

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

MODERNÍ METODY OHÝBÁNÍ PLECHŮ

MODERN METHODS OF SHEET METAL BENDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN VALČÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. EVA ŠMEHLÍKOVÁ

BRNO 2008

ABSTRAKT

VALČÍK Jan: Moderní metody ohýbání plechu

Předložená práce vypracovaná v rámci bakalářského studia B2339-00 Strojní inženýrství ukazuje na moderní metody v oblasti ohýbání plechů. Na základě literární studie a vlastních zkušeností je v práci představena problematika ohybu, technologie využívající procesu ohýbání, stroje a nástroje pro prosté ohýbání, ohraňování plechů a materiály používané pro výrobu ohýbaných součástí. Součástí dokumentace je příklad vyráběné součásti firmou VN-Ú s.r.o. ke které je navržena modernizace výrobního postupu za pomoci moderních strojů a nástrojů.

Klíčová slova: Technologie ohýbání, Prosté ohýbání, Ohraňování, Plechy

ABSTRACT

VALČÍK Jan: Modern methods of sheet metal bending

Submitted work fully fashioned within the frame of bachelor study B2339-00 Mechanical engineering occupy oneself with modern methods in the area sheet metal bending. For consideration literary production and own experience is in the work directress dilemma inflexion, technologies exploited the process of bending, machines and tools for constitutive bending, press breaking the sheet metal and materials using for mode of production bending components. A part of documentation is for explain producing components by company VN-U s.r.o., which one has renovation course of manufacture with the help modern machinery and tools.

Keywords: Bending technology, Constitutive bending, Press breaking, Sheets

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VALČÍK, J. *Moderní metody ohýbání plechů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 43s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Šmehlíková.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 10.5.2008

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

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

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

	Str.
1. ÚVOD	9
2. OHÝBÁNÍ	10
2.1. NAPĚTÍ PŘI OHYBU	10
2.2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY OHYBU	11
2.2.1 Poloha neutrální osy	11
2.2.2 Stanovení délky polotovaru	11
2.2.3 Odpružení při ohybu (U a V)	11
2.2.4 Minimální a maximální poloměr ohybu.....	12
2.2.5 Výpočet ohýbací síly a práce u ohybu (U a V)	13
2.2.6 Porušení materiálu při ohybu	14
2.3. TECHNOLOGIE VYUŽÍVAJÍCÍ PROCESU OHÝBÁNÍ	15
2.3.1 Prostý ohyb	15
2.3.2 Ohraňování.....	15
2.3.3 Zakružování	15
2.3.4 Lemování	16
2.3.5 Rovnání	17
2.3.6 Kontinuální ohýbání profilovými válci.....	17
2.4. STROJE A NÁSTROJE PRO PROSTÉ OHÝBÁNÍ	18
2.4.1 Ruční prosté ohýbání plechů	18
2.4.2 Strojní prosté ohýbání	20
2.5 STROJE A NÁSTROJE PRO OHRAŇOVÁNÍ PLECHŮ	23
2.5.1 NC ohraňovací lisy.....	23
2.5.2 CNC ohraňovací lisy	23
2.5.3 Nástroje pro ohraňování.....	28

2.6 PLECHY POUŽÍVANÉ VE VÝROBĚ	30
2.6.1 Ocelové plechy.....	30
2.6.2 Hliníkové plechy	33
2.6.3 Měděné plechy	34
2.6.4 Mosazné plechy.....	34
2.6.5 Bronzové plechy	35
2.6.6 Nerezové plechy.....	35
 3. VÝROBNÍ POSTUP OHÝBÁNÉ SOUČÁSTI	37
3.1 VYRÁBĚNÁ SOUČÁST	37
3.2 VÝROBNÍ POSTUP	37
 4. ZÁVĚR	40

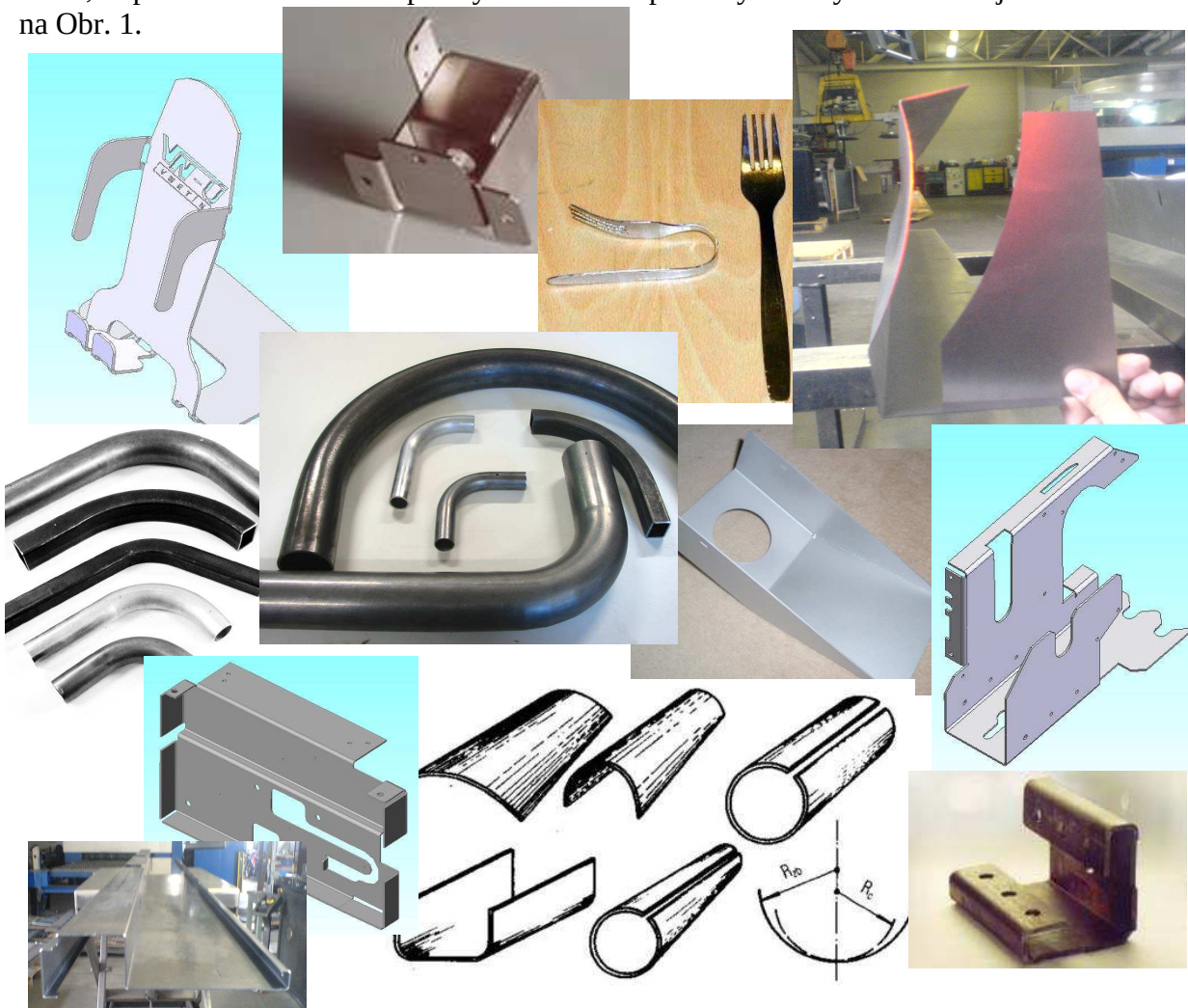
Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam příloh

1. ÚVOD

Ohýbané součásti mají v dnešní době dominantní postavení na trhu. Lze je nalézt skoro ve všech montážních celcích. Velký rozvoj v oblasti ohýbání se zaznamenal v posledních letech z důvodů efektivnosti, zkrácení strojních časů, menších nákladů na výrobu a zjednodušení pracovních postupů a metod. Vyskytují se v mnoha průmyslových odvětvích jako strojírenství, automobilový průmysl, potravinářský průmysl, atd.. V automobilovém průmyslu jsou to například rámy, polotovary pro výrobu převodovek a výfuky. Další uplatnění nacházejí například při výrobě součástí zemědělských strojů, polotovarů přírub, ráfků pro jízdní kola, součástí kovového nábytku, plotů, silničního značení a veřejného osvětlení. V loďařství a stavebnictví je užití ohnutých součástí velmi široké, například při výrobě mostních konstrukcí, konstrukcí hal, železničních i silničních tunelů, schodišť, výtahů, eskalátorů, vrat apod.. Žádná strojírenská firma se v dnešní době neobejde bez ohýbačky. Ty mohou být ruční, motorové a nebo CNC ohraňovací lisy, které jsou v dnešní době již plně automatizovány a vývoj jejich automatizace je pořád zdokonalován. Lze ohýbat různé materiály, jako ocelové plechy, trubky, pásy nebo plastové polotovary a další materiály, které mají dostatečnou tažnost pro ohyb, aby nedošlo k porušení. Materiály, které se používají pro ohýbání jsou v dnešní době také zdokonalovány, hlavně co se týká povrchové úpravy materiálu. Tyto moderní materiály se užívají hlavně tam, kde je vyžadována povrchová úprava po ohybu, čemuž se těmito moderními materiály předejde a může se ohýbat přímo na místě, například ve stavebním průmyslu. Některé příklady ohnutých součástí je možno vidět na Obr. 1.



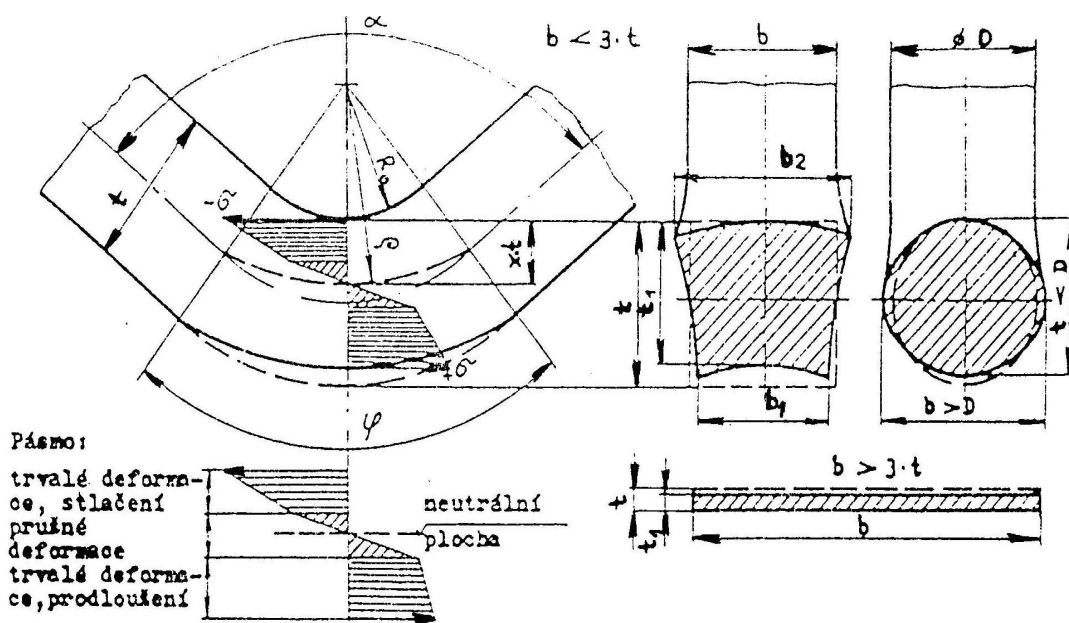
Obr. 1. Příklady ohnutých součástí [10]

2. OHÝBÁNÍ [1]

Ohýbání je technologická operace, při které dochází k trvalé deformaci materiálu vlivem ohybového momentu od ohybové síly, při níž se materiál vzniklým napětím buď ohýbá nebo rovná. Ohýbáním se dosahuje požadované změny tvaru bez podstatné změny průřezu, a proto patří do oblasti plošného tváření. Ohýbání se provádí ve většině případů za studena, v případě velkých průřezů materiálů vyšší pevnosti za tepla. Lze rozlišit ohýbání úzkých polotovarů ($b < 3t$) a širokých polotovarů ($b > 3t$). Při ohýbání úzkých polotovarů se deformuje příčný průřez více než při ohýbání širokých polotovarů. Stroje, respektive zařízení, používaná pro ohýbání jsou různá a používají se podle způsobu a zejména s přihlédnutím k velikosti a množství ohýbaných součástí. Technologie ohýbání se užívá pro tváření mnoha polotovarů jako například plechů, pásů, trubek, profilů, tyčí atd.. Vzhledem k předpokládanému rozsahu zadané práce bude problematika ohýbání zúžena pouze na ohýbání plechů a pásů.

2.1 NAPĚTÍ PŘI OHYBU [1]

Pro dosažení trvalého ohybu je nutné, aby ohybové napětí bylo nad mezí kluzu R_e , ale nesmí překročit mez pevnosti R_m , jinak by mohlo dojít k porušení soudržnosti tvářeného materiálu. Kolem střední části průřezu jsou tahová napětí malá a dosahují meze úměrnosti. Na vnitřní straně ohýbaného polotovaru vzniká tlakové napětí a na vnější straně zase dochází k napětí tahovému (Obr. 2.). Deformace materiálu je pružně-plastická.



Obr. 2 Průběhy napětí v ohýbaném průřezu [1]

Z Obr. 2 je zřejmé, že v místě, kde se mění tahové napětí je vrstva bez napětí a též i bez deformace. Tato neutrální plocha je důležitá při zjišťování délky výchozího polotovaru ohýbané součásti. U velkých polotovarů se předpokládá, že neutrální plocha je uprostřed tloušťky materiálu. Se zmenšujícím se poloměrem ohybu se vlivem působení napětí a deformace průřezu neutrální plocha posouvá směrem ke stlačeným vláknům.

Hlavním parametrem ohybu je poměr R_2/t :

$R_2/t > 6$	znamená volný ohyb.
$R_2/t < 6$	znamená ostrý ohyb

2.2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY OHYBU [1], [9]

2.2.1 Poloha neutrální osy [1]

Na neutrální ose není napětí a při ohýbání se ani neprodlužuje ani nezkracuje. Neutrální osa není totožná s osou těžiště. U velkých poloměrů ohybu, kde $R_0 > 12t$ se předpokládá, že neutrální plocha je uprostřed tloušťky ohýbaného materiálu a poloměr se vypočte ze vztahu:

$$\rho = R_0 + \frac{1}{2}t \quad (2.1)$$

Pro menší poloměry ohybu $R_0 < 12t$ se vlivem působení napětí a deformace průřezu neutrální plocha posouvá směrem ke stlačeným vláknům a její poloměr se vypočte ze vztahu:

$$\rho = R_0 + x \cdot t \quad (2.2)$$

R_0 poloměr ohybu [mm]

t tloušťka materiálu [mm]

x součinitel polohy neutrální plochy. Velikost x je proměnná a závislá na poměru velikosti poloměru ohybu a tloušťce ohýbaného polotovaru.

