORA PŘI UŽITÍ CNC METODY (pracovní směny)
	STARÁ METODA	CNC METODA		
1	3,581	0,81	2,8	0,37
5	6,305	1,25	5,1	0,68
10	9,709	1,80	7,9	1,05
50	36,945	6,20	30,7	4,09
100	70,990	11,70	59,3	7,91
1000	683,800	110,70	573,1	76,41



Obrázek 55: Znázornění časové úspory výrobou CNC oproti klasickému způsobu

Z výše uvedeného je patrné, že CNC technologie je oproti klasickému způsobu výroby značně časově výhodná. Pro představu uvažujme, že standardní firmy pracují na dvě směny (tedy 15 hodin denně). To by ovšem znamenalo, že například 100 ks zadaného výrobku budeme mít vyrobeno o 4 dny dříve a 1000 kusovou sérii dokonce o 38 dní dříve. Uznejte sami, že v době ekonomické krize a silné konkurence je tento rozdíl zásadní.

ZÁVĚR

Tématem této práce bylo zhodnotit CNC a klasický způsob plošného tváření a ekonomický přínos CNC technologie.

Na zadaném výrobku byla provedena analýza CNC i klasické výroby, porovnávali se výhody a nevýhody a řešila se otázka ekonomiky. Z výše uvedeného vyplývá, že CNC metoda plošného tváření oproti klasické nabízí špičkovou jakost a přesnost výrobků, minimální výrobní časy a v rámci nástrojové výbavy rozsáhlé možnosti. Nevýhodou jsou vyšší počáteční investice do strojů a potřeba programátora, který bude chystat práci pro obsluhu těchto strojů.

V 21. století firmy zabývající se zpracováním plechu přešly na CNC výrobu buď zcela, nebo z velké části a to díky ekonomickým úsporám, kratším výrobním časům a flexibilitě, což činí firmu konkurenceschopnější.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Literatura

- [1] Bareš, Richard. 1971. *Lisování: Určeno [také] stud. na stř. a vys. odb. školách*. Praha : SNTL, 1971. str. 542.
- [2] Březina, Richard a Petruželka, Jiří. 2002. *Úvod do tváření II*. Ostrava : Vysoká škola báňská - technická univerzita, 2002. str. 338. 80-248-0068-3.
- [3] Hrivňák, Andrej, Domazetovič, Zuko a Podolský, Michal. 1992. *Teória tvárnenia a nástroje*. Bratislava : ALFA, 1992. 80-050-1032-X.
- [4] Kocman, Karel. 2004. *Speciální technologie: obrábění*. Brno : CERM, 2004. 3. přeprac. a dopl., str. 227. 80-214-2562-8.
- [5] Macháček, Zdeněk et al. 1986. *Speciální technologie I: plošné a objemové tváření*. Brno : VUT, 1986. str. 168.

Internetové zdroje

- [6] AŽD Praha. [Online] [Citace: 12. 04 2013.] <http://www.azd.cz/>.
- [7] Český statistický úřad. [Online] [Citace: 12. 04 2013.] <http://www.czso.cz/>.
- [8] Lata, Miroslav. 2010. Diplomová práce. *Výroba součástí technologií přesného střihání*. [Online] 2010. [Citace: 03. 04 2013.] http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29483.
- [9] MM Průmyslové spektrum. [Online] [Citace: 12. 04 2013.] www.mmspektrum.com/100715.
- [10] Oborný, Roman. 2008. Diplomová práce. *Výroba spony bezpečnostního pásu*. [Online] 2008. [Citace: 12. 04 2013.] http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=4750.
- [11] Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky. [Online] [Citace: 12. 04 2013.] <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/01-12-Macek.html>.
- [12] Technická univerzita Liberec - Fakulta strojní: Technologie II. [Online] [Citace: 12. 04 2013.] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.html.
- [13] Trumpf Česká republika. [Online] [Citace: 12. 04 2013.] www.cz.trumpf.com.
- [14] Wikipedie. *Otevřená encyklopedie: Tváření*. [Online] 2012. [Citace: 12. 04 2013.] <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Tv%C3%A1%C5%99en%C3%AD&oldid=9073265>.

