



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NOVÉ TRENDY ZPRACOVÁNÍ POVRCHOVĚ UPRAVENÝCH PLECHŮ

NEW TRENDS IN PROCESSING OF METAL SHEET WITH COATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ŠTĚPÁN VEVERKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAELA MAREČKOVÁ

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Štěpán Veverka

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Nové trendy zpracování povrchově upravených plechů

v anglickém jazyce:

New trends in processing of metal sheet with coating

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Téma práce je zaměřeno na vytvoření přehledu moderních metod zpracování povrchově upravených plechů v oblasti technologie tváření. Práce by měla obsahovat popis metod a výrobních postupů technologie tváření, využití moderních strojů a nástrojů.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je porovnat stávající a nejnovější metody, popsat výrobní postupy a zhodnotit jejich výhody či nevýhody.

Seznam odborné literatury:

NOVOTNÝ, J. – LANGER, Z. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů, 1980
DVOŘÁK, M. – GAJDOŠ, F. – NOVOTNÝ, K. Technologie tváření – plošné a objemové tváření, 2003
KREJČÍK, V. Povrchová úprava kovů II, 1988
FREMUNT, P. – KREJČÍK, J. – PODRÁBSKÝ, T. Nástrojové oceli, 1994
Sborníky z konferencí
Internet

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michaela Marečková

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 19.11.2008

L.S.

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

VEVERKA Štěpán: Nové trendy zpracování povrchově upravených plechů

Předložená práce vypracovaná jako součást bakalářského studia B2339-00 Strojní inženýrství ukazuje na nové trendy zpracování povrchově upravených plechů. Na základě literární studie je v práci představena problematika povrchové úpravy plechů, jednotlivých technologií jako je stříhání, ohýbání, tažení a smykové tlačení takto upravených plechů včetně popisu některých strojů sloužících k aplikaci těchto technologií.

Klíčová slova: ohýbání, povrchově upravené plechy, smykové tlačení, stříhání, tažení

ABSTRACT

VEVERKA Štěpán: New trends in processing of metal sheet with coating

Presented document worked out as the part of bachelor study B2339-00 Mechanical Engineering deals with new trends in processing of coated metal sheets. With consideration of available literature are introduced issues of surface treatment, cutting, bending, drawing and spinning of altered sheets including also the descriptions of some machines which apply these technologies.

Keywords: bending, coating metal sheet, spinning, cutting, drawing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VEVERKA, Š. *Nové trendy zpracování povrchově upravených plechů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 33 s, příloh 1. Vedoucí bakalářské práce Ing. Michaela Marečková.

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 22. 5. 2009

.....
Štěpán Veverka

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto paní Ing. Michaele Marečkové za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

	Str.
1. ÚVOD	9
2. POVRCHOVÁ ÚPRAVA PLECHŮ	10
2.1. Anorganické povlaky	10
2.1.1. Pozinkované plechy.....	10
2.1.2. Pohliníkové ocelové plechy.....	11
2.1.3. Pocínované plechy.....	11
2.2. Organické povlaky	12
2.2.1. Plastované plechy.....	12
3. TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ POVRCHOVĚ UPRAVENÝCH PLECHŮ	14
3.1. Stříhání povrchově upravených plechů	14
3.2. Ohýbání povrchově upravených plechů	17
3.2.1. Prostý ohyb.....	18
3.2.2. Ohraňování.....	20
3.3. Tažení povrchově upravených plechů	23
3.4. Smykové tlačení povrchově upravených plechů	27
4. ZÁVĚR	29

Seznam použitých zdrojů

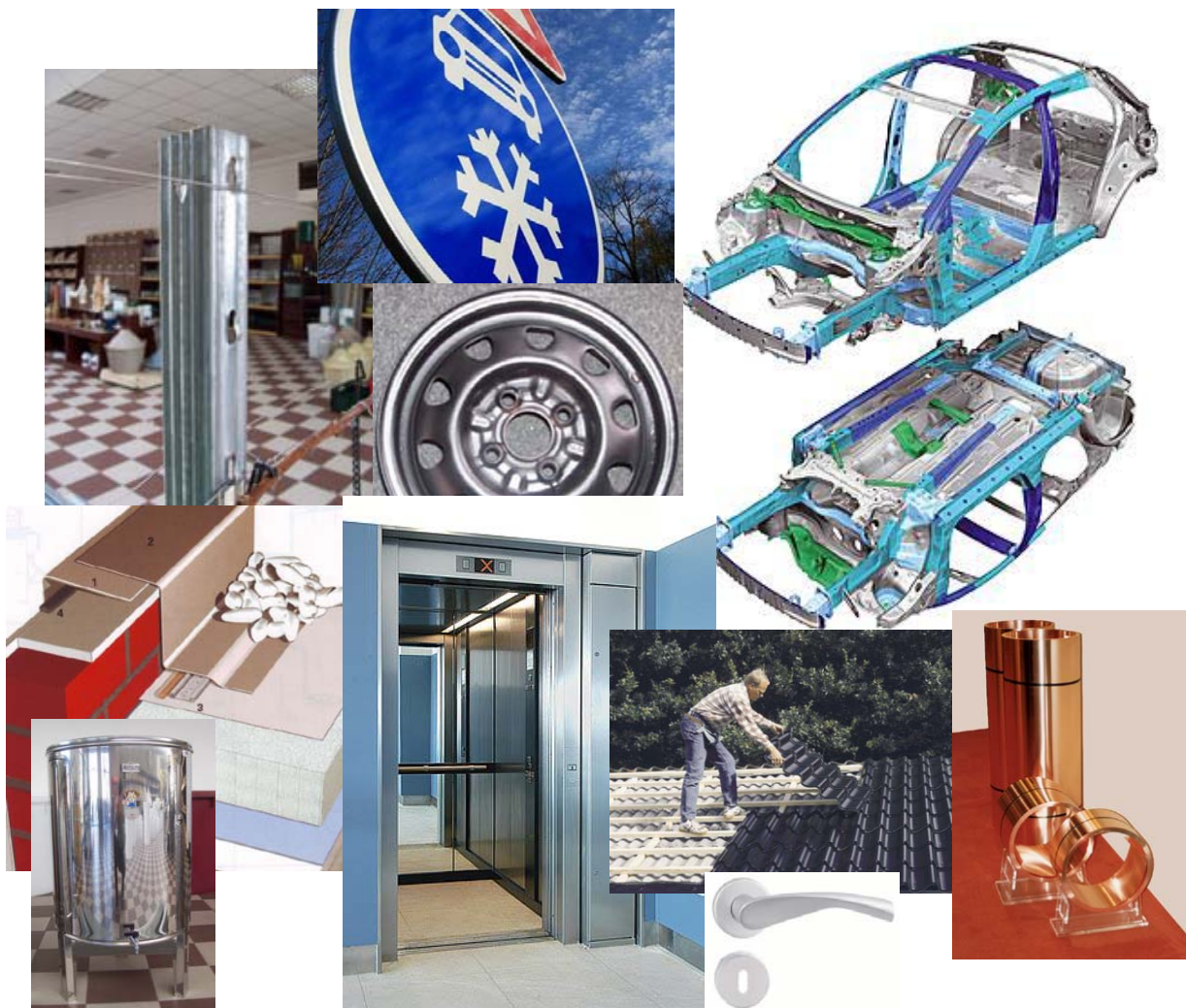
Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam příloh

1. ÚVOD

V důsledku neustálého technického rozvoje, zvyšování jakosti výrobků a tím i zlepšování výrobního procesu je potřeba optimalizovat současné technologie pro zpracování nových materiálů a polotovárů, mezi něž patří i povrchově upravené plechy. Podnětem pro vývoj povrchových úprav a jejich aplikaci je zvyšování užitných vlastností finálních výrobků, a to kvality, přesnosti, životnosti, spolehlivosti a dalších faktorů. Z ekonomického a energetického hlediska je výhodné zpracovávat plechy především technologiemi tváření. Nejčastější plošné technologie tváření jsou stříhání, ohýbání, tažení a kovotlačení, o kterých bude pojednáno dále.