2.2.2 Stanovení délky polotovaru [1]

Délka polotovaru pro ohýbanou součást l_n je rovna součtu všech délek rovných úseků konečné součásti a délek oblouků v neutrální vrstvě v místě ohybu.

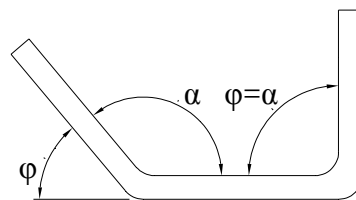
$$l_n = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot (R_0 + x \cdot t) \quad (2.3)$$

φ úhel ohybu [°]

R_0 poloměr ohybu [mm]

t tloušťka materiálu [mm]

x koeficient posunu neutrální plochy [mm]



Úhel ohnutého úseku φ se rovná úhlu α jen při 90°. Ve všech ostatních případech je $\varphi = 180^\circ - \alpha$, kde α je sevřený úhel ramen ohnuté součásti, tedy úhel ohybu. Délka polotovaru se může také odečíst přímo z programu, ve kterém je součást vymodelována.

2.2.3 Odpružení při ohybu U a V [1]

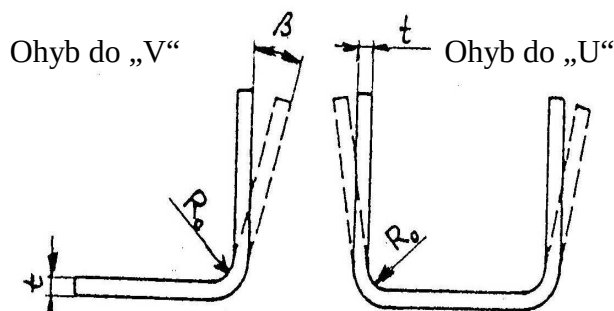
Při ohýbání polotovaru má materiál po odlehčení deformační síly snahu se vrátit do původního tvaru a to o určitý úhel odpružení β (Obr. 3). Ohyb je pružně tvárnou deformací a jakmile na materiál přestane působit deformační síla, zruší se i pružná deformace a tím se mění úhel. Proto se materiál musí přehnout o úhel odpružení, aby bylo dosaženo požadovaného úhlu ohybu. Na odpružení mají vliv mechanické vlastnosti materiálu, tloušťka materiálu, poměr poloměru ohybu k tloušťce materiálu, velikost úhlu ohybu a konstrukce ohýbadla. Velikost odpružení lze zjistit pomocí diagramů sestavených na základě praktických zkoušek nebo pomocí výpočtů:

- ohýbání do tvaru V

$$\tan \beta = 0,375 \cdot \frac{l}{k \cdot t} \cdot \frac{R_e}{E} \rightarrow \beta \quad (2.4)$$

- ohýbání do tvaru U

$$\tan \beta = 0,75 \cdot \frac{l_m}{k \cdot t} \cdot \frac{R_e}{E} \rightarrow \beta \quad (2.5)$$

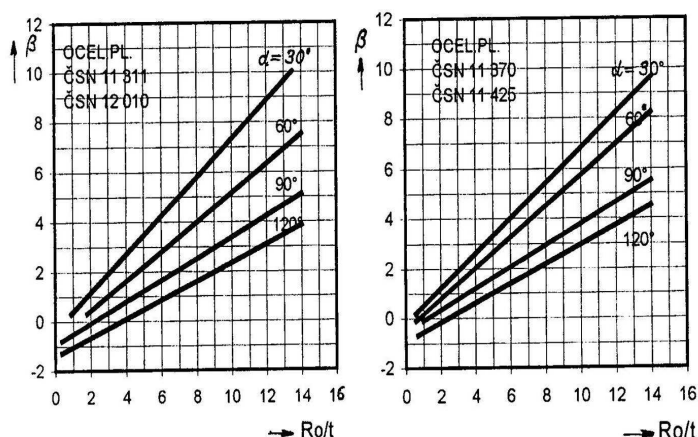


Obr. 3 Odpružení při ohybu U a V [1]

B..... úhel odpružení [°]
 l vzdálenost ohýbacích částí [mm]
 l_m rameno ohybu [mm]
 k součinitel určující polohu neutrální plochy v závislosti na poměru R₀ / t (dle ČSN například z diagramu viz Obr. 4).

Diagramy pro určení odpružení

Slouží pro orientační určení velikosti odpružení v praxi, které jsou zpracovány pro ocel, hliník, měď a jejich slitiny. Odpružení pro úhly α=30°, 60°, 90°, 120° jsou znázorněny na Obr. 4.



Obr. 4 Diagramy pro určení odpružení pro oceli 11 [1]

2.2.4 Minimální a maximální poloměr ohybu [9]

Minimální poloměr ohybu

Poloměr, při jehož překročení by na vnější tahové straně ohybu došlo k porušení materiálu v krajních vláknech a jeho znehodnocení. Závisí především na plastičnosti materiálu, druhu materiálu, tloušťce plechu, způsobu ohýbání a na kvalitě povrchu.

$$R_{\min} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c \cdot t \quad (2.6)$$

t tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

ε_c mezní prodloužení → při jeho překročení dojde k porušení ohýbaného materiálu (napětí přesáhne mez pevnosti v tahu R_m) [mm]

c koeficient [-]:

měkká ocel:	c = 0,5 ÷ 0,6
měkká mosaz:	c = 0,3 ÷ 0,4
hliník:	c = 0,35
dural:	c = 3 ÷ 6
měkká měď:	c = 0,25

Orientační hodnoty platící pro optimální povrch (bez rýh a mikrotrhlin) a pro příčný či podélný směr vláken.

Maximální poloměr ohybu

Poloměr, při němž v krajních vláknech na tahové straně dojde k trvalé deformaci. Vypočteme jej ze vztahu:

$$R_{\max} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) \quad (2.7)$$

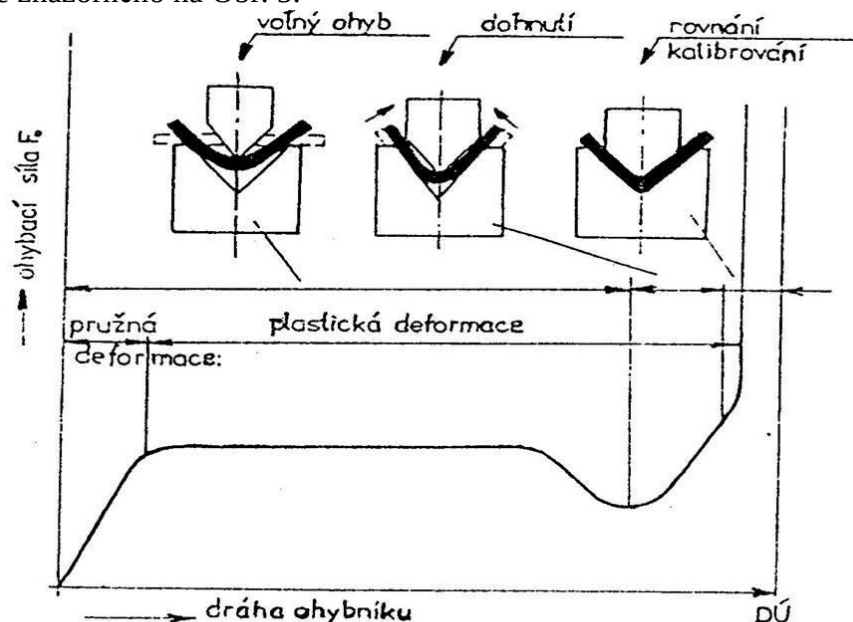
t tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

E modul pružnosti [MPa]

R_e mez pevnosti v kluzu [MPa]

2.2.5 Výpočet ohýbací síly a práce u ohybu U a V [1]

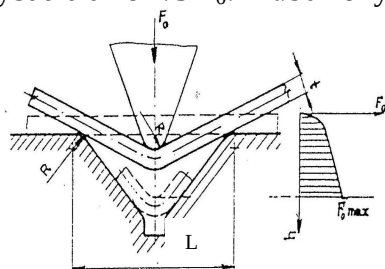
Výpočet se vztahuje ke dvěma základním způsobům ohýbání materiálů v praxi, a to výpočet ohýbací síly při zohlednění všech faktorů, které mají vliv na ohybový proces je velmi složitý, což je znázorněno na Obr. 5.



Obr. 5 Průběh ohýbací síly v závislosti na dráze ohybníku [1]

Ohýbání do tvaru V

Ohýbaný polotovár se považuje za nosník spočívající na dvou podporách ve vzdálenosti L zatíženého uprostřed silou F_0 . Ohýbací síla se zvětší třením polotovaru o funkční části ohýbadla až o $1/3 F_0$. Průběh ohýbací síly na dráze je uveden na Obr. 6.



Obr. 6 Ohýbání do tvaru V [1]

$$\text{síla: } F_{0V} = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{2 \cdot \rho} \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \quad (2.8)$$

$$\text{práce: } A_{0V} = \frac{1}{3} \cdot \frac{F_{0V} \cdot L}{1000} \quad (2.9)$$

F_{0V} síla při ohýbání do tvaru V [N]

A_{0V} práce při ohýbání do tvaru V [J]

α úhel ohybu [°]

ρ poloměr zaoblení středního vlákna [mm]

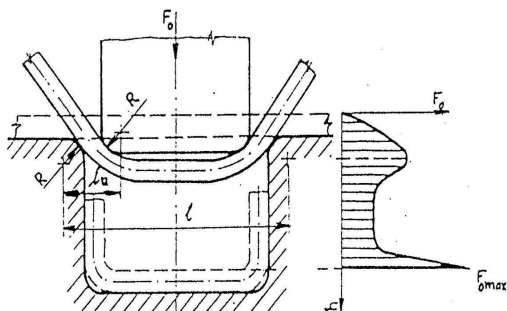
L vzdálenost mezi podporami [mm]

b šířka plechu [mm]

R_e mez pevnosti v kluzu [MPa]

Ohýbání do tvaru U

Podobný postup jako u ohýbání do tvaru „V“. Průběh ohýbací síly na dráze je uveden na Obr. 7.



Obr. 7 Ohýbání do tvaru U [1]

síla:

$$F_{0U} = (1 + 7\mu) \cdot \frac{b \cdot t^2 \cdot Re}{\rho_1 + t} \quad (2.10)$$

práce:

$$A_{0U} = \frac{2}{3} \cdot \frac{F_{0U} \cdot Z}{1000} \quad (2.11)$$

- F_{0U} síla při ohýbání do tvaru U [N]
 A_{0U} práce při ohýbání do tvaru U [J]
 b šířka plechu [mm]
 Re mez pevnosti v kluzu [MPa]
 ρ_1 poloměr ohybu [mm]
 Z potřebný zdvih [mm]
 μ součinitel tření [-]

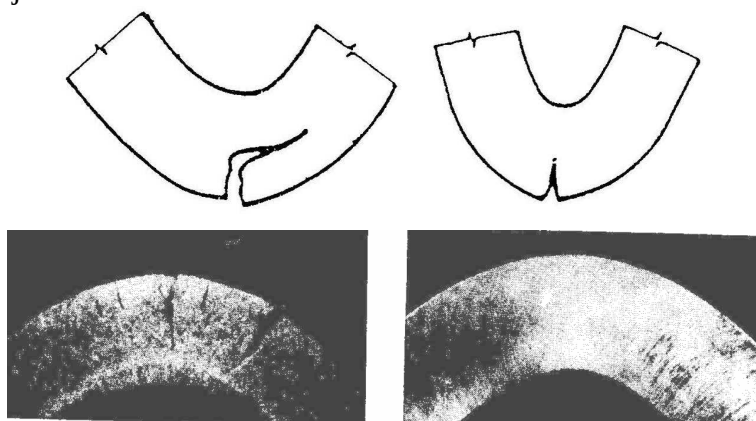
2.2.6 Porušení materiálu při ohybu [1]

Na získání přesného tvaru ohýbané součásti má vliv mnoho faktorů. Vyskytují se však i některé technologické problémy např. praskání materiálu. Vlivem zpevňování materiálu a při určité kritické hodnotě R_0/t se soudržnost materiálu poruší a vznikají trhlinky s průběhem dle obr. 8. Žíhaný materiál vydrží při stejné tloušťce ohýbání na menší poloměr ohybu než materiál původní. Nejmenší poloměr se často v praxi určuje teoreticky výpočtem, ale v praxi empirickým vztahem:

$$R_{0min} = k \cdot t \quad (2.12)$$

- k součinitel určující polohu neutrální plochy v závislosti na poměru R_0/t (dle ČSN z diagramu).
 t tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

Jiný problém v technologii ohýbání je např. tvoření vln. Vznikají při ohýbání předmětů s tenkými stěnami. Lze odstranit zařazením tahové síly při ohybu a nebo bočním přitlačením materiálu k nástroji.



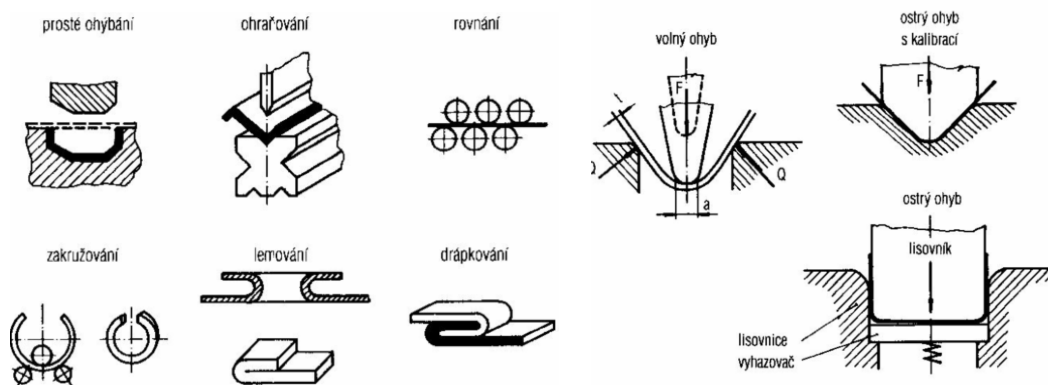
Obr. 8 Porušení materiálu při ohýbání [1]

2.3 TECHNOLOGIE VYUŽÍVAJÍCÍ PROCESU OHÝBÁNÍ [9]

Ohýbání se provádí buď za studena, a to strojně nebo ručně. Existuje mnoho technologií, které proces ohýbání využívají. Některé z nich jsou znázorněny na Obr. 9.

Ohýbání za studena – provádí se většina aplikací, a to ručním nebo strojním ohýbáním.