Podnikové informace

- [15] Podnikové informace. Olomouc : AŽD Praha, 2013.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

aj.	a jiné
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
AŽD	automatizace železniční dopravy
CNC	computer numerical control
CSc.	akademicko-vědecký titul kandidát věd
ČSN	česká státní norma
doc.	vědecko-pedagogický titul docent
Ing.	akademický titul inženýr
min.	minimálně
např.	například
NC	numerical control
Ph.D.	akademicko-vědecký titul doktor
prof.	vědecko-pedagogický titul profesor
s.r.o.	s ručením omezeným
tj.	to je
USA	United States of America

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Princip hydraulického lisu	13
Obrázek 2: Fáze střížného procesu.....	16
Obrázek 3: Deformační pásma při stříhání.....	17
Obrázek 4: Stříhání rovnoběžnými noži.....	18
Obrázek 5: Princip a silové působení u stříhu s rovnoběžnými noži	18
Obrázek 6: Stříhání šikmými noži.....	1
Obrázek 7: Stříhání skloněnými, šikmými, noži.....	20
Obrázek 8: Kotoučové nůžky při stříhání pásů	21
Obrázek 9: Křivkové nůžky s různým uspořádáním nožů	21
Obrázek 10: Stříhání čtvercového, kruhového a profilového materiálu.....	22
Obrázek 11: Vizuální rozdělení stříhacích operací.	23
Obrázek 12: Schéma stříhání pomocí střížného nástroje.	23
Obrázek 13: Vliv zkosení střížníku a střížnice na velikost a průběh střížné síly při vystřihování a děrování.	24
Obrázek 14: Vliv střížné mezery na tvar střížné plochy. Popisky:	24
Obrázek 15: Jednoduchý střížný nástroj	25
Obrázek 16: Postupové stříhadlo.....	26
Obrázek 17: Sloučené stříhadlo.....	27
Obrázek 18: Schéma přistřihování. Popisky:	28
Obrázek 19: Stříhání se zaoblenou hranou.....	29
Obrázek 20: a, b - kalibrování vnějšího obrysu, c- kalibrování otvoru.	29
Obrázek 21: Schéma přesného stříhání s nátláčnou hranou.....	30
Obrázek 22: Geometrie střížné hrany.....	30
Obrázek 23: Deformace průřezu během ohýbání pro rozdílné výšky a profily.	32
Obrázek 24: Rozložení a velikost napětí v materiálu.....	33
Obrázek 25: Posunutí neutrální osy v místě ohybu.....	34
Obrázek 26: Odpružení materiálu pro ohyb tvaru V a U	35
Obrázek 27: Průběh ohýbací síly včetně kalibrace.....	35
Obrázek 28: Hodnoty úhlu odpružení pro některé materiály	36
Obrázek 29: Vliv vláken na ohýbání.....	37
Obrázek 30: Ruční ohýbací stroj s otočnou deskou.	37
Obrázek 31: Ohýbání válcováním na válcích.....	38

Obrázek 32: Příklady technologie ohraňování.	38
Obrázek 33: Princip technologie lemování.	39
Obrázek 34: Uspořádání zakružovaček (vlevo) a detail zakružování kužele (vpravo).	39
Obrázek 35: Zakružovadlo s pryžovým válcem.	40
Obrázek 36: Ukázka nástrojů pro ohyb do tvaru V a U.	40
Obrázek 37: Logo firmy AŽD Praha.	43
Obrázek 38: TruPunch 3000	44
Obrázek 39: TruBend 5170	45
Obrázek 40: Výkres zadaného výrobku	46
Obrázek 41: 3D model zadaného výrobku	47
Obrázek 42: Technologický postup starší výrobní metody	48
Obrázek 43: TruTops Unfold.	51
Obrázek 44: Vygenerování GEO souboru v TruTops Unfold.	51
Obrázek 45: TruTops CAD.	52
Obrázek 46: TruTops BEND-zpracování.	53
Obrázek 47: TruTops BEND-plán vybavení.	53
Obrázek 48: TruTops BEND-3D simulace.	54
Obrázek 49: Tvorba zakázky v TruTops NEST.	54
Obrázek 50: TruTops NEST.	55
Obrázek 51: TruTops PUNCH.	56
Obrázek 52: Databáze nástrojů v TruTops PUNCH.	56
Obrázek 53: Technologický postup pro CNC technologii.	57
Obrázek 54: Porovnání finančních nákladů za práci na zhotovení výrobku CNC.	59
Obrázek 55: Znázornění časové úspory výrobou CNC oproti klasickému způsobu.	60

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Základní operace při stříhání dle ČSN 22 60 01.....	15
Tabulka 2: Rozdělení stříhacích operací	22
Tabulka 3: Rozdělení technologie ohýbání dle ČSN 22 60 01.	32
Tabulka 4: Hodnoty součinitele x	34
Tabulka 5: Porovnání finančních nákladů za práci na zhotovení výrobku CNC a starší klasickou metodou.	58
Tabulka 6: Porovnání výrobních časů CNC a starší klasické metody výroby.	59