V současné době mají výrobky z plechů význačné postavení na trhu. Lze je nalézt ve všech oblastech průmyslu, přičemž dominantní postavení mají ve stavebnictví a strojním průmyslu. Lze je ale také nalézt v potravinářském průmyslu, ať už jako součást konstrukcí určitých strojů nebo jako výrobky určené pro balení potravin a nápojů ve formě plechovek. Povrchově upravené plechy jsou hojně využívány v automobilovém průmyslu, kde jsou použity pro konstrukci karosérií automobilů (příčnický rám, sloupky), ale i např. palivových nádrží, výfuků, součástí pro spojky a převodovky. Ve stavebnictví jsou používány pro plechové stavby, okapové žlaby, střechy, oplocení a schodiště. V zemědělství se používají pro výrobu sloupků do vinohradů a jiné zemědělské techniky. Povrchově upravené plechy se také používají jako kování nábytku, ráfky jízdních kol, výtahy, dopravní značky. Příklady některých výrobků jsou na obrázku.



Různé výrobky z plechů [22],[23],[24]

2. POVRCHOVÁ ÚPRAVA PLECHŮ [1], [3], [8], [10]

Povrchově upravené plechy jsou takové, jež vzniknou nanesením povlaku na kovový podklad. Jako kovový podklad jsou používány ocelové plechy válcované za studena, a to v podobě tabulí či svitků, např. z materiálů dle ČSN: 10 004, 11 300, 11 301, 11 304, 11 320, 11 321, 11 330, 11 331, 11 343, 11 378.

Hlavní výhodou povrchově upravených plechů je především jejich odolnost vůči korozi. Další aspekty jsou estetický vzhled a zpracovatelnost.

Povlaky mohou být na bázi anorganické a organické. Mezi anorganické lze zařadit povlaky zinkové (Zn), cínové (Sn), olovené (Pb), hliníkové (Al), niklové (Ni) a chromové (Cr). Organické povlaky jsou především plastové, např. polyvinylchloridové (PVC), polyetylenové (PE), polyamidové, teflonové, teflexové, akrylátové a celulózové.

2.1. Anorganické povlaky

2.1.1. Pozinkované plechy

Nejčastější metodou povlakování plechů je zinkování. Množství pozinkované oceli v roce 1999 bylo v ČR 74 477 tun a v roce 2007 činilo 165 889 tun (nárůst o téměř 123 %) [17]. Zinkování může být prováděno žárově nebo elektrolyticky.

Technologie žárového zinkování [10]

Základní technologický postup výroby žárově naneseného povlaku zinku na kovovém podkladu se skládá z:

- Odmaštění – odmašťovací lázeň zbaví součásti zbytků oleje a mastnoty
- Oplach – lázeň s oplachovací vodou zabrání znehodnocování mořicí lázně odmašťovacím přípravkem
- Moření – mořicí lázeň slouží k dosažení kovově čistého povrchu součásti
- Oplach – lázeň s oplachovací vodou zabrání znehodnocování tavidla mořicí kyselinou
- Tavidlo – lázeň s tavidlem slouží k intenzivnímu dočištění povrchu při ponoru do zinku
- Sušení – sušicí pec k omezení rozstříku a snížení tvorby popela
- Ponor do roztaveného zinku – v zinkovací vaně se vytvoří povlak z intermetalických částí Fe-Zn

Obvyklá tloušťka zinkového povlaku je 15 až 30 μm z jedné strany plechu.

Technologie elektrolytického zinkování [8]

Výhodou oproti žárovému zinkování je zachování mechanických vlastností ocelového pásu i po nanesení zinkového povlaku, neboť proces elektrolytického pozinkování probíhá za teplot do cca 60°C.

Proces nanášení zinku lze popsat rovnicí:
$$\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_x^{2+} + 2e^- = \text{Zn}^0 + x\text{H}_2\text{O}$$

Jako katoda je zapojen ocelový pás, anoda je titanový plech nebo slitina PbAg. Používá se stejnosměrný elektrický proud. Elektrolytickým zinkováním dosahujeme jemných a velmi tenkých povlaků tloušťek od 2,5 do 15 μm . Příprava povrchu před vlastním procesem povlakování je nezbytná.

Požítí takto upravených plechů (obr. 1.1) je nejčastější ve stavebnictví (střešní krytina, okapové žlaby, trubky a kolena, expanzní nádoby) a také strojírenství (nádoby na oleje, nádoby na nátěrové hmoty).

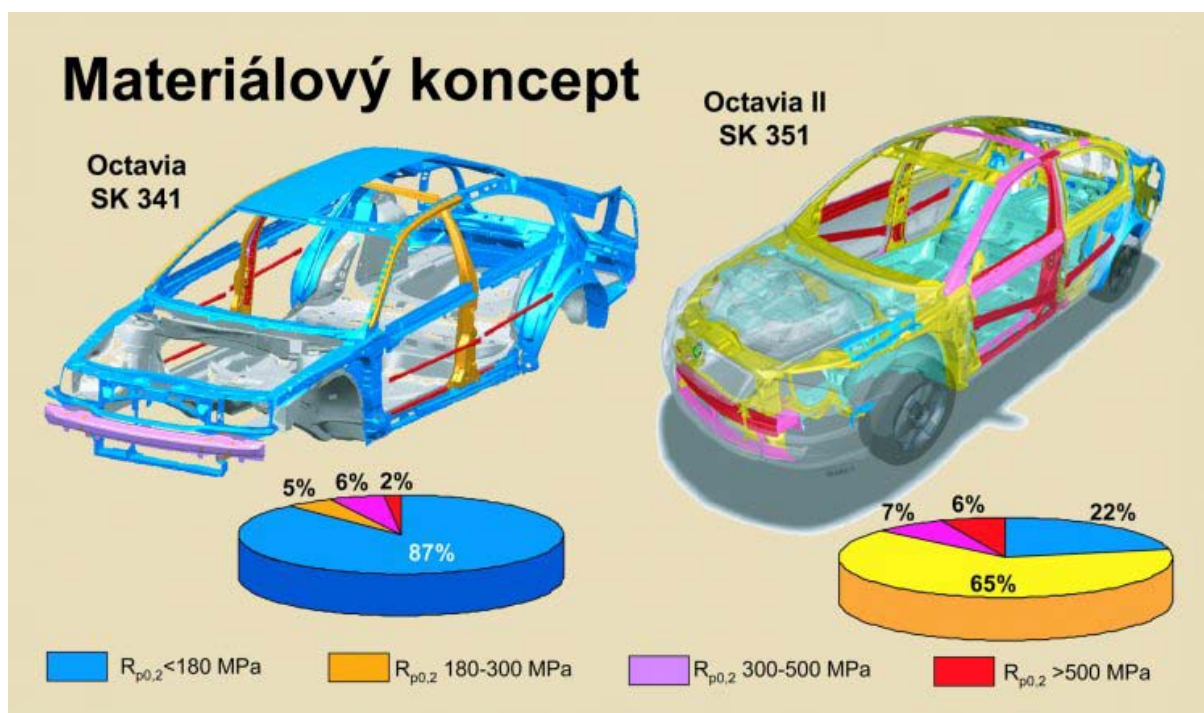


Obr. 1.1 Aplikace pozinkovaných plechů ve stavebnictví [19]

2.1.2. Pohliníkováné ocelové plechy [8]

Hliník je nanášen na ocelový plech buď galvanicky, nebo ve formě roztaveného kovu. Podle ČSN 244103 je hliníková vrstva tvořena hliníkem o čistotě 99,9%.

Tyto plechy jsou často náhradou za plechy pozinkované (levnější). Používají se ve stavebnictví a také v automobilovém (obr 1.2) či elektrotechnickém průmyslu.



Obr. 1.2 Aplikace povlakovaných plechů v karosářském průmyslu [18]

2.1.3. Pocínované plechy [8]

Značný význam mají též pocínované plechy používané v potravinářském průmyslu. Pocínované plechy se vyrábí převážně elektrolyticky. Oproti žárové produkci se dosahuje tenčích povlaků s rovnoměrnější tloušťkou cínu v šířce pásu.