Ohýbání za tepla – provádí se u velkých tloušťek materiálů a u pevnějších materiálů, a to pouze metodou strojní.



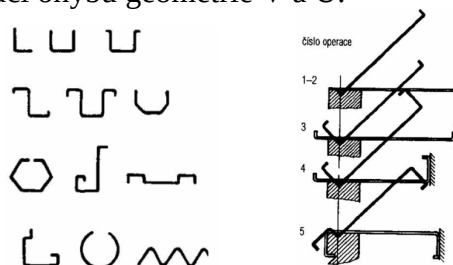
Obr. 9 Technologie využívající proces ohybu [9]

2.3.1 Prostý ohyb [9]

Používá se zejména u součástí menších rozměrů, které mají ostré poloměry ohybu. Tvar součástí může vzniknout kombinací ohybů tvaru U a V, které se odlišují z hlediska velikosti a průběhu ohybové síly. Ohýbadla se konstruují jako jednoduchá, postupová a sdružená. Polotovarem může být přístřih nebo pás plechu. Jedná se většinou o ruční ohýbání.

2.3.2 Ohraňování [9]

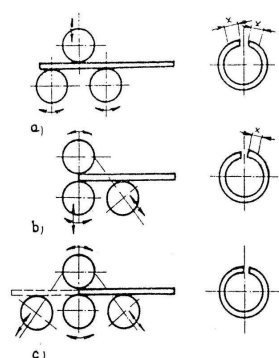
Ostré ohýbání plechu v různých úhlech. Ohraňuje se ručně nebo na ohraňovacích lisech. Ohraňovací lisy jsou v podstatě mechanické lisy a jsou určeny ke tvarování rozměrnějších polotovarů. Způsob práce je podobný jako s nástroji u mechanických lisů. Nástroje jsou však jednodušší a mají univerzální použitelnost. Součást s více různými ohyby je zhotovena postupně v technologickém sledu operací, kdy dochází k otáčení spodní lišty mezi jednotlivými operacemi nebo jsou lišty vyměňovány (Obr. 10). Ohraňování se uplatňuje zejména při tváření pásů plechu do tvaru profilů – jde většinou o ohyb ostrý ($R_2/t < 6$). Různé tvary se tvoří kombinací ohybu geometrie V a U.



Obr. 10 Různé tvary ohýbaných součástí [9]

2.3.3 Zakružování [9]

Jde o volný ohyb, dílce mají v příčných řezech kruhový či nekruhový tvar o velkých poloměrech, v podélném směru jsou povrchy přímkové. Provádí se na zakružovačkách různého provedení (Obr. 11). Používají se ruční nebo strojní zakružovačky. Tenké plechy se zakružují za studena na čtyřválcových zakružovačkách (Obr. 12) nebo tříválcových nesymetrických, u kterých nehrozí ostré „proboření“ plechu. Tlusté plechy ($t > 40$ mm) se zakružují za tepla.

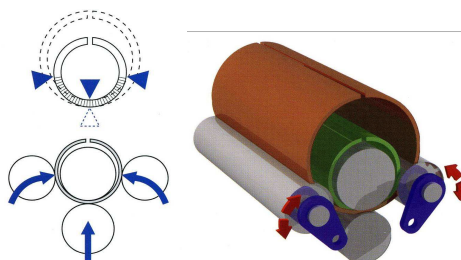


a... tříválcová symetrická zakružovačka

b... tříválcová asymetrická zakružovačka

c... čtyřválcová zakružovačka

Obr. 11 Typy zakružovaček [9]



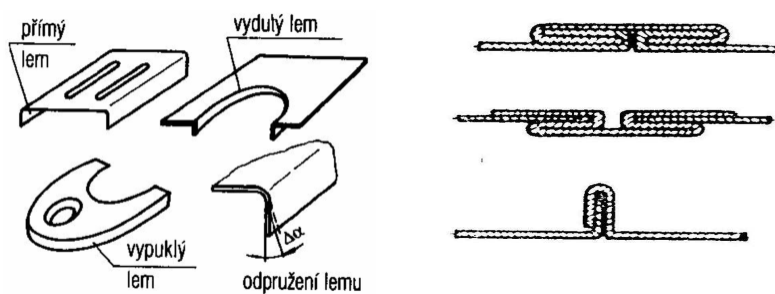
Obr. 12 Schéma práce čtyřválcové zakružovačky [10]

2.3.4 Lemování [9]

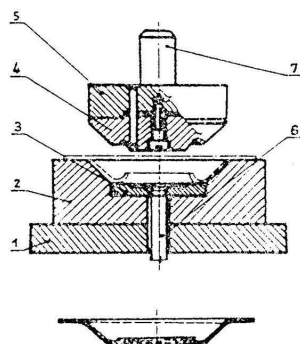
Ohýbání okraje rovinné a nebo prostorové plochy za účelem zaoblení ostrých hran, zpevnění okrajů a získání ozdobného vzhledu. Touto technologií lze vyvolit: přímý lem, vydutý lem a vypuklý lem zobrazené na Obr. 13.

U vypuklého lemu ($R_v < R_p$) mohou vzniknout vlny. Vlny představují defekt, který zapříčiní tlakové napětí působící ve směru obrysu, které zpěchovává přebytečný materiál.

U vydutého lemu ($R_v > R_p$) je materiál natahován a na okraji lemu mohou vznikat trhliny. Vznik vln lze potlačit zejména při lemování konvenčními lemovadly, kdy se proces podobá operaci tažení a tažná mezera zvlnění dovolí. Obecně platí, že nižší výška lemu, tlustější plech a menší úhel ohybu potlačuje jak vznik vln, tak i trhlin.



Obr. 13 Přímý lem, vydutý lem, vypuklý lem a odpružení lemu [9]



- 1... základová deska
- 2... spodní díl nástroje
- 3... vyhazovač
- 4... pohyblivý díl nástroje
- 5... upínací deska
- 6... vyhazovací trn
- 7... stopka

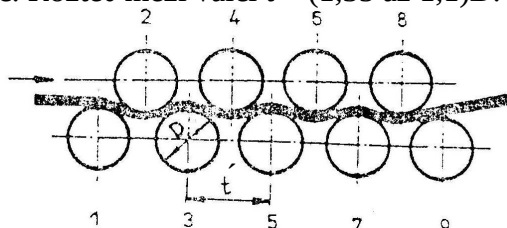
Obr. 14 Lemovačka [9]

2.3.5 Rovnání [9]

Rozlišujeme na ruční a strojní. Ručně se rovnají plechy a tyče kladivem. Strojní rovnání tabulí či pásů plechů se provádí na rovnačkách. Jde o střídavé ohýbání sestavou 7 až 17 naháněných válců, které v případě tenkých plechů mívají průměr ≈ 60 mm. Zakřivení způsobené prvními válci je největší, ohybové napětí je mnohem vyšší než mez kluzu R_e . Výstupní válce mají vzdálenost takovou, že se dosahuje již jen „pružných ohybových napětí“. Nerovnosti plechu jsou tak eliminovány. Existují dva způsoby rovnání materiálu, a to rovnání mezi válci a rovnání lisováním

Rovnání plechu mezi válci

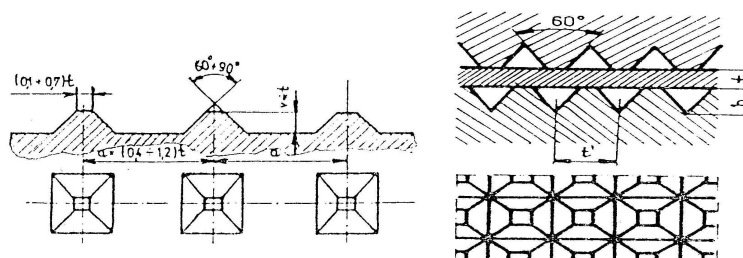
Rovnají se plechy dodávané ve svitcích – operace před lisováním. Obvodová rychlost rovnačích válců je do 2 m/sec. Rozteč mezi válci $t = (1,35 \text{ až } 1,1)D$.



Obr. 15 Rovnání plechu mezi válci [9]

Rovnání plechu lisováním

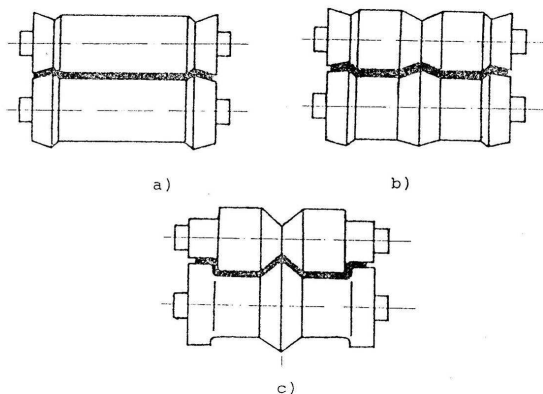
Používá se k rovnání drobnějších výstřižků z plechu, které nemají potřebnou rovinnost. Rovnačí čelisti jsou ploché nebo opatřené výstupky



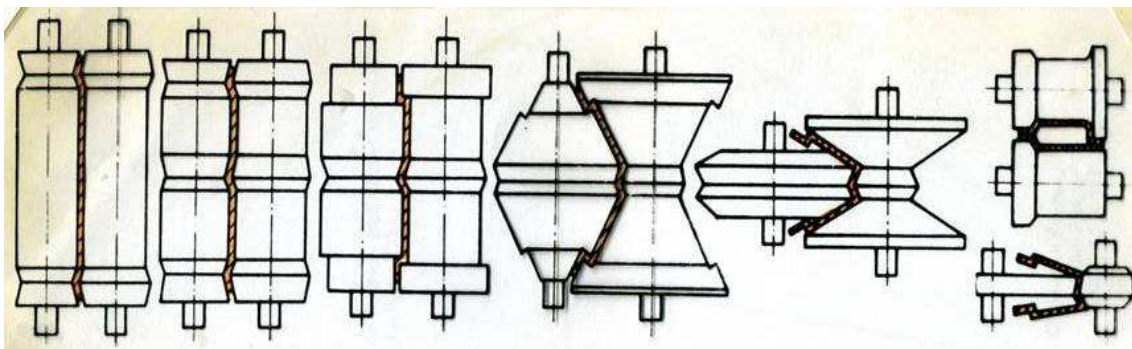
Obr. 16 Rovnání plechu lisováním [9]

2.3.6 Kontinuální ohýbání profilovými válci [9]

Plech je posunován mezi dvěma tvarovanými válci (Obr. 17), které mají mezi sebou stejnou vzdálenost jako tloušťka materiálu. Dá se nastavit pro každou tloušťku materiálu zvlášť.



Obr. 17 Kontinuální ohýbání profilovými válci [1]



Obr. 18 Výroba uzavřeného profilu [9]

„Vzhledem k velkému množství technologií využívajících procesu ohýbání, bude další část bakalářské práce zaměřena pouze na dvě nejrozšířenější technologie, a to technologii prostého ohybu a ohraňování.“

2.4 STROJE A NÁSTROJE PRO PROSTÉ OHÝBÁNÍ [1], [8],

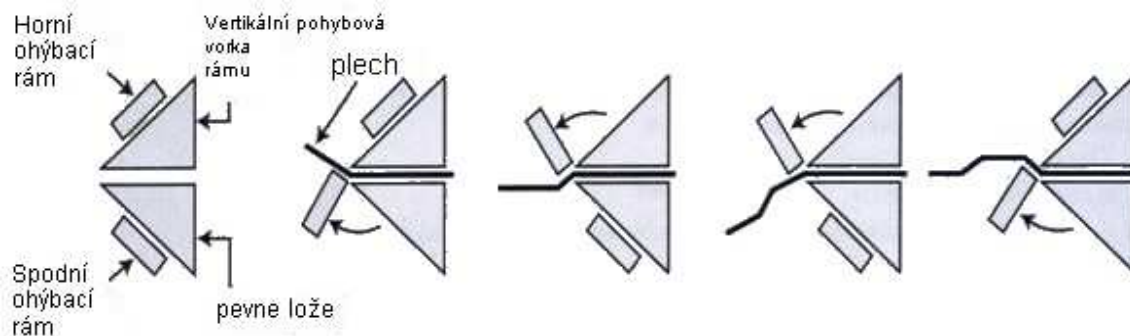
2.4.1 Ruční prosté ohýbání plechů [8]

a) Ohýbání ve svěráku

Bezprostředně mezi nejstarší metody ohýbání plechů patří ohýbání za pomoci pevné hrany a ohýbání ve svěráku, které jsou ale pouhou náhražkou za skutečné ohýbačky. Rozdíl mezi ohýbáním ve svěráku a pomocí ohýbačky lze poznat zejména tehdy, je-li nutno vyrobit složitější tvary a také je-li potřeba dodržet větší přesnost. Dlouhé ohyby tímto způsobem obvykle nelze ohýbat vůbec. Ve svěráku se ohýbají jednoduché, pravoúhlé a krátké ohyby za předpokladu, že ohýbaný plech je sevřen po délce ohybu a nebude se do plechu tlouci kladivem, aby nedošlo k povrchovému porušení. Jestliže bude délka ohybu delší než délka čelisti svěráku, tak se musí jejich délka prodloužit vložení silnějších úhelníků nebo dočasně vyměnit vložky v čelistech svěráku za delší. Pro upnutí plechu stačí svěrák otevřít jen nepatrně a proto mohou být použité vložky poměrně masivní. Výhodou přišroubovaných vložek z hranolů oproti vloženým úhelníkům je v tom, že mají větší tuhost a nemusí se při upínání sledovat jejich rovnoběžnost. Při ohýbání je omezena nejen délka čelistí, ale také jejich výška nad vřetenem svěráku, která podmiňuje délku plechu, kterou můžeme do svěráku založit. Hlavní nevýhodou těchto metod je značně velká nepřesnost ohýbaných součástí, dlouhé strojní časy a možnost použití jen v kusové výrobě.

b) Ohýbání na ohýbačkách

Mezi další metody ručního ohýbání patří jednoduché stroje mající přestavitelný pracovní stůl nazývané jako ohýbačky. Masivní litinová konstrukce zaručuje vysokou přesnost ohybů. Velikost ohýbaného plechu závisí na velikosti ohýbačky a úhel ohnutí je maximálně 135° u modernějších až 145°. Upínání plechu se provádí pomocí excentrických čepů, které zabezpečují jeho pevné upnutí při ohýbání. Plech je upnut mezi horním pohyblivým dílem a spodním nepohyblivým dílem a přední ohýbací čelistí je prováděn ohyb (Obr. 19). Velkou nevýhodou ruční ohýbačky při kusové výrobě je nepřesnost způsobená upínáním ke spodnímu nepohyblivému dílu na hranu čelisti. U většího počtu kusů můžeme použít dorazy, což nám dodá větší přesnosti a zrychlení výroby. Používají se v zámečnických dílnách, opravnách a údržbářských provozech.



Obr. 19 Postup ohýbání na ohýbačkách [2]

Ohýbačky pro ruční ohýbání lze rozdělit na litinové, segmentové a kombinované ohýbačky plechu.

- Litinové ohýbačky

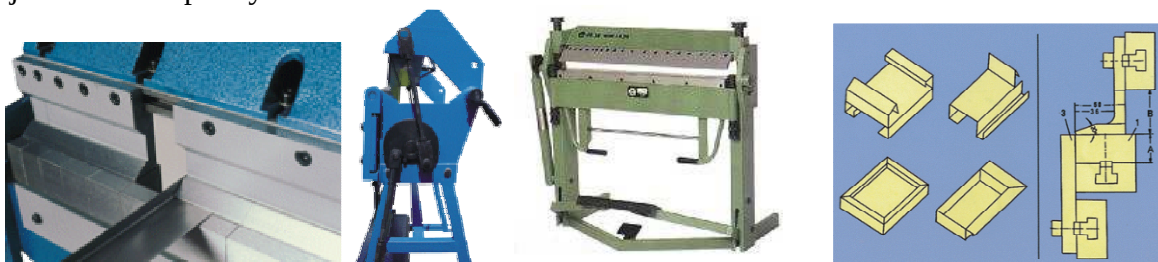
Jednoduché stroje na ohýbání plechu pod ostrým úhlem i různým rádiusem ohybu. Doraz na stejný úhel umožňuje ohyby nebo přehyby stejného úhlu, takzvaný úhlový doraz. Pro ohýbání stejných šířek ohybu je možno použít narážku šířky ohybu.



Obr. 20 Litinové ohýbačky [8]

- Segmentové ohýbačky plechu

Kompaktní, robustní, celosvářená konstrukce vysoké kvality umožňuje jednoduché ohýbání, správné nastavení stroje a vyžaduje minimální údržbu. Segmentové ohýbačky plechu výrazně rozšiřují možnosti ohýbání plechů při provádění složitějších tvarů ohýbáním, jako výrobu krabic a podobně. Jsou opatřeny vysokými dělenými čelistmi, což je výhodné při zhotovování komplikovaných výrobků. Horní čelist je ovládána rukou i nohou. Segmenty horní čelisti jsou vybaveny rychloupínacím systémem a zdvih horní čelisti pomocí výstředníku umožňuje velmi rychlou a jednoduchou práci. Ohýbačky jsou vybavené úhlovým dorazem pro ohýbací nosník a možnost montáže koncového dorazu. Mechanismem po stranách ohýbacího nosníku můžeme u všech typů nastavit přesnou sílu ohýbaného plechu a velikost přitlačného tlaku. Ovládání upínací lišty nožním pedálem extrémně urychluje a zjednodušuje práci a při ohýbání umožňuje manipulaci s plechem oběma rukama. U modernějších typů je ohýbací nosník vybavený vyvážením pro ohýbání bez velké fyzické námahy v celém rozsahu síly plechů. Lze je použít v opravárenských, zámečnických a zejména v klempířských dílnách.



Obr. 21 Segmentové ohýbačky plechu [8]

- Kombinované ohýbačky plechu

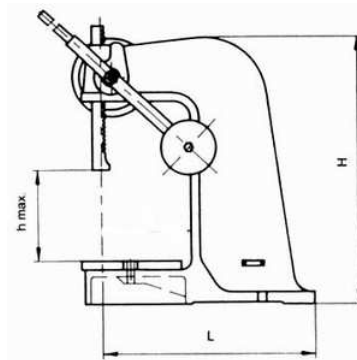
Určeny ke zpracování plechu v opravárenských, zámečnických a zejména klempířských dílnách. Zdvih horní čelisti pomocí výstředníku umožňuje velmi rychlou a jednoduchou práci. Lehká rozebíratelnost na tři části usnadňuje přenos stroje na nové pracoviště. Kombinuje ruční ohýbačku a ruční tabulové nůžky.



Obr. 22 Kombinovaná ohýbačka plechu [8]

c) Ohýbání na ručních lisech

Lisy jsou jednoduché, masivní, litinové konstrukce, určené hlavně na zalisování, ražení a tváření menších součástí. Těleso je z šedé litiny a namáhané části jsou z legované oceli. Lisovací síla se dosáhne ručně pomocí páky na západku a rohatku přes převod na hřebenovou tyč. Hřebenová tyč má dostatečně dlouhé vedení, které zajišťuje přesný svislý pohyb a velkou spolehlivost a trvanlivost při velkém lisovacím tlaku. Ruční lisy se převážně používají tam, kde chceme zaručit klidné působení síly. Používá se spíše pro netradiční způsob ohýbání plechu. Je určen pro materiály malé tloušťky a pro krátké ohyby. Podstata spočívá v ustavení prizmatické kostky na základnu pomocí různých úchytek nebo bodových svarů. Na tlačnou tyč se pomocí svěrného kuželového spojení připevní horní nástroj. Pomocí uhlíku se nastaví ustavení součásti a samotný ohyb probíhá v přesně určené drážce pro tloušťku daného materiálu pohybem páky a pro vlastní dotlačení není potřeba moc velké síly. Důležité je dodržení rovinnosti horního a spodního nástroje. Použití pro materiály maximální tloušťky 1,5mm a velikost ohýbané součásti závisí na velikosti lisu. Většinou se používá pro malé součásti, které nelze vyrobit jinou metodou.



Obr. 23 Ruční lisy [10]

2.4.2 Strojní prosté ohýbání [8]

a) Elektromotorové ohýbačky plechu

Pohon zabezpečují dva elektromotory, z nichž jeden pohání ohýbací čelist a druhý horní čelist. Tuhost konstrukce stroje zaručuje kvalitní provedení ohybu po celé délce. Ovládací panel je přehledný a odpovídá požadavkům dílenského prostředí. Nastavení ohýbací čelisti a spodního dílu probíhá za pomoci nastavovacích šroubů. Výhodou je rychlá výměna pracovních lišt, jednoduchá práce s elektrickou řídicí jednotkou během programování a obsluhy stroje. Používají se na ohýbání plechu v klempířských a údržbářských dílnách pro kusovou i sériovou výrobu. Operační způsoby: ruční operace, poloautomatická operace a automatická operace.



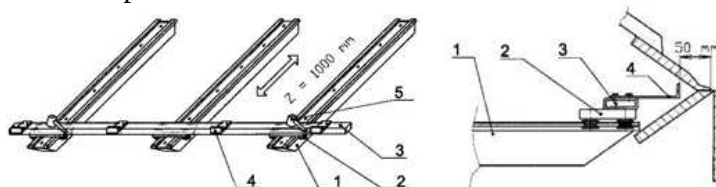
Obr. 24 Elektromotorové ohýbačky plechu [8]

b) Hydraulické ohýbačky plechu

Tyto ohýbačky umožňují ohýbání do různých tvarů z ocelového, hliníkového nebo měděného plechu s maximálním úhlem ohybu 145° a maximálním zdvihem upínací čelisti 200 mm. Je možno ohýbat atypické profily, vyrábět klempířské prvky opláštění staveb apod. Ovládání probíhá pomocí 4-pedálového nožního spínače pro spouštění pohybů se zdvojenou bezpečnostní funkcí pedálu, elektro-hydraulické nůžky se ovládají dvěma ručními tlačítky pro pohyb stříh a zpět. Slouží pro podélné dělení plechu s tolerancí stříhu $\pm 0,5\text{ mm}$. Všechny pohyby stroje jsou kontrolovány koncovými spínači a blokovány tak, aby nedošlo k havárii a byla zaručena bezpečnost obsluhy a chodu stroje. Stroj je vybaven tlačítkem Stop, bezpečnostní funkcí nožního pedálu pohybu dolů a bezpečnostním lankem umístěným po celé délce stroje pro zastavení pohybu a otevření stroje. Upínací lišta se zastavuje při pohybu dolů v bezpečné výšce před dotlačením.

Hydraulické ohýbačky mají dva druhy dorazů:

Mechanický doraz : je vhodný při malosériové výrobě a všude tam, kde se vyrábí ve větším počtu stejné výrobky. Doraz se dá lehko posouvat po lineárních vedeních a v požadované poloze se zajišťuje aretační páčkou. Rozsah měření 50-1000 mm.



Obr. 25 Mechanický doraz [8]

Motorový doraz : je vhodný pro každé použití. Jednoduchá obsluha a přesnost měření zaručuje vysoký komfort obsluhy. Rozsah měření 0-1000 mm, přesnost měření $\pm 0,2\text{ mm}$ a rychlost posuvu vozíku 0,25 m/s.



Obr. 26 Motorový doraz [8]

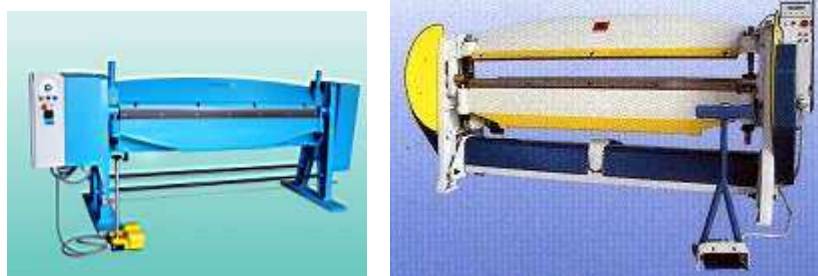
Funkce: elektro-hydraulické ovládání, automatická předvolba ohybů, hloubkový doraz materiálu, jednoduchá obsluha, kotoučové nůžky (ruční nebo s hydropohonem), přídatná ohýbací lišta pro zvětšení ohýbací plochy, bezúdržbová samomazná ložiska ve všech kloubech.



Obr. 27 Hydraulické ohýbačky plechu [8]

c) Motorové litinové ohýbačky plechu

Jednoduché stroje na ohýbání plechu pod ostrým úhlem i různým rádiusem ohybu. Doraz na stejný úhel umožňuje ohyby nebo přehyby na stejný úhel (úhlový doraz). Pro ohýbání stejných šířek ohybu je možno použít narážku šířky ohybu (zadní doraz). Ohýbačka pracuje v ručním nebo automatickém režimu. V ručním režimu jsou jednotlivé kroky upínání a ohýbání spouštěny obsluhou. V automatickém režimu proběhne plynule ohyb dílce na nastavený úhel a návrat ohýbací čelisti do výchozí polohy. Nastavení úhlu ohybu se provádí otočným potenciometrem a na úhlovém stupni se nastaví požadovaný úhel ohybu. Lze je použít v opravárenských, zámečnických a zejména v klempířských dílnách.



Obr. 28 Motorové litinové ohýbačky plechu [8]

d) Modulové ohýbačky plechu

Ohýbačky řady MO jsou 2m modulární ohýbačky, které je možno pomocí 12 šroubů spojit s dalším modulem a tak získat ohýbačku 4m, 6m nebo 8m dlouhou. Je možno např. v případě potřeby dodatečně zvětšit pracovní délku stroje spojením se strojem z jiného pracoviště, nebo pořízením dalšího modulu.

Dále je možno stroj vybavit ručními kotoučovými nůžkami, které umožňují stříhání plechu přes celou pracovní délku stroje. Stroj vyniká nízkou hmotností při zachování potřebné tuhosti.



Obr. 29 Modulové ohýbačky plechu [8]

2.5 STROJE A NÁSTROJE PRO OHRAŇOVÁNÍ PLECHŮ [2], [3], [1]

2.5.1 NC Ohraňovací lisy [1]

Stroje s masivní ocelovou konstrukcí a NC řízením. Z počátku měly jen dvě řízené osy, modernější už jsou řízené čtyřmi osami. Horní beran je poháněn dvěma elektromotory na každé straně. Nevýhodou je málo přesné ohýbání, dlouhé strojní časy při nastavení zadních dorazů a nastavení úhlu na prvním kuse (první kus často zmetek), nutná častá kontrola úhlu, nízká bezpečnost obsluhy a nelze je plně automatizovat. Použití často pro malosériovou výrobu ne moc přesných součástí. Tyto stroje jsou proto postupně nahrazovány stroji s CNC řízením.



Obr. 30 NC ohraňovací lis [10]

2.5.2 CNC Ohraňovací lisy [2], [1]

Základem stroje je ocelový svařenec s předem vyrovnanými pláty a se stabilizovaným pnutím materiálu žíháním svařence. Vysoká tuhost konstrukce zajišťuje vysokou přesnost v ohybu. Stroj je osazen dvěma elektro-hydraulickými válci na každé straně se zpětnou vazbou. Stroj je standardně vybaven hydraulickou kompenzací průhybu a je ho možné osadit až osmi řízenými osami. Horní a spodní nožní pedál je používán pro pohyb beranu nahoru nebo dolů. Razník je připevněn k hornímu beranu adaptéry nebo hydraulickými upínkami, které umožňují jednoduchou montáž i demontáž razníku. Matrice je připevněna na základové rovné desce pomocí úhelníkových upínek, zaručující jednoduchou montáž i demontáž. Úhel ohýbaného plechu závisí na tlakové síle mezi razníkem a matricí, která je vyvolána sjezdem horního beranu. Úhel je regulován délkou sjezdu horního beranu a tím vytváří tlakovou sílu. Horní beran je zvedán nebo spouštěn dolů pomocí hlavních válců umístěných na pravé a levé straně. U moderních strojů jsou instalovány ještě pomocné válce ve středu spodního rámu stroje pro ochranu větších tabulí plechu před rozdílným úhlem ve středu a na krajích ohýbané součásti. Ohýbaný úhel je nastavován pravým a levým servo-válcem, které mohou být kontrolovány nezávisle na naklonění horního beranu. Tato naklápěcí funkce dovolí odlišnosti úhlu na pravé a levé straně stroje. Plech může být stlačován znovu a znovu, dokud není dosažen požadovaný úhel (málokdy se podaří nastavit úhel přesně napoprvé, protože vznikají malé nepřesnosti nástrojů postupným používáním, což může vést k nepřesnosti až několika stupňů, např. úchylka 1/100mm na nástroji vede ke kolísání úhlu $\pm 1^\circ$). Při stlačení lze stroj pozastavit v aktuální pozici a to uvolněním nožního pedálu a upravením korekce úhlu a poté znovu sešlápnutím pedálu stroj dojde do pozice nastavené v probíhaném procesu ohýbání. Velikost ohýbaných součástí je omezena velikostí stroje, výškou horních i spodních nástrojů a konstrukcí stroje.

Stroj pracuje se třemi pracovními režimy:

Ruční režim: ovládání stroje probíhá pomocí ručního ovladače přímo spojeného s obrazovkou a programem. Nejčastěji se ruční režim používá pro vycentrování nástrojů a případně k výrobě složitějších součástí, které se pouze předešlými z důvodu kolize se strojem.

Poloautomatický režim: vhodný pro nastavení, poněvadž lze v tomto režimu upravovat korekce nastavení.