Samotné elektrolytické cínování se nejčastěji realizuje v sedmi vertikálních vanách, před které je zařazená ještě jedna vana bez usměrňovače naplněná cínovacím elektrolytem – její význam spočívá v zmáčení a chemickém aktivování povrchu pásu elektrolytem bezprostředně před elektrolytickým pokovováním. Jako cínovací elektrolyt se používá roztok SnSO_4 kyseliny fenolsulfonové a ENSA s pracovní teplotou do 50°C . Potřebná koncentrace Sn^{2+} v roztoku se udržuje rozpouštěním cínových anod.

V případě výroby lesklého povrchu je elektrolyticky vyloučený cínový povlak indukčně natavovaný při teplotě cca 280°C za vzniku mezivrstvy FeSn_2 s následným rychlým ochlazením ve vodě. Natavený cínový povlak bez dalšího ošetření je náchylný k tvorbě oxidů, které jsou amorfni, velmi křehké a negativně ovlivňují lakovatelnost a potiskovatelnost pocínovaného plechu při jeho dalším zpracování. Proto se jeho povrch upravuje chemickou nebo elektrochemickou pasivací, obvykle v roztoku Na_2CrO_7 . Podstata této úpravy spočívá v redukci oxidů cínu a ve vyloučení tenké pasivační vrstvy oxidu chrómu a kovového chrómu, která zabraňuje další oxidaci cínu.

Pocínované plechy jsou využívány v potravinářském a konzervářském průmyslu k produkci jemných plechových obalů, plechovek a jiných nádob (obr. 1.3).



Obr. 1.3 Použití pocínovaných plechů [20]

2.2. Organické povlaky [8]

Organické povlaky jsou používány především kvůli jejich estetickému vzhledu a také zvyšují ochranu proti korozi. Povlaky jsou na bázi organických polymerních materiálů.

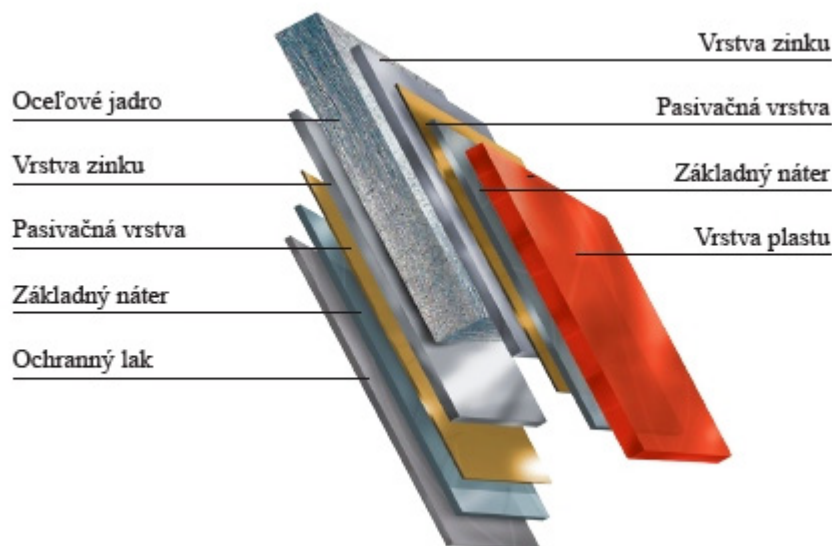
2.2.1. Plastované plechy

Nejčastější technologie a metody plastového povlakování jsou laminační a plastizolové.

Při laminační metodě jsou folie navalovány postupně na ocelový pás, na němž se na předem nanesenou vrstvu lepidla přitlačuje válcem s vrstvou neoprenu, eventuálně z jiného obdobného ochranného materiálu. Po průchodu válci se pás chladí, aby se folie vlivem vysoké teploty nepoškodila.

Při metodě plastizolové jde o nanášení povlaku plastizolu, tj. jemně rozptýleného prášku s různými přísadami nebo organosolu, což je plastizol u nějž je podíl těkavých přísad větší než 5% celkového obsahu nanášené hmoty.

Před samotným plastovým povlakováním je také možná předúprava kovových materiálů fosfátováním, pozinkováním či chromátováním. Tato předúprava slouží jednak k zvýšené korozní odolnosti, ale také k zlepšení soudržnosti plastické hmoty a oceli. Schéma vrstev u plechů s plastovaným povrchem je uvedena na obr. 1.4.



Obr. 1.4 Vrstvy plastovaného plechu [21]

Použití těchto plechů je velmi široké, z důvodu mnoha barvených odstínů a dezénů, např. ve stavebnictví (obklady stěn, izolace, výtahové kabiny či eskalátory), v automobilovém průmyslu, v obalovém průmyslu a také k výrobě různých dílců spotřebního průmyslu.

Další užité vlastnosti plastovaných plechů jsou:

- dobrá tepelná, zvuková a elektrická izolace
- oproti plastům snesou plastované plechy vyšší teploty (přípustná teplota 70°C) – ocelové jádro dobře odvádí teplo a omezuje deformaci plastové vrstvy
- chemická odolnost vůči některým kyselinám a zásadám
- omyvatelnost a odolnost proti vlhkosti a atmosférickým jevům
- barevné plechy jsou světelně stálé (použití stabilizátorů)
- plastická hmota je obvykle netoxická a mohou být tudíž použity v potravinářském průmyslu
- mechanické spojování lemováním, ohýbáním, prolisy, šrouby a nýty
- možnost lepení
- některé plechy obsahují antistatické přísady proti usazování prachu
- odolnost proti otěru díky tlusté plastické vrstvě, která je pevnější než nátěry nebo emaily, dvakrát odolnější oproti fenolickým a pětkrát oproti vinylovým lakům. Při rázovém zatížení neodprýskává, narozdíl od sklovitých emailů.

3. TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ POVRCHOVĚ UPRAVENÝCH PLECHŮ

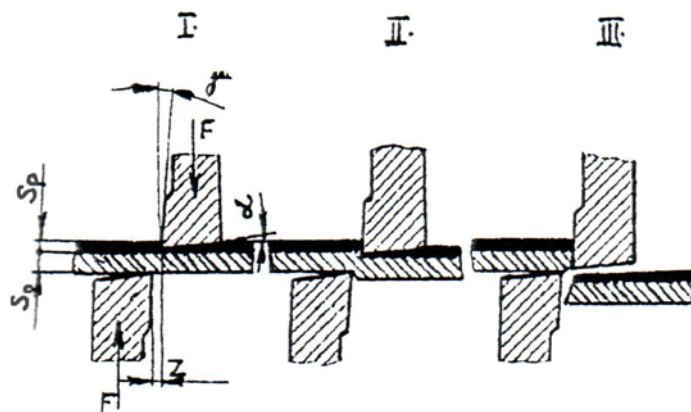
Plastovaný plech lze zpracovávat stejně jako plechy povrchově neupravené, bez nebezpečí narušení vazby mezi ocelovým podkladem a plastovým povlakem. Tyto plechy je možné stříhat, ohýbat, táhnout, lemovat, ale také spojovat šrouby a nýty. Při zpracování je možné použití stejných nástrojů, které se používají u plechů bez povrchové úpravy. [8]

3.1. Stříhání povrchově upravených plechů [1], [2], [11]

Upravené plechy s povlakem (kovovými nebo nekovovými) lze zpracovávat technologií plošného tváření – stříháním obdobně jako nepovlakované plechy. Technologií stříháním lze provádět prostříhování, děrování, nastříhování, přestříhování, ostříhování a přesné stříhání. Proces stříhání má pět fází:

- dosednutí střížníku na povlak plechu a následné přestřížení této vrstvy.
- dosednutí střížníku na základní materiál
- vznik trhlin u nožů (překročení meze pevnosti R_m a následné šíření trhlin)
- propojení trhlin
- oddělení materiálu

Průběh operace stříhání je znázorněn na obr. 2.1.