Automatický režim: používá se při sériové a malosériové výrobě, pokud už máme stroj správně nastaven, ale pro případnou změnu programu se musíme vrátit zpátky do poloautomatického režimu.



AMADA



TRUMPF



SAFAN



BYSTRONIC

Obr. 31 CNC ohraňovací lisy [10]

Programování CNC lisu

Programování CNC ohraňovacího lisu probíhá přes obrazovku přímo spojenou se strojem (Obr. 32). Program funguje na bázi AutoCadu. Do programu je nutné zadat tloušťku plechu, kód (každý nástroj má svůj vlastní kód) horního a spodního nástroje (pokud by daný materiál nešel ohýbat zadaným nástrojem, tak se na obrazovce objeví chybové hlášení a musí se provést změna některého z nástrojů), dále se zadává uložení matrice (může být umístěna přímo na základové desce a nebo je ještě upnutá na určitém nosníku o různé výšce) a nakonec se vkládají do programu postupně kroky, jak bude součást ohýbána. Může se také nastavit odjezd zadního dorazu, zpoždění zadního dorazu, výška otevření stroje a další vhodné věci, které vedou ke zrychlení strojních časů a zvýšení bezpečnosti obsluhy. Po zadání všech potřebných parametrů a kroků ohýbání se program přepne do poloautomatického režimu, kde si program spočítá korekce úhlu, dorazů a dalších potřebných údajů na základě zadaných veličin. V programu lze také součást vymodelovat a zjistit rozvinutou délku polotovaru nebo jaký postup ohýbání zvolit, aby nedošlo ke kolizi a zmetku. Dopomáhá k tomu možnost ukázky simulace přímo na monitoru. Obsluha může sledovat krok po kroku a to umožňuje prověření programu ze všech možných směrů a úhlů ještě před samotným začátkem výroby a zároveň dovoluje případnou úpravu programu nebo vlastní technologie při eventuálním výskytu kolize. Program obsluha přepne buď do poloautomatického režimu, kdy si každý

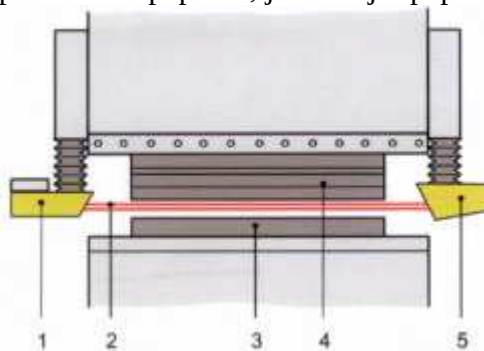
ohyb musí obsluha přepínat sama a nebo do automatického režimu, kde stroj automaticky skáče na další ohyb po provedení předchozího. Flexibilita tohoto programu umožňuje zasíťovat stroje a následně sledovat a plánovat jednotlivé operace, jejich návaznost a stav výroby jako celku.



Obr. 32 Programovatelné obrazovky [10]

Bezpečnostní aspekty

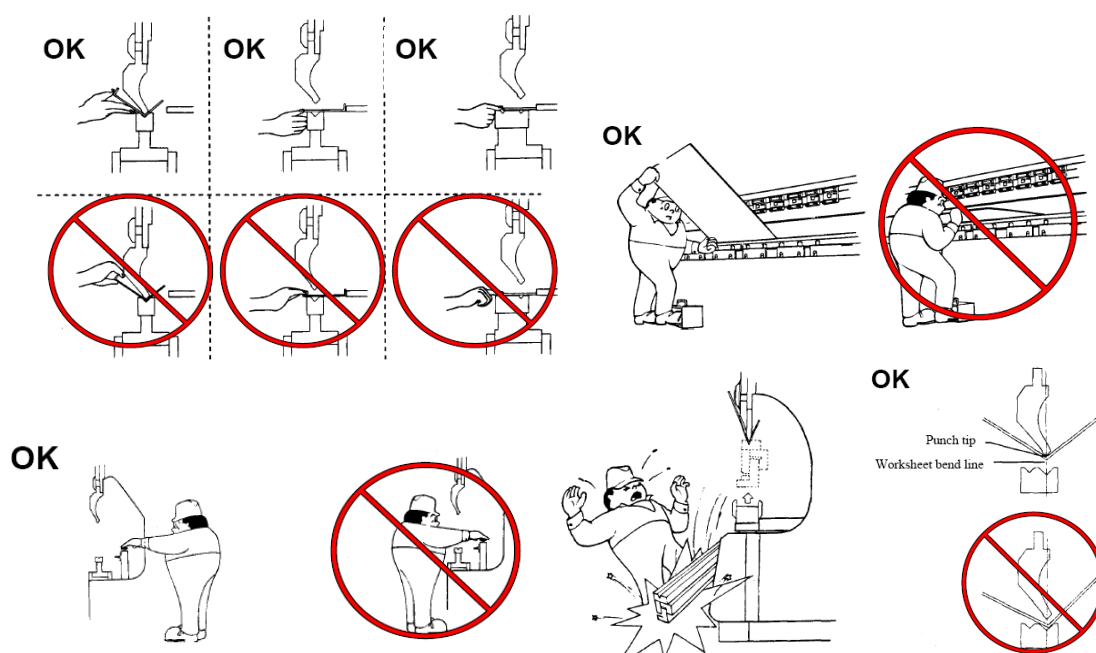
Ohraňovací lisy patří v dnešní době k nejvytíženějším pracovištům a proto je nutno řešit otázku bezpečnosti. Vhodné mechanizace až automatizace obslužných procesů patří ke stěžejním úkolům při jejich at' již samostatném provozu nebo začlenění lisu do širších komplexních pracovišť. U plně automatizovaných operací, navazujících na funkci ohraňovacího lisu, je bezpečnost sama o sobě dána tím, že celý proces probíhá bez působení lidského činitele. Samotná bezpečnost funkce lisu musí být zajištěna ale i u kusové výroby, s přímou účastí obsluhy lisu. Postupy, vyžadující pro zajištění bezpečnosti dvouruční ovládání spouštěcího mechanismu, celý postup komplikují a prodlužují výrobní časy. V poslední době se objevily na tomto úseku hned dva nové bezpečnostní systémy založené na využívání laserového paprsku. U způsobu BendGuard, který byl vyvinut u firmy Trumpf pro vlastní ohraňovací lisy řady TrumaBend, se používá systému tří paralelních vodorovných laserových paprsků mezi vysílačem a přijímačem diodového laseru, pohybujících se zároveň se svislým pohybem horního nástroje lisu (Obr. 33). Paprsky vymezují ochrannou zónu ve vodorovné rovině v rozmezí 20 mm před a 20 mm za pracovní hranou nástroje, kterou při vlastním úkonu předchází ve vertikální rovině asi o 9 mm. Pokud se vyskytne na trase paprsků nějaká překážka, případně ruka pracovníka, dojde k přerušení paprsků a lis se okamžitě zastaví při zpětném pohybu nástroje o několik mm. Po odstranění překážky a opětovém spuštění spínače pokračuje lis v započaté operaci. Při práci s 3-D polotovary, kdy by prostorová členitost dílu mohla být překážkou funkce laserového systému, působícího v celé své šíři vymezené trojicí paralelních paprsků, jsou krajní paprsky laserového systému zacloněné.



Obr. 33 Laserový bezpečnostní systém BendGuard [2]

- 1... laserový vysílač
- 2... trojce paralelních laserových paprsků
- 3... spodní nástroj
- 4... horní nástroj
- 5... přijímač laserového paprsku

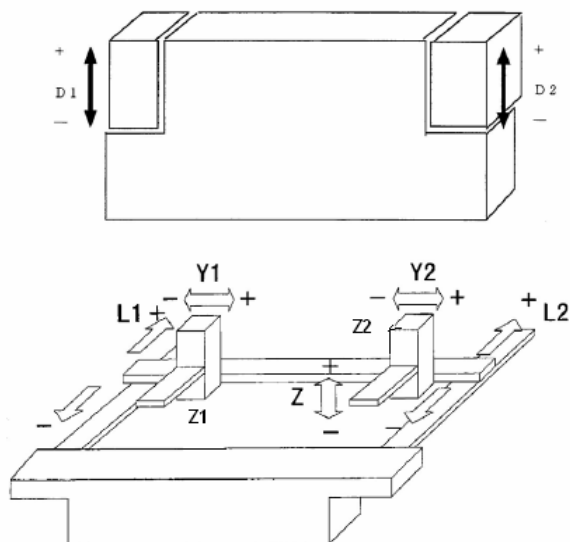
Existuje asi kolem 24 základních bezpečnostních kritérií (uváděno firmou Trumpf), které by se měly při práci na ohraňovacím lisu dodržovat, jako je např. správné upnutí horních a spodních nástrojů, správné držení ohýbané součásti, použití tlačítka "stop" atd. (Obr. 34).



Obr. 34 Bezpečnostní pokyny [2]

Programovatelné osy

Stroj je schopen využívat až 8 řídicích os a nejmodernější 9 řídicích os (Obr. 35). Každá osa má v řídicí skříni vlastní osovou kartu. Po určité době může docházet k nepřesnostem i díky těmto kartám a je třeba karty vyměnit.



Obr. 35 Programovatelné osy [2]

osa D1 osa podél které hlavní levý válec pohybuje horním beranem nahoru a dolů.
 osa D2 osa podél které hlavní pravý válec pohybuje horním beranem nahoru a dolů.
 osa L1..... osa podél které se posouvá levá strana zadního stolu dopředu nebo dozadu.
 osa L2..... osa podél které se posouvá pravá strana zadního stolu dopředu nebo dozadu.
 osa Y1 osa podél které se pohybuje zadní levý doraz doleva nebo doprava.
 osa Y2 osa podél které se pohybuje zadní pravý doraz doleva nebo doprava.
 osa Z1..... osa podél které se pohybuje zadní levý doraz nahoru a nebo dolů.
 osa Z2..... osa podél které se pohybuje zadní pravý doraz nahoru a nebo dolů.
 osa I..... osa podél které se pohybuje spodní nástroj dopředu a dozadu.

Automatizace ohraňovacích lisů

V současné době jednoznačně převládá trend plné automatizace ohraňovacích lisů za pomoci programovatelného kloubového robota nebo manipulátoru. To vede k větší produktivitě, bezpečnosti a zrychlení strojních časů až o polovinu.

- kompletní náhrada obsluhujícího personálu
- nepřetržitý automatický provoz
- maximální formát plechu 4000 x 4000mm
- snadná integrace ke stroji
- snadná obsluha a programování
- možnost i manuálního ovládání lisu
- robot neblokuje prostor před strojem
- horizontální nosník ve výšce 2400mm
- vysoká kvalita a užitná hodnota
- ovládání v češtině

Roboty jsou vyráběny od roku 1995 a konstruovány speciálně pro ohraňovací lisy. Standardní provedení umožňuje manipulaci s materiálem až do hmotnosti 250kg. Konstrukce byla navržena tak, aby jejich použití neblokovalo stroj a bylo možné kdykoliv pracovat na stroji nezávisle na robotu. Díky charakteristickému rysu ohýbací techniky pomocí ohraňovacího lisu je naprogramování robota vyřešeno tak, aby mohl provádět ohýbací, naklápací, otáčecí operace bez jakýkoliv překážek, stejně jako je manuálně provádí obsluha před lisem. Pro usnadnění programování robota, je lis vybaven senzory přímo připojenými k robotu. Díky tomu obsluha nemusí provádět žádné nastavování přesnosti hrany ohybu a následné sledování. Tyto senzory navíc při výrobě v automatickém režimu umožňují neustálé sledování přesnosti ohýbacího procesu, signalizují případné odchylky a zabráňují výrobě vadných kusů.

Konstrukce robota se skládá z pěti os, tří lineárních a dvou protilehlých. Robot je umístěn buď na strojem ve výšce 2400mm a nebo může být na kolejnicích, které umožní vyjetí robota mimo stroj, nevýhodou je zde montáž kolejnic před stroj a místo vedle stroje na případný odjezd.

Řídící software pracuje na bázi Windows XP je neustále vyvíjen a inovován, představuje další velice důležitý aspekt. Jeho poslední verze obsahuje velmi jednoduchý programovací systém, který uvítají ti, kteří s robotem ještě nemají žádné zkušenosti. Také jej ale náležitě ocení osoby, které nejsou příliš seznámené s prací na počítači. Ovládací povely na obrazovce řídicího systému jsou v českém jazyce.

Další zajímavou činností robota je využití až pěti vzájemně synchronizovaných kloubových robotů (uvedeno firmou Grömo z podniku Metallwarenfabrik Marktoberdorf). První robot provádí ohýbání na ohraňovacím lisu. Další dvojce robotů odebírá vytvarované polotovary, které přenášejí do tří svařovacích pracovišť. Čtvrtý manipulační kloubový robot stejného typu se stará po svaření o přenos svařenců ze svařovacích přípravků k začištění a následné vakuové zkoušce těsnosti a konečně pátý robot ukládá již hotové výrobky do kartónového balení podle počtu kusů. Pro řízení takto synchronizovaných robotů bylo až 36 řídicích os od firmy ABB, ale v současné době nabízí Japonská firma OTC Daihnen řídicí systém pro takové aplikace až do 54 řízených os.

Přesto, že u některých robotických systémů se dosahuje vyšší efektivity už při výrobě několika kusů stejného druhu, ne vždy je pro uživatele jejich nasazení tím nejlepším řešením, ať už pro vstupní investici nebo pro celkovou situaci pracoviště (nákladově se uvažuje cena robota, programu a další periférie kolem 200 000 eur). V podmínkách našich podniků, kde sériovost výroby či bohatost obdobného sortimentu nebývá zase tak vysoká, se může snáze uplatnit automatizace procesů s účelovým manipulátorem s vhodným chapadlem a vymezeným pohybem po kolejnicích, který prakticky obdobně po celou pracovní směnu může

vykonávat bezobslužný provoz lisu. Takový systém vyvinula např. firma Trumpf pro operace jak s lehkými, tak i těžkými díly. Systém, nazývaný Trumpf BendMaster, je vhodný při řízení způsobem ToPs 600 pro jakoukoliv sériovost výroby. Maximální rozměry zpracovávaného plechu jsou 1 x 2 m. Vyšší efektivnosti a zároveň i stálé kvalitě procesu ohraňování pomáhá úhlový odměřovací senzor ACB, pomocí kterého je možné dosahovat při rozsahu úhlů 45-135° úhlové přesnosti 0,3°.