Obr. 2.1 Schéma stříhání povrchově upraveného plechu [1]
 s_0 – tloušťka plechu, s_p – tloušťka plastické vrstvy

Důležitým parametrem při stříhání je střížná mezera ($z/2$), která určuje možnost dosažení kvalitní střížné plochy. U povlakovaných plechů se běžně volí (0,05 ÷ 0,06) tloušťky základního materiálu. Další nezbytností jsou ostré střížné hrany, poněvadž při otupení střížných hran dochází k potrhání povrchově upravené vrstvy a také je tato vrstva přes střížné hrany tažena. Důsledkem toho může dojít mezi základním materiálem a povlakovou vrstvou ke ztrátě soudržnosti obou složek. Jestliže nejsou na kvalitu střížné plochy kladeny specifické požadavky, volí se střížná mezera stejně jako při stříhání plechů bez povlakování. Pro určení střížné vůle z v závislosti na tloušťce plechu a pevnosti ve stříhu lze použít tabulku (příloha 1) nebo empiricky odvozených vztahů:

pro plechy do $s \leq 3 \text{ mm}$

$$z = 2 \cdot C \cdot s \cdot \sqrt{\tau_{Ps}} \quad (1)$$

pro plechy $s \geq 3 \text{ mm}$

$$z = 2 \cdot (1,5 \cdot s - 0,015) \cdot \sqrt{\tau_{Ps}} \quad (2)$$

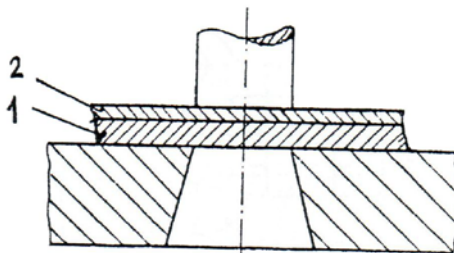
,kde	z	střížná mezera [mm]
	S	tloušťka základního materiálu [mm]
	τ_{Ps}	pevnost ve stříhu [MPa]
	C	součinitel [-], obvykle se volí v rozmezí 0,005 až 0,035 (nižší hodnoty znamenají lepší střížnou plochu, vyšší hodnoty složí k dosažení minimální střížné síly).

Pro volbu vhodného stroje pro stříh je důležité stanovení střížné síly, která je dána vztahem:

$$F_s = S \cdot \tau_{Ps} \cdot n \quad (3)$$

,kde	S	střížná plocha [mm ²]
	n	součinitel otupení nožů [-]
	τ_{Ps}	pevnost ve stříhu [MPa]

Průběh procesu stříhání plechu s nanesenou plastickou hmotou ve stříhadlech je stejný, jak při stříhání nůžkami. U jednostranně povlakovaných plechů je konvencí při technologii děrování klást základní materiál na střížnici (obr. 2.2). Při vystřihování se obvykle plech klade tak, aby povrchově upravená vrstva byla na střížnici.



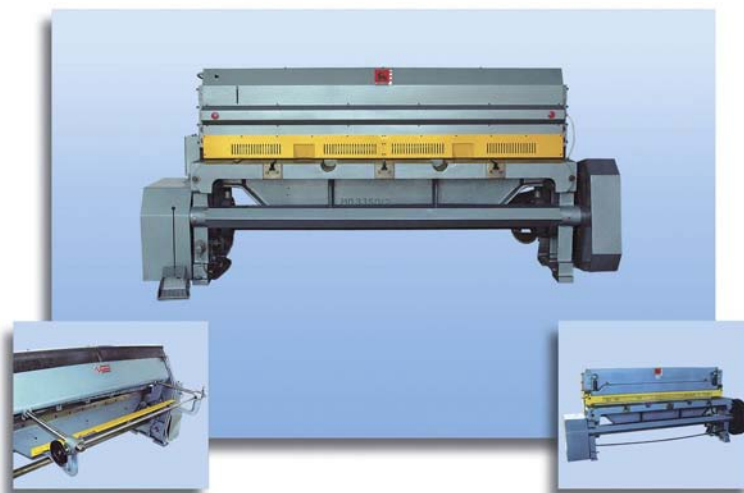
Obr. 2.2 Poloha povrchově upraveného plechu při děrování [1]
1 – základní materiál, 2 – povlak

Pro stříhání povrchově upravených plechů lze použít stroje využívané při stříhání nepovlakovaných plechů. Pro plechy menších tloušťek se používají ruční nůžky. Příkladem mohou být ruční pravoúhlé nůžky (obr. 2.3), kde délka a úhel stříhu jsou konstantní. Spodní nože jsou upevněny ve stole nůžek a horní nože v držáku, který je připevněn na stříhacím nosníku. Nůžky mají stavitelné dorazy a střížná vůle může být nastavena tlačnými šrouby mezi držáky horních nožů a stříhacím nosníkem. Potřebná střížná síla je vyvinuta ruční pákou přes excentrický hřídel.



Obr. 2.3 Ruční pravoúhlé nůžky NLR 150/1,6 [11]

Nejčastěji se pro stříhání plechů používají tabulové nůžky, které mohou být buď hydraulické, nebo elektromechanické (obr. 2.4) a jsou vybaveny přídržovači plechu. Základní konstrukce je litinová, úhel stříhu je konstantní a vůle mezi noži je nastavitelná. Na stole jsou prodlužovací ramena, přední doraz a pomocné pravítko pro stříhání pod úhlem. Stříhací traverza disponuje ručně nastavitelným (kolem) zadním dorazem materiálu, který umožňuje stříhání plechů bez rysky. Stroj má také osvětlení střížné traverzy umožňující stříh na rysku.

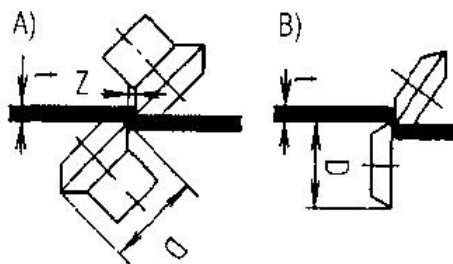


Obr. 2.4 Elektromechanické tabulové nůžky NTV 2000/4E [11]

Další stroje pro stříhání jsou kotoučové nůžky (obr. 2.5) s okružními nebo křivkovými noži (obr. 2.6).



Obr. 2.5 Kotoučové nůžky Leifeld [15]



Obr. 2.6 Uspořádání nožů kotoučových nůžek [4]
A – okružní, B – křivkové

Vystřihováním se zhotovují výstřihy, součástky k přímému použití, přístřihy a polotovary určené k dalšímu zpracování. Děrováním se získávají výlisky a výstřižky s kruhovými a jinak profilovými otvory. K těmto technologiím se využívá lisovacích nástrojů (obr. 2.2) a lisů pro přesné vystřihování.

3.2. Ohýbání povrchově upravených plechů [1],[4]

Během ohybu je povrchová vrstva různě namáhána. Druh namáhání závisí na poloze plechu v ohýbadle. Tlakovým napětím, je-li plastická vrstva na vnější straně, nebo tahovým napětím, je-li na vnitřní straně (obr. 2.7). Při tlakovém napětí je vrstva přitlačována na základní materiál. K dodržení dovoleného namáhání povrchové vrstvy jsou důležité rozměry (minimální poloměr ohybu dílce R_{min} , zaoblení ohybníku R_o), vůle a drsnosti funkčních částí (ploch) ohýbadla. Větší drsnost funkčních ploch nástroje má za následek větší tření mezi nástrojem a plechem, což může vést k poškození povrchové vrstvy. Velká drsnost funkčních ploch může způsobit poškrábání povrchové vrstvy. Náchylnější k poškrábání povrchu je plech s lesklým povrchem plastické hmoty než s dezénem.