Obr. 35 Automatizované ohraňovací lisy [10]

2.5.3 Nástroje pro ohraňovací lisy [3]

Pro výrobu nástrojů je používáno prvotřídních materiálů od kompetentních dodavatelů. Nástroje se zhotovují z materiálů C45, 42CrMo 4 nebo W1.2311 v závislosti na požadovaném profilu. Nástroje se indukčně kalí, po zpracování se dosahuje vynikající odolnosti proti opotřebení pracovního povrchu nástroje a nástroj zároveň zůstává pružný a odolný v běžném používání. Nástroje se dokončí přesným broušením. Všechny rádiusy jsou zakaleny na tvrdost 52-55HRC. Standardní nástroje, spolehlivé a kompatibilní, procházejí stoprocentní kontrolou. Upínání nástrojů a bezpečnostní drážky se vyrábí podle standardů různých výrobců. K dispozici jsou rovněž různé adaptéry, hydraulické upínky a upínky pro ustavení horních a spodních nástrojů. Nástroje mohou být buď rozdělené podle standardního dělení, nebo i v souvislé délce. Je možné upravovat katalogové tvary nástrojů, např. poloměr razníků. Podle požadavků jsou různé firmy schopny vyrobit i speciální razníky na zakázku. K tomu je třeba znát rozměry výrobku ve formě nejlépe DXF, popřípadě aspoň jednoduchého náčrtku. Dále je třeba zadat vlastnosti materiálu, základní technické charakteristiky použitého ohraňovacího lisu a zamýšlené množství výrobků. Pro výrobu jsou používány materiály uvedené v Tab. 1

Tab. 1 Materiály používané pro výrobu nástrojů [3]

Materiál	Pevnost	Indukční kalení
W1.2312	930-1100 N/mm ²	52-58 HRC
42CrMo4	900-1100 N/mm ²	52-58 HRC
C45	560-710 N/mm ²	52-58 HRC

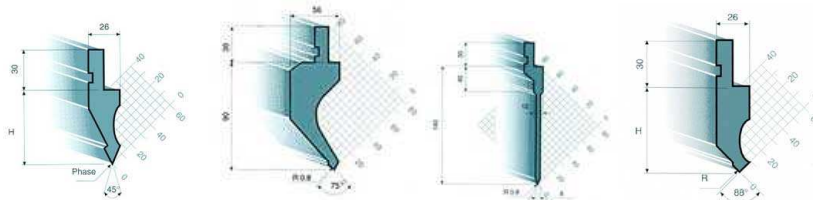
Pro uskladnění nástrojů se používá speciálních skříní (Obr. 37). Výhodou je ochrana před poškozením a znečištěním nástrojů. Upravený a přehledný sklad, výškově stavitelné galvanizované police (rozestup 20mm). Příklady těchto skříní uvedeny na Obr. 36.



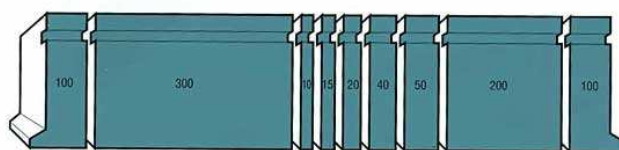
Obr. 37 Skříně pro skladování nástrojů [3]

Horní nástroje – Rzníky

Standardní délky razníků vyrábí každý výrobce odlišně, ale lze je také ještě standardně rozdělit. Razníky jsou připevněny k hornímu beranu pomocí adaptérů nebo pomocí hydraulických upínačů. Existuje mnoho typů razníků, skoro každý výrobce má odlišnou konstrukci. Každý nástroj na určitý materiál a způsob ohýbání má vlastní tvar a konstrukci nástroje. Razník má daný rádius ohybu, výšku a je určen jen pro určitou tloušťku materiálu.



Obr. 38 Razníky [3]



Obr. 39 Standardní dělení horního nástroje o délce 835mm

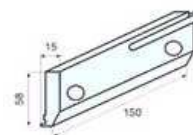
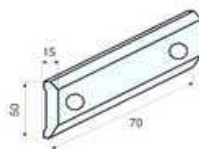
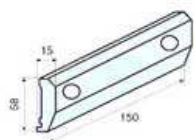
Upínače

Slouží k rychlému, bezpečnému a spolehlivému upnutí horních nástrojů. Používají se dva základní druhy, a to buď mechanické (Obr. 40) nebo hydraulické (Obr. 41).

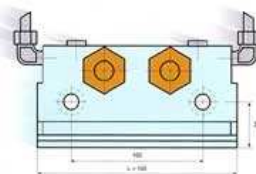
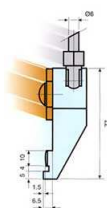
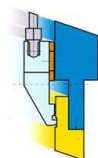
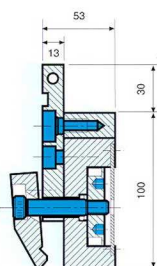
standardní upínač

bezpečnostní upínač

bezpečnostní rychloupínač



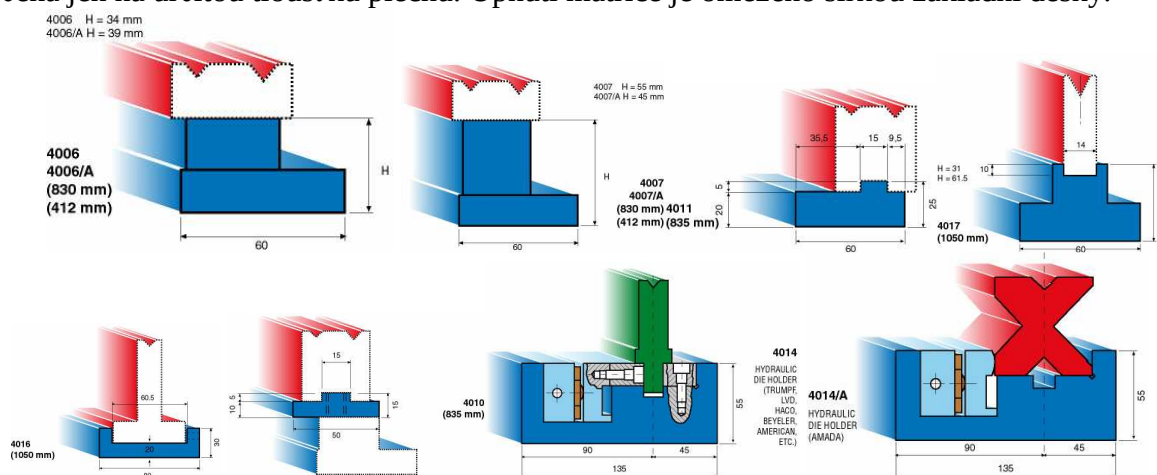
Obr. 40 Mechanické upínače [3]



Obr. 41 Hydraulické upínače [3]

Spodní nástroje – Matrice

Standardní délky matrice se dělají pro každého výrobce odlišné, ale lze je také ještě standardně rozdělit. Matrice jsou připevněny k základní desce pomocí pravoúhlých upínek, buď přímo na základní desku nebo ještě za pomoci nosníku určité výšky. Existuje mnoho typů matic, skoro každý výrobce má odlišnou konstrukci. Každý nástroj na určitý materiál a způsob ohýbání má vlastní tvar a konstrukci nástroje. Matrice má danou šířku, výšku a je určena jen na určitou tloušťku plechu. Upnutí matrice je omezeno šířkou základní desky.

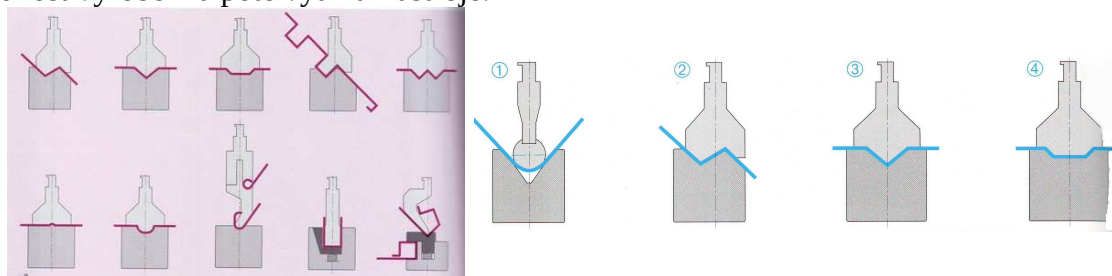


Obr. 42 Matrice [3]



Obr. 43 Standardní dělení spodního nástroje o délce 835mm [3]

V kusové výrobě můžeme využít speciálně tvarovaných nástrojů (Obr. 44), které jsou schopny najednou udělat více ohybů než jeden. Tato metoda má využití v sériové výrobě pro jeden typ výrobku. Protože matrice a razník není levná záležitost, je třeba dobře spočítat výhodnost vyrobení a poté využití nástroje.



Obr. 44 Tvarované nástroje [3]

2.6 PLECHY POUŽÍVANÉ VE VÝROBĚ [5], [6], [7]

2.6.1 Ocelové plechy [6], [7]

a) Ocelové plechy válcované za tepla

Plechý se válcují na širokopásové trati, která je vybavená technikou válcování, doválcování a řízeným režimem ochlazování a dále navíjením širokých pásů do svitků (Obr. 45). Tímto se docílí rovnoměrná struktura materiálu, přesný tvar, rozměry pásu a kvalitní povrch. Polotovary jsou dodávány ve formě svitků, pásů a tabulí.

Plechys konstrukční jakosti: plechy jsou vhodné pro konstrukční účely, výrobu ohýbaných profilů a svařované konstrukce. Plechy jsou dobře svařitelné, klasifikované do jakostních stupňů podle chemického složení a mechanických vlastností.

Plechys tažné jakosti: plechy z nízkouhlíkové oceli (tažné) jsou vhodné na hluboké tažení a ohýbání za studena. Plechy jsou svařitelné a jakosti s vyšší kvalitou jsou vhodné pro povrchovou úpravu žárovým pokovením, smaltováním nebo jinou metodou nanášení.



Obr. 45 Balení plechu [10]

b) Ocelové plechy válcované za studena

Plechys se válcují na čtyřlísticových, případně na pětistolicových tandemech vybavených takovou technikou válcování, při které se dosáhne rovnoměrná struktura materiálu, přesný tvar, rozměry pásu a vysoce kvalitní povrch. Plechy se rekrytalizačně žíhají a lehce převálcovávají.

Nízkouhlíkové nelegované oceli, tažné jakosti: jsou vhodné k tváření za studena, na výrobky, jejichž povrch může být upravený lakováním, pokovováním a nebo smaltováním.

Nízkouhlíkové nelegované oceli, běžné konstrukční jakosti: používají se na výrobu plochých konstrukčních dílů nebo dílů tvarovaných za studena. Jejich použití se řídí nejmenší hodnotou meze kluzu, případně pevností v tahu.

Vysokopevné mikrolegované oceli: používají se na dynamicky namáhané části vozidel, vyznačují se zvýšenou tvárností za studena.

Plechys z nelegovaných ocelí tříd 10 a 11 jsou všestranně použitelné a patří ke standardním materiálům používaným v kovozpracujícím průmyslu, stavebnictví a dalších odvětvích. K základním vlastnostem patří dobrá kvalita povrchu a úzké rozměrové toleranční pole.

c) Ocelové plechy žárově a elektrolyticky pozinkované

Nízkouhlíkové nelegované oceli, tažné jakosti: jsou vhodné k tváření za studena. Pro výrobky, jejichž povrch může být dále upraven lakováním, pokovováním, smaltováním.

Nízkouhlíkové nelegované oceli, běžné konstrukční jakosti: používají se tam, kde jsou předepsané pevnostní parametry - nosné části stavebních komponentů, ohýbané profily, atd. Výrobu plochých konstrukčních dílů nebo dílů tvarovaných za studena. Jejich použití se řídí nejmenší hodnotou meze kluzu, případně pevností v tahu.

Vysokopevné mikrolegované oceli: vyznačují se jemnou strukturou a zvýšenou tvárností za studena, používají se u dynamicky namáhaných částí vozidel.

d) Elektrotechnické plechy

Jsou známi také jako křemíková nebo dynamická ocel, vyrábí se ve dvou typech:

Dokončená (finiš): izotropní elektrická ocel se používá při výrobě magnetických obvodů pro elektrické točivé stroje, malé transformátory, solenoidy a další komponenty elektrických zařízení. Plechy jsou vyráběné s izolací na obou stranách nebo úplně bez izolace.

Polodokončená (semifiniš): elektrická ocel, válcovaná za studena, nízkolegovaná izotropní ocel bez finálního žíhání. Je vhodná na výrobu magnetických obvodů a elektrických strojů do 10 kW.

e) Lakoplastované plechy (ocelové plechy s organickým povlakem)

Vhodné pro aplikace, kde se vyžaduje odolnost proti oxidaci a korozi. Tyto výrobky se používají v externích a interních stavebních aplikacích, pro výrobu spotřebičů a kovového nábytku.



Obr. 46 Lakoplastový plech [10]

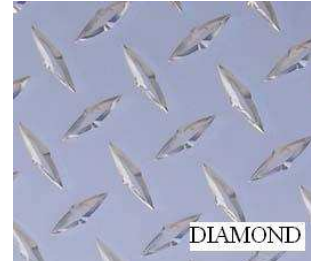
1. ochranná plátovaná PVC fólie 50-200 μm (aplikace po dohodě)
2. vrchní lak - topcoat polyester SP 10 μm / 20 μm / 30 μm matný polyester
3. základní povlak tloušťka 5 μm
4. pasivace
5. zinkový povlak hmotnost 200 - 275 g/m²
6. ocelový plech - tl. 0,5 mm, nebo hliníkový plech - tl. 0,6 mm
7. zinkový povlak hmotnost 200 - 275 g/m²
8. pasivace
9. základní povlak backcoat - 8 μm
10. antikondenzační vrstva (aplikace po dohodě)

f) Elektrolyticky pocínované plechy

Používají se pro výrobu potravinářských obalů, plechovek, korunkových uzávěrů a dalších obalových výrobků. Z vlastních ocelových plechů se vyrábí trubky a ohřívací tělesa – radiátory, jsou tvárné a tažné.

g) Designové plechy

Slzičkové plechy: neboli protiskluzové. Na povrchu plechu jsou útvary ve tvaru slziček. Dodávají se nejčastěji ze vzorem Quintett-W5 (5 slziček), dále pak plechy v provedení Duet -W2 (dvě slzičky) a nebo v provedení Diamond (Obr. 47). Výška slzy se pohybuje od 0,5 do 1,5mm v závislosti na tloušťce plechu. Vyrábějí se převážně z hliníku. Používají se především v automobilovém, lodářském, stavebním strojírenském průmyslu, ale i v celé řadě dalších odvětví.

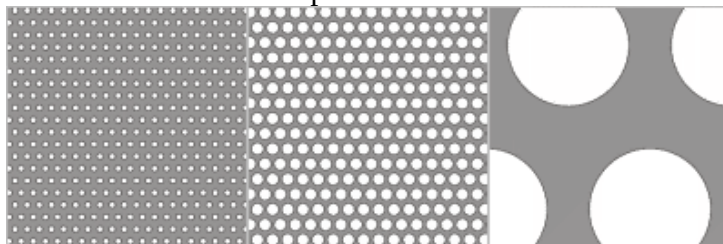


Obr. 47 Slzičkové plechy [10]

Děrované plechy: plechy ve kterých jsou od sebe vzdáleny díry buď kruhové nebo čtvercové a také kombinované perforace o různé rozteči.