Minimální poloměr ohybu plastovaného plechu s vrstvou větší než 150 μm , kde vrstva je namáhána:

- tahově

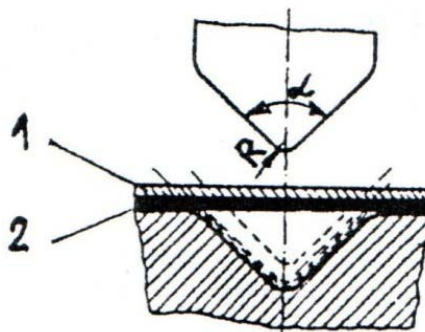
$$R_{min} = s \quad (4)$$

- tlakově

$$R_{min} = 3 \cdot s \quad (5)$$

,kde R_{min} minimální poloměr ohybu [mm]
 s tloušťka základního materiálu [mm]

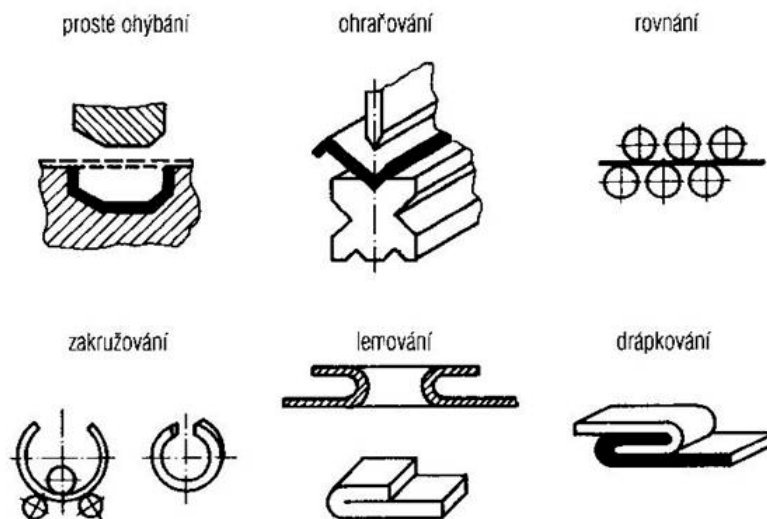
Pro menší tloušťku povlakové vrstvy je doporučeno volit větší poloměry ohybu, aby nevznikali v této vrstvě trhliny, které jsou nepřijatelné. Větší tloušťka a lepší elastické vlastnosti povlaku mají příznivý vliv na menší zeslabení plastické vrstvy.



Obr. 2.7 Schéma ohýbání povrchově upraveného plechu (ohyb do V) [1]

1 – základní materiál, 2 – povlak

Rozlišujeme ohýbání za studena a za tepla. Metoda ohybu za studena je častější, neboť je využívána pro plechy menších tloušťek. Tato metoda je ruční nebo strojní. Oproti tomu je metoda ohybu za tepla pouze strojní, poněvadž se často jedná o plechy velkých tloušťek. Mezi základní technologie ohýbání řadíme prostý ohyb, ohraňování, rovnání, zakružování, lemování a drápkování (obr. 2.8).



Obr. 2.8 jednotlivé metody ohybu [4]

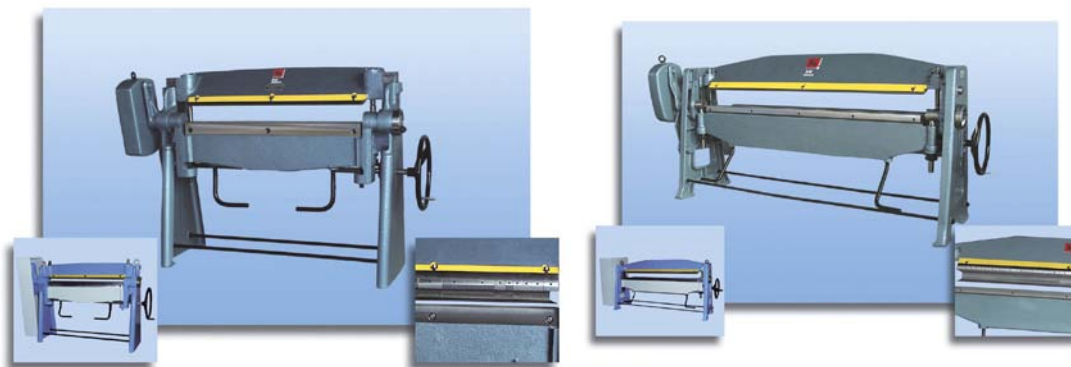
3.2.1. Prostý ohyb [4], [11], [16]

Prostý ohyb je typický pro menší výrobky s ostrými rádiusy, kde výsledný tvar je kombinací ohybů do tvaru U a V pro něž jsou průběhy a velikosti sil odlišné. Konstrukce ohýbadel jsou jednoduché, postupové a sdužené.

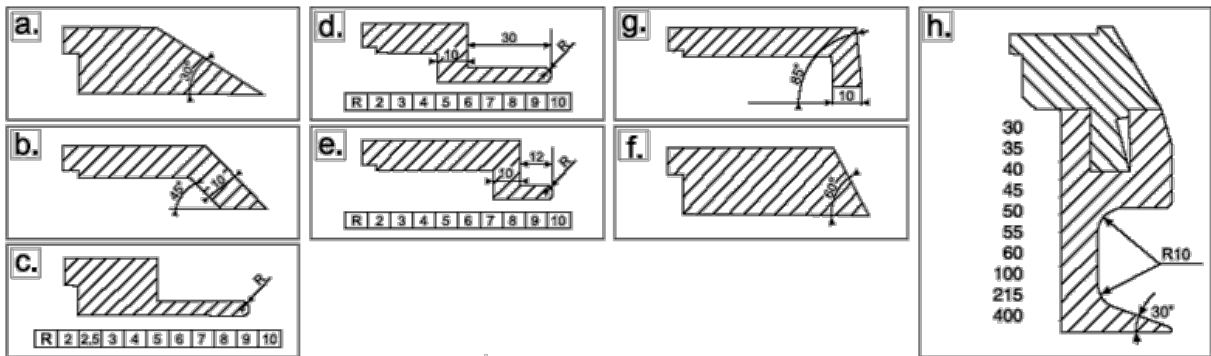
Pro ruční ohyb se používají svěráky, ohýbačky a ruční lisy.

Ohýbání ve svěráku je nejstarší a nejméně přesná metoda ohybu sloužící především pro kusovou výrobu méně složitých a méně přesných výrobků. Ohyb je omezen parametry svěráku, především pak délkou svěrných čelistí a jejich výškou nad vřetenem. Předpokladem pro ohyb je, že plech je sevřen po celé délce a ohyb není prováděn kladivem.

Ohýbání na ohýbačkách je velmi rozšířené a používají se v klempířských, zámečnických dílnách, opravnách a údržbářských provozech. Ruční ohýbačky mají přestavitelný pracovní stůl a slouží k ohybu pod ostrým úhlem (obr. 2.9). Použitím různých nástrojů může být dosaženo i rozdílného radiusu ohybu (obr. 2.10). Vysoká přesnost ohybů je podmíněna masivní litinovou konstrukcí stroje. Pohyb horní čelisti je regulován ručním kolem přes kuželový převod a pohybové šrouby. Spodní ohýbací čelist je výkyvná a vyvážená protizávažím. Stroj má též dorazy pro dosažení stejného úhlu ohybu a doraz šířky ohybu.