Druhy děrovaných plechů jsou uvedeny na Obr. 48.

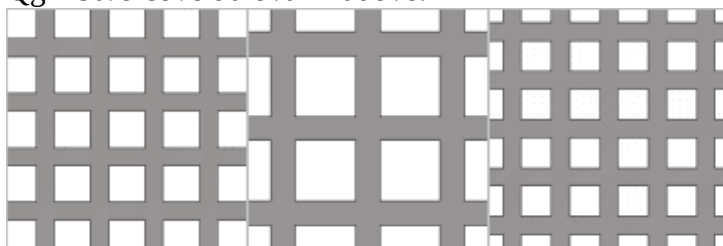
Rv - Kruhové děrování přesazené:



Obvykle vyráběné:

Ø 1,0 mm, rozteč 2,0 mm
 Ø 2,0 mm, rozteč 2,5 mm
 Ø 3,0 mm, rozteč 5,0 mm
 Ø 5,0 mm, rozteč 8,0 mm
 Ø 6,0 mm, rozteč 9,0 mm
 Ø 8,0 mm, rozteč 11,0 mm
 Ø 10,0 mm, rozteč 13,0 mm
 Ø 20,0 mm, rozteč 27,0 mm

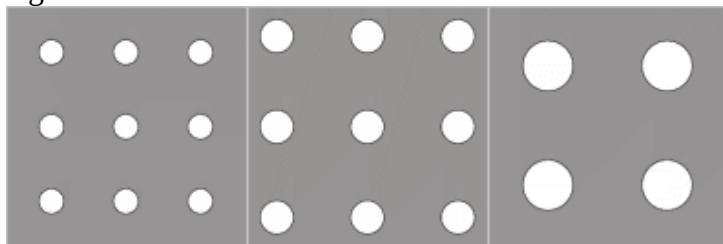
Qg - Čtvercové děrování řadové:



Obvykle vyráběné:

otvor 5x5 mm, rozteč 8 mm
 otvor 6x6 mm, rozteč 9 mm
 otvor 8x8 mm, rozteč 11 mm
 otvor 10x10 mm, rozteč 14 mm

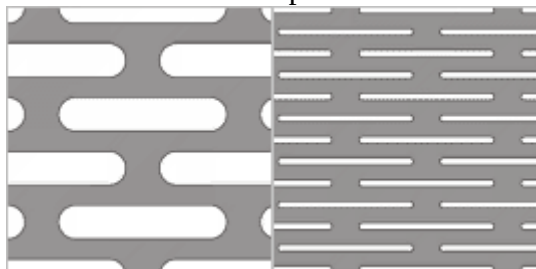
Rg - Kruhové děrování řadové:



Obvykle vyráběné:

Ø 4,0 mm, rozteč 12,0 mm
 Ø 5,5 mm, rozteč 15,5 mm
 Ø 8,0 mm, rozteč 19,0 mm

Lv - Oválné děrování přesazené:



otvor:

0,8 x 12
 1,8 x 20
 4 x 20
 8 x 35
 10 x 40
 15 x 75

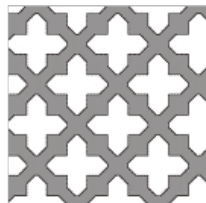
síla materiálu:

1,0
 1,5 - 2,0
 4,0
 8,0
 10,0
 8,0

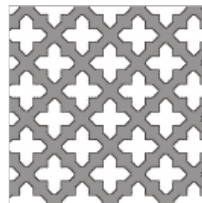
Děrování ozdobné:



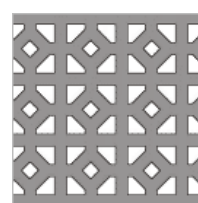
TYP 1 (tečka-křížek)



TYP 2 (křížek 19x19)



TYP 3 (křížek 12x12)



TYP 4 (prohloubené 28x28)

Obr. 48 Děrované plechy [5]

2.6.2 Hliníkové plechy [7]

Hliník je pro výrobu plechů velmi užívaný vzhledem k jeho vynikajícím mechanickým a chemickým vlastnostem, především pro dobrou tváritelnost, schopnost výroby různých tvarů, pevnost, lehkost, vysokou korozivzdornost, vodivost, schopnost povrchových úprav, svařitelnost, obrobitelnost a v neposlední řadě i nehořlavost a recyklovatelnost.

U hliníku by se měly dodržovat tyto zásady:

- chránit hliníkové výrobky před stykem se stavebním materiálem alkalické povahy jako jsou malta, cement, vápno.
- při manipulaci používat čisté rukavice.
- dbát na zamezení styku s jinými kovy, se kterými vzniká alkalický článek, ten může časem znehodnotit výrobek.
- před použitím povrchových úprav je nutné provést odmaštění a sjednocení povrchu broušením, kartáčováním, leštění atp..
- na sobě uložené profily skladovat suché, hrozí oxidace.
- pro přepravu používat zaplachtovaná vozidla, profily ve svazcích se při přepravě nesmí prohýbat a houpat- hrozí poškození.
- profily neskladovat v obalech, v nichž může docházet ke kondenzaci vodních par – igelit atp.
- odpad vzniklý při zpracování je recyklovatelný.

Plechý jsou dodávány v provedení:

- s hladkým povrchem ($t=0,6 - 0,8 - 1 - 1,2 - 1,5 - 1,6 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10\text{mm}$)
- se vzorovaným povrchem (Quintett-W5 (5 slziček), Duet -W2 (dvě slzičky), Diamond).

2.6.3 Měděné plechy [7]

Měď je měkký, načervenalý kov s vynikající tepelnou a elektrickou vodivostí. Je oblíbená pro vzhled, samonosnost, odolnost, nepropustnost, trvanlivost. Je nehořlavá a neprodukuje žádné nehořlavé plyny. Nereaguje s vodou, na vzduchu je málo stálá: v suchém prostředí vzniká Cu_2O , ve vlhkém prostředí měděnka, což je zásaditý uhličitán měďnatý. Vzniká působením atmosférického oxidu uhličitého a vlhkosti jako tenká světle zelená vrstva na povrchu měděných výrobků. Vrstva je kompaktní a chrání měď před hlubší korozí. Měď je moderní, mnohostranný, trvanlivý a výjimečně populární materiál používaný ve všech oblastech průmyslu. Používá se též na výrobu slitin: bronz ($\text{Cu} + \text{Sn}$), mosaz ($\text{Cu} + \text{Zn}$), na plechy. Výrobky z mědi se uplatňují v mnoha oblastech.

2.6.4 Mosazné plechy [7]

Mají od 5 do 42% Zn (převážná část výroby), struktura je homogenní i heterogenní. Dodávají se jako plechy, pásy, trubky, tyče, dráty. Ve stavu měkkém nebo po určitém stupni tváření za studena.

pod 20% Zn „tombaky“ (Ms96, Ms90, Ms85, Ms80). Jsou chemicky stálé s dobrou el. vodivostí. Mají vyšší R_m než Cu a velmi dobrou tvárnost. Dodávají se jako plechy a pásy. 30% Zn (Ms70, Ms68) hlubokotažné mosazi se používají k hlubokému tažení, např. k výrobě nábojnic. Velmi dobré pro tváření za studena.

37% Zn (Ms63) je nejlevnější druh homogenní Ms dobře tvárné za studena, použití na méně namáhané výrobky, např. jako instalační materiál v elektrotechnice. Pro zlepšení obrobiteľnosti se přidává 0,8 až 1,7% Pb. Tento druh se označuje Ms63Pb.

40% Zn (MS60, MS60Pb a MS59Pb) jsou slitiny heterogenní, dají se tvářet při 700 až 800°C. Pro výrobky, které se po tváření třískově obrábějí se používají Ms s přísadou Pb do 2%. (MS60Pb, Ms59Pb).

42% Zn mosaz není vhodná pro tváření. Je tvrdá a velmi dobře obrobiteľná, dává krátkou lámavou třísku. Označuje se jako hodinářská mosaz.

2.6.5 Bronzové plechy [7]

Cínové bronzы Cu – Sn: v praxi jsou používány slitiny do 20%Sn, při vyšším Sn jsou přítomny křehké inter-mediární fáze. Dodávají se jako plechy, pásy, dráty, tyče a trubky, žíhané naměkko nebo s určitým stupněm zpevnění.

- *homogenní struktura α :*
ve tvářených do $\sim 10\%$ Sn,
ve slévárenských do $\sim 5\%$ Sn.
- *heterogenní struktura* (primární krystaly α + eutektikum ($\alpha + \delta$))
ve tvářených nad $\sim 10\%$ Sn,
ve slévárenských nad $\sim 5\%$ Sn.

Cínové bronzы ke tváření Cu-Sn1, Cu-Sn3, Cu-Sn6, Cu-Sn8 mají dobrou odolnost proti korozi, při nižším obsahu Sn dobrou elektrickou vodivost, při vyšším obsahu Sn dobrou pevnost a houževnatost, při nejvyšším obsahu Sn (Cu-Sn10, Cu-Sn12) se používají na výrobu značně namáhaných kluzných ložisek, ve stavu tvrdém na výrobu pružin pro korozní prostředí.

Bronzы Cu –Al:

za studena: se používá bronz CuAl5. Dodává se, jako plechy, pásy, tyče, dráty a trubky. V měkkém stavu má $R_m \sim 380$ MPa, $A \sim 40\%$, 70 až 110 HB.

za tepla: se používají obvykle komplexní slitiny (CuAl9Mn2, CuAl9Fe3)

2.6.6 Nerezové plechy [4]

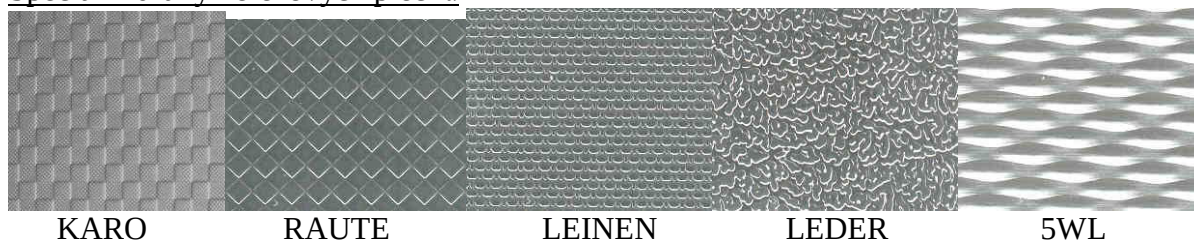
Nerezové plechy jsou chromové slitiny se železem obsahující 12 až 30 % chromu, až 30 % niklu nebo do 24 % manganu při určitém množství molybdenu, křemíku, mědi, titanu, niobu, dusíku apod.. V množství nejvýše jen několika procent. Chrom zajišťuje pasivitu těchto slitin a je proto rozhodujícím prvkem pro dosažení odolnosti k celkové korozi. Mají vysokou hodnotu R_e – pružný materiál. Nerezové plechy jsou v některých prostředích náchylné k místním druhům koroze (bodová, šterbinová, mezi krystalová nebo korozní praskání). Nerezové plechy se vyrábí v mnoha provedeních, některé z nich jsou uvedeny na Obr. 49.

- martenzitické (kalitelné)
- feritické
- austenitické
- austeniticko-feritické (duplexní)

Válcované za tepla: povrch žíhaný, mořený, matný, drsný, bez okují. Plechy se dodávají proložené papírem nebo polepené ochrannou fólií.

Válcované za studena: povrch mořený, leskle žíhaný, broušený, kartáčovaný, dekorativní

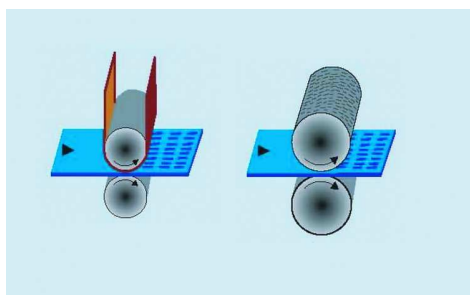
Speciální druhy nerezových plechů



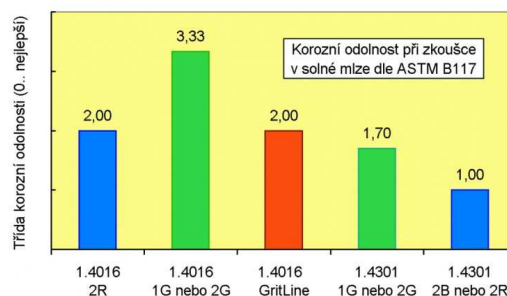
Obr. 49 Speciální druhy nerezových plechů [10]

V roce 2007 na veletrhu BAU v Mnichově uvedla firma ThyssenKrupp Nirosta nerezové oceli se dvěma novými typy povrchových úprav vhodných k tváření za studena (GritLine a Silver Ice UV). Tyto oceli jsou vhodné pro výrobce zařízení vnitřní architektury, stěnové panely, vybavení kuchyní, domácností, sanitu a spotřební elektrotechniku s vynikající optikou povrchu. Byla oceněna optika i přednosti obou těchto typů plechů, jejich potenciál na trhu stavebních materiálů a ve výrobě zařizovacích předmětů a také skutečnost, že povrchová úprava se provádí již ve válcovně a snáší následné tváření a spojování mechanickými způsoby.

GritLine: připomíná běžné broušení nekonečným brusným pásem na dvou válcičích otáčejících se proti sobě velkou rychlostí (poměr rychlosti válců k rychlosti plechu obrobku je velmi velký). Zatímco úprava GritLine (Obr. 50) má dva proti sobě působící válce opatřené embosovaným strukturováním povrchu, které otiskuje na povrch obrobku (poměr rychlosti válce k rychlosti obrobku je blízký k nule). Technologií GritLine při stejných hodnotách drsnosti Ra 0,95 vzniká otevřený reliéf embosovaného či raženého charakteru s atraktivní technickou optikou připomínající jemně strouhaný povrch. Tomu také odpovídají lepší hodnoty výsledků korozních zkoušek v prostředí solné mlhy (Obr. 51), srovnatelné s nebroušeným za studena lehce doválcovaným leskle žíhaným povrchem. Úprava je ekonomická, snáší jednoduché tváření a tepelné zpracování lesklým žíháním v ochranné atmosféře.