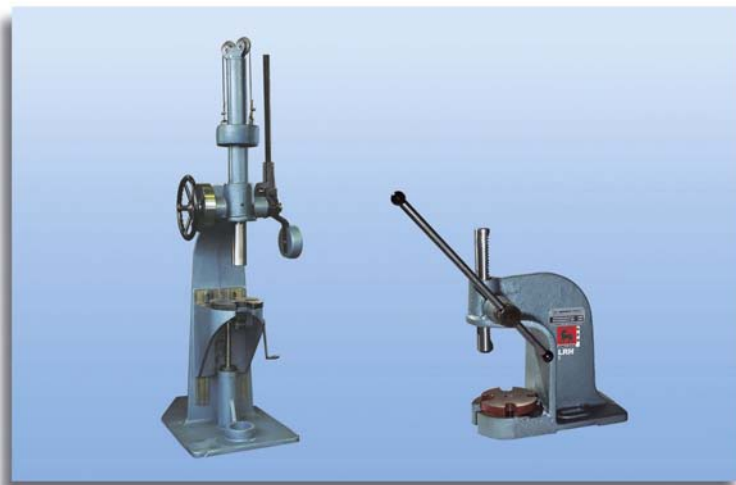
Obr. 2.9 Ruční ohýbačky plechu XO 1000/3A a XK 2000/2A [11]



Obr. 2.10 Nástroje pro ohyb [11]

a – ostré pravítko 30°, b – ostré pravítko ohnuté 45°, c – polokulaté pravítko “R“, d – polokulaté pravítko ohnuté “R“, e – polokulaté pravítko ohnuté úzké “R“, f – ostré pravítko 60°, g – ostré pravítko pravoúhlé 90°, h – dělené pravítko

Ohyb na ručních lisech se používá při netradičním zpracování, především u plechů malých tloušťek a malých ohybů za použití různých přípravků (prizmatické kostky). Lisovací síla je dosažena přes páku a následný hřebenový převod. Konstrukce ručního lisu je obvykle z šedé litiny a namáhané části jsou z legovaných ocelí. Ruční lisy slouží primárně k nalisování, vylisování pouzder, čepů, kolíků, rozlisování nýtů atd. Příklad ručních lisů je na obr. 2.11.



Obr 2.11 Ruční lisy LRH 3 a LRH 1 [11]

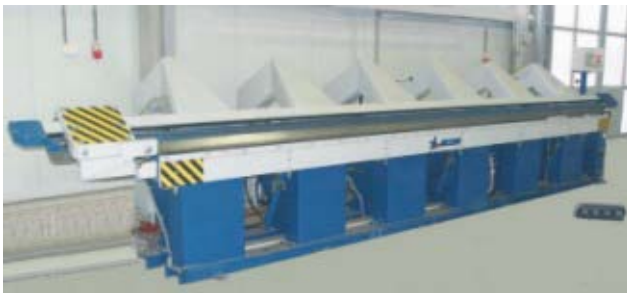
Pro strojní ohyb plechů jsou využívány elektromotorové, hydraulické a modulové ohýbačky. [16]

Elektromotorové ohýbačky masivní litinové konstrukce s velkou přesností ohybu po celé délce plechu. Pohon je zajištěn elektromotory, kdy jeden pohání horní čelist a druhý ohýbací čelist. Stroj může pracovat v manuálním režimu (kusová výroba), poloautomatickém a automatickém režimu (sériová výroba). Některé ohýbačky mají boční vybrání v horním díle, která umožňují ohyb lemovaných plechů. Pomocí stavitelných šroubů se nastavují ohýbací čelisti. Pracovní lišty jsou snadno a rychle vyměnitelné (obr. 2.10), tedy lze ohýbat součásti o různém poloměru zaoblení a např. při použití děleného pravítka lze vyrábět plechové krabice. Příklad elektromotorové ohýbačky je na obr. 2.12.



Obr. 2.12 Elektromotorová ohýbačka XKM 2000/2A [11]

Hydraulické ohýbačky slouží k tvorbě atypických tvarů, klempířských prvků opláštění staveb apod. Maximální zdvih čelisti je 200 mm, maximální úhel ohybu je 145° a vyrábí se v délkách 2 až 10 m, tím pádem mohou ohýbat i delší plechy (obr. 2.13).



Obr. 2.13 Hydraulická ohýbačka [16]



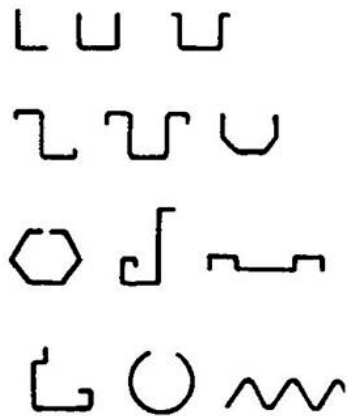
Obr. 2.14 Modulová ohýbačka [16]

Modulové ohýbačky plechu mají oproti předchozím typům výhodu v tom, že se dají navzájem podélně spojovat, čímž je zvětšena jejich pracovní délka. U modulových ohýbaček jsou obvykle navíc přidělané ruční kotoučové nůžky, umožňující stříh po celé délce. Stroje jsou tuhých konstrukcí při relativně nízkých hmotnostech (obr. 2.14).

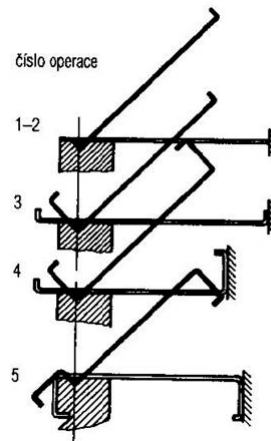
3.2.2. Ohraňování [4],[12],[14]

Ohraňování je způsob tváření plechů, kdy výsledkem procesu je určitý tvar profilu, jenž vzniká kombinací ohybu do U a V. Příklady profilů jsou na obr. 2.15. Obvykle se jedná o ohyb ostrý. Profily jsou tvořeny postupně (obr. 2.16). Stroje pro ohraňování jsou ohraňovací lisy, které mají pohyblivý lisovník a prismatickou pevnou lisovnici s tvarově rozdílnými výřezy, nastavovanými dle požadavků do pracovní polohy.

Ohraňovací lisy jsou velmi tuhé svařené konstrukce, jejichž beran je poháněn dvěma řízenými hydraulickými válci, které jsou nahoře na bocích stroje. Důležitá je synchronizace levé a pravé strany, která je zabezpečena NC systémem nebo mechanicky pomocí torzní tyče a mechanické spojky. Deformace rámu stroje je pomocí snímačů polohy a synchronizačního systému korigována. Ovládání stroje je možné pomocí ovládacího panelu s CNC systémem. Vysoká přesnost a rychlost zadního dorazu je dosažena motoricky hnanými kuličkovými šrouby. Ukázka ohraňovacích lisů je na obr. 2.17.



Obr. 2.15 Možné profily vzniklé ohraňováním [4]



Obr. 2.16 Postupný ohyb profilu [4]



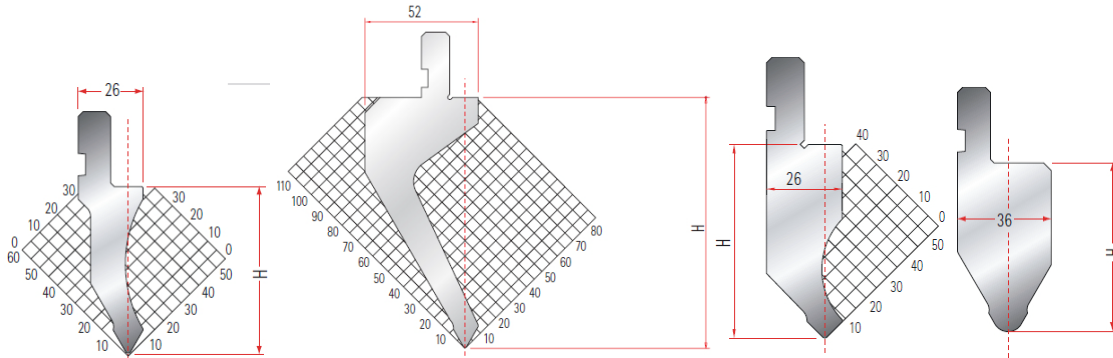
Obr. 2.17 Ohraňovací lisy EUROMASTER ERM a PPM [14]

Ohraňovací nástroje se skládají z razníků, matic a upínek. Nástroje jsou obvykle zhotoveny z materiálů C45 a 42CrMo4. Vnější části nástrojů jsou povrchově indukčně kaleny do hloubky 3 až 4 mm a dosahují tvrdosti 55 až 60 HRC. Nástroje jsou standardních délek jednotlivých výrobců ohraňovacích lisů nebo se vyrábí v dělených sadách (obr. 2.20). Mnoho výrobců nástrojů je schopno dodat i nástroje dělené dle požadavků zákazníka. Nástroje se skladují ve speciálních skříních (obr. 2.18).

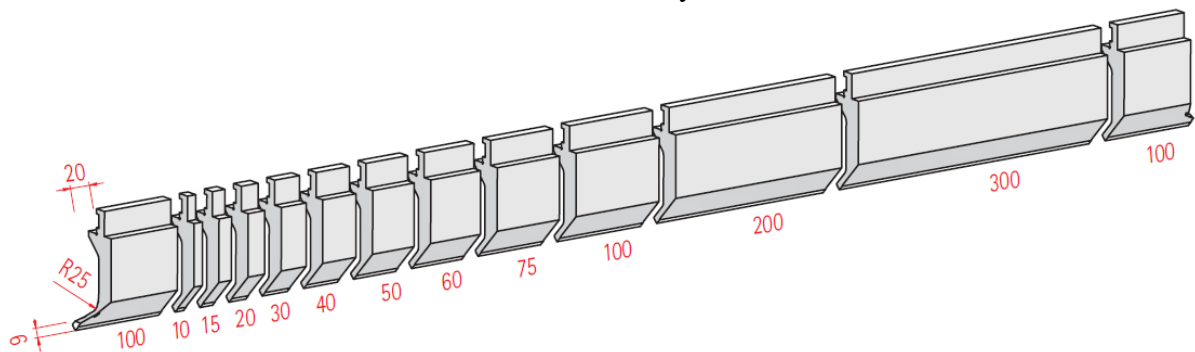


Obr. 2.18 Skříně pro skladování ohraňovacích nástrojů [12]

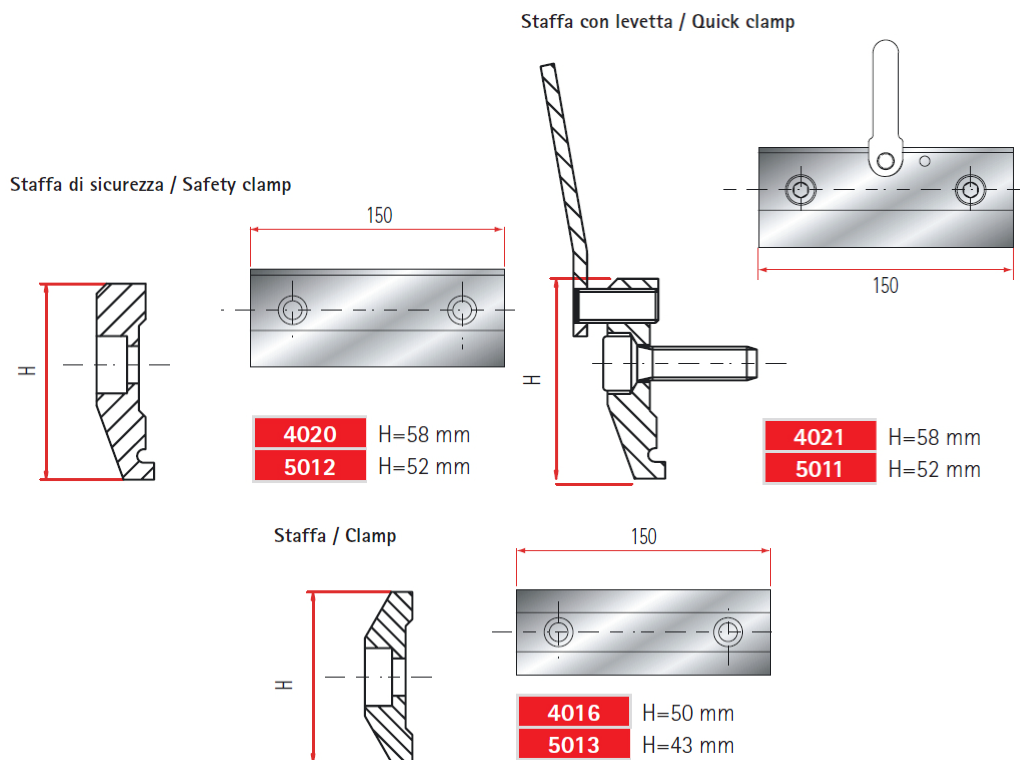
Razníky se vyrábí v různých velikostech a tvarech (obr. 2.19). Charakteristické rozměry razníku jsou vrcholový úhel a rádius zaoblění pracovní části a také výška nástroje. Upínání razníku je rozdílné, protože většina výrobců ohraňovacích lisů má svoji unikátní konstrukci stroje. Upínky mohou být buďto mechanické nebo hydraulické. Příklady mechanických upínek pomocí šroubů jsou na obr. 2.21.



Obr. 2.19 Razníky [12]

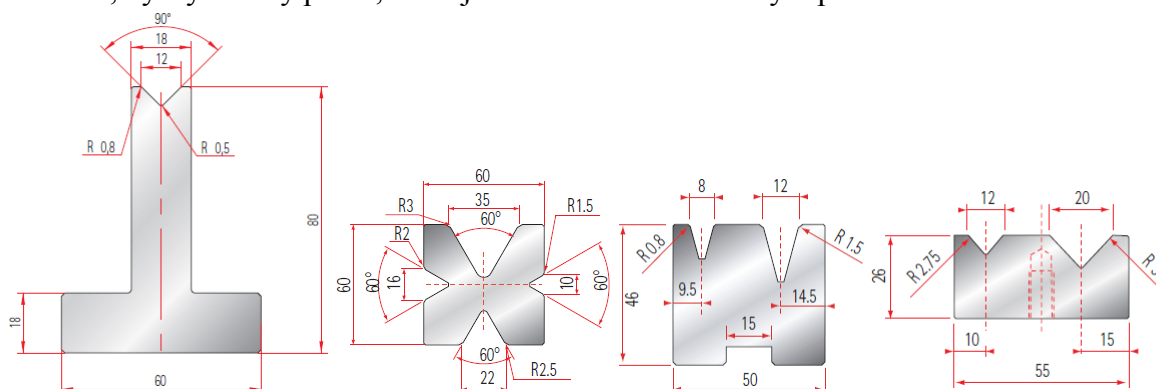


Obr. 2.20 Dělená sada razníků [12]

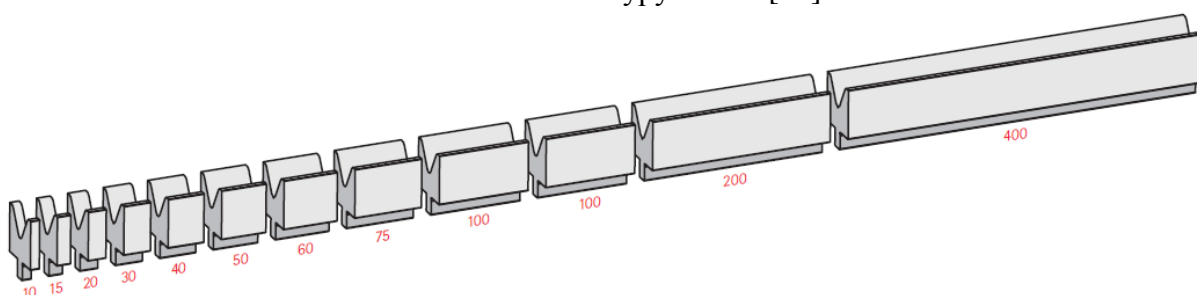


Obr. 2.21 Upínky – bezpečnostní, rychloupínka, standardní [12]

Matrice jsou také různých velikostí, tvarů a možností upnutí (obr. 2.22 a 2.23). Upínání je uskutečněno pomocí pravoúhlých upínek, které jsou buď přímo spojeny se základní deskou šrouby, nebo pomocí různých nástavců. Důležité parametry matic jsou úhly, poloměry zaoblení, výšky a šířky ploch, které jsou v kontaktu s tvářeným plechem.



Obr. 2.22 Různé typy matic [12]



Obr. 2.23 Sada matic [12]

3.3. Tažení povrchově upravených plechů [1], [4], [9]

Povrchově upravené plechy lze také zpracovávat technologií tažením. Schéma tažení povrchově upravených plechů je na obr. 2.24. Narozdíl od nepovlakovaných plechů není při tažení potřeba používat maziva (při vhodné orientaci plastického povlaku na tažnici). Občas se ale používá jako mazivo vodní roztok na bázi glykolu.