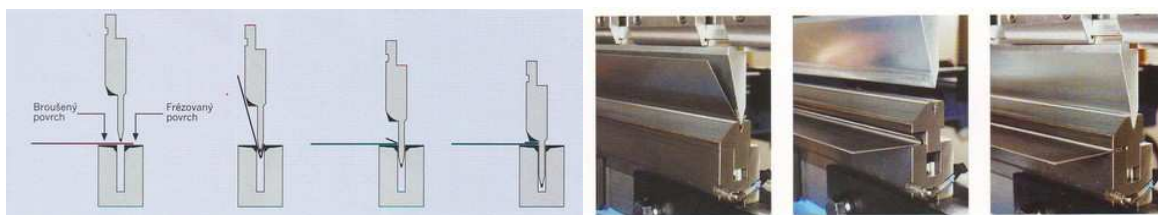


Obr. 50 Metoda Grit Line [4]



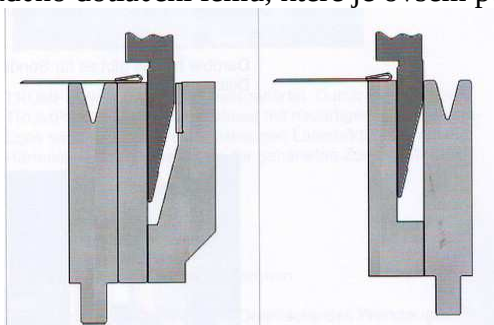
Obr. 51 Korozní odolnost při zkoušce v solné mlze [4]

Silver Ice UV: spočívá v nanesení vysoce smáčivé 2 až 3μm vrstvy transparentního topcoatu (vrstva) obsahujícího vytvrzující nanokompozitní komponenty na povrch kovového materiálu. Průmyslově se povlak nanáší technologií coil coating na ocelové svitky před podélným nebo příčným dělením a vytvrzuje se UV zářením. Téměř neviditelná vrstva chrání před poškrábáním, poskytuje kovovému povrchu vysokou korozní odolnost, odolnost vůči zašpinění a vedle hlavního cíle i odolnost vůči zanechávání skvrn vodního kamene. V korozi v solné mlze má samotný povlak lepší odolnost než substrát. Při zkouškách adheze povlaku nedochází k odlupování, stejně jako při zkoušce hloubením. K odloupení povlaku dojde při zkoušce ohýbáním až o úhel 180° nebo při zkoušce opotřebení v délce nad 10 cyklů. Povlak není vhodný pro hluboké tažení. Úprava Silver Ice je po vytvrzení tvrdá a stálá vůči UV záření a teplotě do 60 °C. Odolává solventům pro odstraňování graffiti a je schválena pro styk s potravinami. Povlak je potiskovatelný. Hlavním smyslem použití úpravy je zabránění výskytu otisků prstů, snadnost údržby a plnění hygienických předpisů u výrobků spotřební elektrotechniky pro domácnost (pračky, myčky, chladničky, kuchyňský nábytek aj.), zařízení nemocnic, lékařské techniky, vybavení koupelen, výdejních zařízení, výtahů, eskalátorů, zábradlí aj.



Obr. 54 Moderní postup výroby lemu [3]

U nejmodernějších ohraňovacích lisů s 9 řízenými osami je první operace přehnutí a jako druhá operace je prováděno dotlačení lemu, které je ovšem podmíněno osou I (Obr. 55).



Obr. Obr. 55 Moderní postup výroby lemu za pomoci osy I [3]

Druhá operace

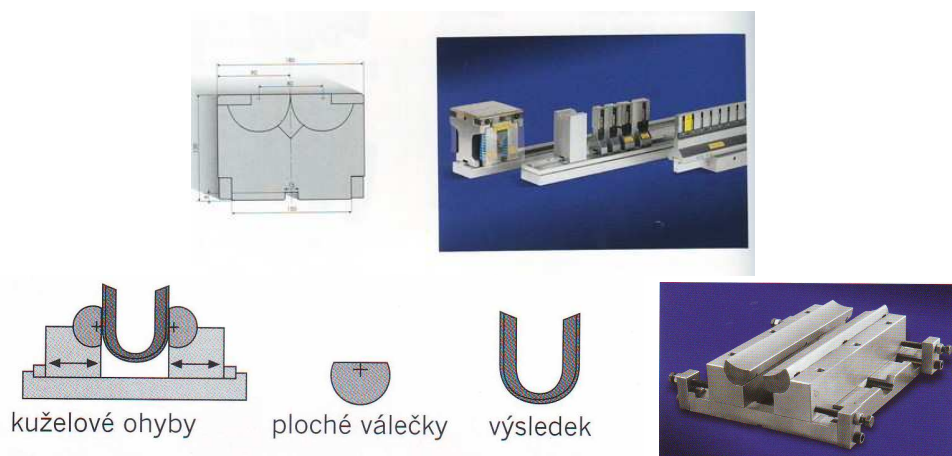
Jako další operace se provádí ohyb do tvaru **U**. Ve firmě se ohýbá pomocí speciální svařované formy a polyuretanové vložky (Obr. 56). Metoda je značná v nepřesnostech, z důvodu zahřívání polyuretanu, změně jeho vlastností a také prořezávání od ostrých hran součástí. Nevýhodou je zdlouhavé nastavování, častá kontrola a velmi časté přenastavování, téměř co 10 kusů.



Obr. 56 Forma s polyuretanovou vložkou

Návrh autora

Druhá operace se také dá nahradit moderní metodou s moderními nástroji. Hlavně díky speciálnímu spodnímu nástroji (Obr. 57). Nástroj má tvar dvou půl válců a plech se postupným zatlačováním mezi válce, které se vytácejí a tvaruje polotovar plechu do požadovaného tvaru. Horní nástroj je standardní rádiusový.



Obr. 57 Speciální spodní nástroj [3]

Třetí operace

Poslední operace, při které dochází k zakružování konce součásti. Provádí se na hydraulickém lisu za pomoci speciálního nástroje (Obr. 58). Velmi rychlé a přesné.



Obr. 58 Přípravek pro zakružení

Dílčí závěr

Technologie postupu výroby momentálně používaná ve firmě VN-U s.r.o., kde se nohy vyrábějí je z hlediska strojních časů, množství zmetků a výrobních nákladů velmi náročná. Firma má postupně větší nároky na přesnost, kterou ukázaným postupem nelze nijak zvýšit. Navíc firma Techo rok od roku zvyšuje poptávku a nohy se vyrábějí v čím dál větším množství. Při první operaci, kde se vyrábí lem je nevýhoda v nutnosti dvou operací, čímž se prodlužuje strojní čas kvůli manipulaci s materiálem atd.. Ohýbáním do polyuretanové vložky se polyuretan ničí a je potřeba častá výměna. To má za následek nepřesnou výrobu kusů, časté přenastavování díky zahřívání vložky, čím se mění její vlastnosti. Zvyšují se výrobní náklady, poněvadž i pro výrobu polyuretanu je potřeba speciální formy. Firma je tak i závislá na dodavateli polyuretanových vložek, které jsou náročnější na výrobu díky speciální formě a taky mnohem dražší. Tato forma by měla zajišťovat přesnost výroby polyuretanové vložky. Bohužel, každá nová vložka je rozdílná v řádech milimetrů z důvodu chemických vlastností kapalného polyuretanu a technologického postupu odlévání.

Vzhledem k těmto okolnostem je v bakalářské práci uvedena možnost modernizace výrobního postupu použitím nových nástrojů, popřípadě strojů. Postupem času investované by se náklady za nově pořízené nástroje vrátily, navíc by zvýšily několikrát produktivitu práce a zkrátily výrobní čas a hlavně mnohem zlepšili přesnost součástí. Ve firmě už se začalo o novém postupu výroby uvažovat a s největší pravděpodobností bude zaveden zakoupením úplně nového CNC stroje s moderními nástroji a popřípadě i robotem, kterým by dokázali výrobu zautomatizovat.

4. ZÁVĚR

Ohýbané součásti mají v dnešní době dominantní postavení na trhu. Lze je nalézt skoro ve všech montážních celcích. Velký rozvoj v oblasti ohýbání se zaznamenal v posledních letech z důvodů efektivnosti, zkrácení strojních časů, menších nákladů na výrobu a zjednodušení pracovních postupů a metod. Vyskytují se v mnoha průmyslových odvětvích. V dnešní době existuje mnoho strojů a nástrojů pro ohýbání, které jsou pořád vylepšovány. To vede k možnostem ohýbání dříve neohýbatelných součástí, které jsme museli například svařovat a tím zvyšovat pracnost výroby a hlavně dnes nejdůležitější náklady a také přesnost. Ruční ohýbání se už používá jen v kusové výrobě, kde se nevyžaduje moc velká přesnost ohýbané součásti za pomoci jednoho z druhů ohýbaček. Pro malosériovou a sériovou výrobu se už používají CNC ohraňovací lisy, kde se vyplatí delší přestavení a nastavení stroje na daný materiál a vyhotovení potřebného programu. Velký pokrok zaznamenaly ohraňovací lisy ve spojení s automatizovanou výrobou. Za pomoci univerzálního 6-ti osého robotu lze ohraňovací lisy plně automatizovat. Automatizace se vyplatí jen v případě velkosériové výroby, poněvadž nastavení robotu pro daný proces ohýbání není jednoduché. Výrobní náklady u takto plně automatizované sériové výroby klesnou, protože robot je schopen nahradit lidskou sílu až dvojnásobně. Robot má velkou výhodu v tom, že nepotřebuje žádné přestávky a pracuje nepřetržitě. Nevýhodou je poruchovost a stále ještě dnes nedokonalý servis výrobců. Nejvíc nás však zajímá s jakou přesností se vyrábí a to zaručují senzory, které jsou na robotu umístěny a robot si sám hlídá rozměry, úhel a některé vzniklé nepřesnosti si je schopen dokonce sám upravit. U stroje není potřeba skoro žádná lidská síla ani kontrola. Pro výrobu ohýbaných součástí se používají různé materiály. Pro obyčejné součásti se používají například základní ocelové plechy a pro speciální výrobky se zase můžou používat například různé barevné kovy. Dnes jsou hodně populární takzvané moderní plechy, které mají požadované povrchové vlastnosti už před ohybem a dále se nemusí nijak zpracovávat, jako černit, lakovat atd.. Mají velkou výhodu v tom, že se dají používat a ohýbat přímo na místě určení. Celkově je ohýbání plechů velmi zajímavá operace, kterou dokážeme vyrábět různé tvary součástí a užití těchto součástí je téměř neomezené.

V poslední kapitole je uveden příklad výroby ohýbané součásti firmou VN-U s.r.o. a možnosti modernizace dnes používaných metod k její výrobě. Výroba dnes používaným výrobním postupem má velkou nevýhodu hlavně ve vznikajících nepřesnostech ohýbáním tvaru U do polyuretanové vložky a potom také zdoluhavé strojní časy a tím vyšší náklady. Moderní metody, uvedené v bakalářské práci by měly zaručit možnost výroby součástí na jednom jediném pracovišti s mnohem větší přesností. Strojní časy by se zmenšily možná i na polovinu díky tomu, že by se nemusela provádět tak častá manipulace s materiálem a zapojení více pracovišť do výroby. Vzhledem k těmto všem okolnostem, které jsem v práci uvedl bych firmě vřele doporučoval buď nákup úplně nového stroje s moderními nástroji, ale vzhledem k tomu, že ve firmě byl zakoupen nový CNC ohraňovací lis v dubnu roku 2007, tak spíše jen nákup moderních nástrojů a nemožnost využití osy I, ale na druhou stranu o to nižší pořizovací náklady a brzké navrácení investice.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Doc. Ing. DVOŘÁK, Milan,CSc. a kolektiv. *Technologie II* Brno : CERM, 2001. 238 s. ISBN 80-214-2032-4.
- [2] *Katalog TRUMF*. [s.l.] : [s.n.], 2007.
- [3] *Katalog UKB : nástroje pro ohraňování*. [s.l.] : [s.n.], 2007. Dostupný z WWW: <www.sp-tech.cz>.
- [4] *MM Průmyslové Spektrum*. [s.l.] : [s.n.], 2001-2008. Dostupný z WWW: <www.mmspektrum.com>.
- [5] *Perfo Linea : výrobce děrovaných plechů* [online]. 2008 [cit. 2008-01-21]. Dostupný z WWW: <www.perfolinea.cz>.
- [6] *U. S. Steel Košice, s.r.o.* [online]. 2008 [cit. 2008-01-21]. Dostupný z WWW: <www.usske.sk>.
- [7] *Lukáš : hutní materiál* [online]. 2008 [cit. 2008-01-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.lukas-trebic.cz/Prodej-hutniho-materialu-Plechychy.html>>.
- [5] *Mostr : ohýbačky plechu* [online]. 2008 [cit. 2008-01-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.mostr.cz/Ohybacky-plechu.html>>.
- [9] Doc. Ing. DVOŘÁK, Milan,CSc. a Ing. Michaela MAREČKOVÁ: *Technologie tváření. Studijní opory pro kombinované studium I. stupeň, 2. ročník CTT-K*.
- [10] *Vyhledávač Google* [online]. 2008 [cit. 2008-01-21]. Dostupný z WWW: <www.google.cz>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A_{0U}	práce při ohýbání do tvaru U	[J]
A_{0V}	práce při ohýbání do tvaru V	[J]
b	šířka plechu	[mm]
c	koeficient	[-]
d	vnitřní průměr svitku plechu	[mm]
D	vnější průměr svitku plechu	[mm]
E	modul průřezu	[MPa]
F_0	ohýbací síla	[N]
F_{0max}	maximální ohýbací síla	[N]
F_{0U}	síla při ohýbání do tvaru U	[N]
F_{0V}	síla při ohýbání do tvaru V	[N]
h	výška stolice	[mm]
k	součinitel určující polohu neutrální plochy v závislosti na poměru R_0/t (dle ČSN z diagramu).	[-]
l	vzdálenost ohýbacích částí	[mm]
L	vzdálenost mezi podporami	[mm]
l_m	rameno ohybu	[mm]
l_n	délka polotovaru	[mm]
R_a	drsnost	[μ m]
R_e	mez kluzu	[MPa]
R_m	mez pevnosti	[MPa]
R_o	poloměr ohybu	[mm]
t	tloušťka materiálu	[mm]
t'	Rozteč mezi válci	[mm]
x	koeficient posunu neutrální plochy	[mm]
Z	potřebný zdvih	[mm]
α	úhel ohybu sevřených ramen	[°]
β	úhel odpružení	[°]
ε_c	mezní prodloužení	[mm]
μ	součinitel tření	[-]
ρ	poloměr zaoblení středního vlákna	[mm]
ρ_1	poloměr ohybu	[mm]
σ_{ef}	efektivní napětí	[MPa]
σ_1	hlavní napětí	[MPa]
σ_i	okamžité napětí	[MPa]
σ_k	napětí na mezi kluzu	[MPa]
τ	smykové napětí	[MPa]
φ	úhel ohybu	[°]
$\bar{\sigma}$	skutečné napětí	[MPa]

SEZNAM PŘÍLOH

1x CD
1x licenční smlouva
1x soubor metadat