Výtažky se zhotovují buď jednooperačním nebo víceoperačním tažením. Oproti běžným hlubokotažným plechům je součinitel tažení m větší, což znamená nutnost víceoperačního tažení při tvorbě hlubších polotovárů. Neméně důležitým faktorem při tváření povrchově upravených plechů je teplota. U plastovaných plechů je zapotřebí, aby teplota při tváření byla mezi $(15 \div 20)^\circ\text{C}$. Při nižších teplotách mohou v deformovaných oblastech vznikat trhliny nebo také může povlak měnit barvu. Při vyšších teplotách dochází k porušení vrstvy. Důležitým parametrem při tažení je optimální tažná mezera, která se určí dle vztahu:

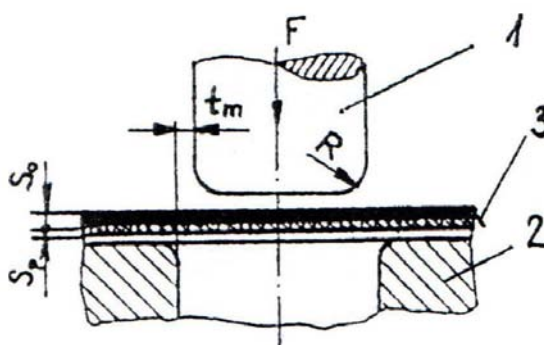
$$t_m = s_0 + 0,75 \cdot s_p \quad (6)$$

Poloměr tažníku se doporučuje pro válcové výtažky:

$$R_t = 8 \cdot s_0 \quad (7)$$

,kde

t_m	tažná mezera [mm]
s_0	tloušťka základního materiálu (plechu) [mm]
s_p	tloušťka plastické vrstvy [mm]
R_t	poloměr zaoblení tažníku [mm]



Obr. 2.24 Schéma tažení povrchově upraveného plechu [1]
 1 – tažník, 2 – tažnice, 3 – plech s povlakem (s_p)

Mezi technologie tažení patří:

- a) **tažení bez ztenčení stěny (prosté)** – při tažení se nemění tloušťka plechu. Slouží k tvorbě dutých, obvodově uzavřených výlisků, rotačních i nerotačních tvarů, s přírubou i bez příruby.
- b) **tažení se ztenčením stěny** – je charakteristické pro výrobu součástí s menší tloušťkou stěny a větší tloušťkou dna výtažku. Původní tloušťka stěny je redukována v mezeře mezi tažníkem a tažnicí na menší tloušťku, kdy se tloušťka dna nemění. Důsledkem je i schopnost vytažení hlubšího výtažku.
- c) **tažení bez přidržovače** – slouží k výrobě nízkých a tvarově jednoduchých výtažků, kdy výchozí materiál je poměrně tlustý. Tažidla bez přidržovače jsou z hlediska konstrukce jednoduchá, levná a provozně spolehlivá. Při tažení bez přidržovače je možný vznik vlnitého okraje přístříhu, a tedy redukce musí být při tažení poměrně malá.
- d) **tažení s přidržovačem** – použitím přidržovačů můžeme předejít případnému vzniku zvlnění na okrajích a dosáhnout větších redukcí. K tažení s přidržovačem se používají jednočinné a dvojčinné lisy.
- e) **zpětné tažení** – nejdříve se vytáhne válcový výtažek prostým tažením a poté je provedeno tažení v obráceném směru. Touto technologií lze dosáhnout až o 25 % větší redukce oproti prostému tažení. Materiál je navíc méně namáhán, méně se zeslabuje a okraje se obvykle nezvlňují.
- f) **protahování** – protažením materiálu prostřiženým, obvykle kruhovým, otvorem se vytvoří válcová stěna. Protahování si lze představit jako tvorbu lemů okolo otvorů nebo po okraji dutých součástí. Ostré hrany se zaoblují a současně dochází k jejich zpevňování. Materiál je namáhán tahem. Jedná se o technologie se ztenčením i bez ztenčení stěny.
- g) **vypínání (přetahování)** - je tvorba výtažku napínáním plechového přístříhu přes tažník. Přístřih je upnut v kleštinách a protahováním se oslabuje a zpevňuje. Jde o technologii s velkou spotřebou materiálu a dlouhými výrobními časy. Touto technologií lze zhotovovat výtažky s dvojitou křivostí a náklady na nástroje jsou taky nízké.

Na základě výpočtu tažné síly se určí lis vhodný pro technologii tažení. Existují dva vztahy pro určení síly. Jeden je založen na deformační a napjatostní analýze výtažku a druhý vychází z předpokladu, že největší tažná síla je o něco menší než mez pevnosti, přičemž kritické místo součásti je přechod ze stěny do dna.

Lisy pro tváření můžeme rozdělit do dvou základních skupin, a to lisy hydraulické a lisy mechanické. Mezi hydraulické lisy patří lisy univerzální, rovnací a speciální. Mezi mechanické řadíme lisy klikové, kloubové, excentrické, vřetenové a karosářské.

Univerzální hydraulické lisy jsou vhodné pro plošné i objemové tváření (obr. 2.25). Jsou to svislé, svařované a tuhé konstrukce. Beran lisu je vybaven aretací v horní poloze. Mohou být doplněny o horní a spodní vyhazovač, zařízením pro výměnu nástrojů, upínkami a dalšími zařízeními. Výhodou je možnost regulace tvářecí rychlosti během procesu v závislosti na dráze. Jmenovité síly lisů jsou 2500 až 10000 kN.



Obr. 2.25 Hydraulické univerzální lisy firmy ŽDAS [9]

Speciální lisy jsou vyráběny na zakázku, dle požadavků. Pro automobilový průmysl byl vyvinut např. hydraulický lis CTUA 2500 o jmenovité síle 25000 kN, který je vertikální konstrukce s kotveným stojanem a slouží k výrobě rozměrnějších dílů (obr. 2.26). Lis je vybaven horním vyhazovačem a spodním přidržovačem-vyhazovačem. Dalším příkladem je dvoupozicový lis CKQ 1000/335 (obr. 2.26).



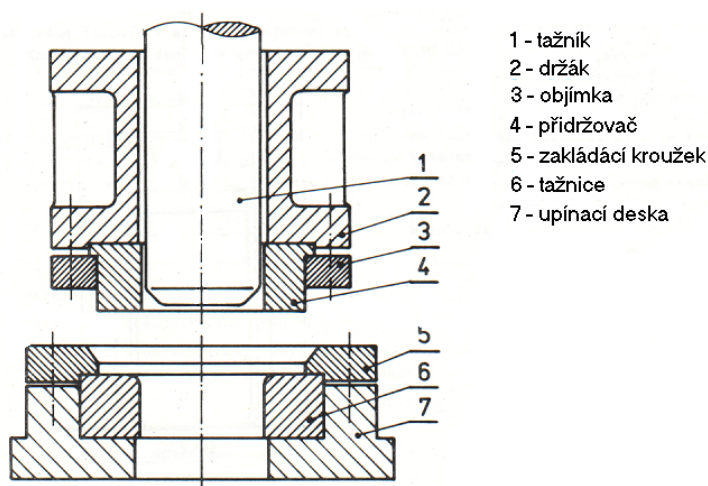
Obr. 2.26 hydraulický lis CTUA 2500 a CKQ 1000/335 [9]

Klikové univerzální lisy jsou výhodné pro hromadnou výrobu malých a tvarově složitých výlisků, jsou vhodné i pro stříh, ohyb, tažení a další technologie. Stojan je svařovaný, skříňové konstrukce, s vysokou boční i podélnou tuhostí. Klikový mechanismus je poháněn přes planetovou převodovku a beran je uložen v seřiditelném vedení, kdy je zajištěna konstantní vůle i při práci za tepla. Vyvažování beranu, nástroje a klikového mechanismu během zdvihu je zajišťováno pneumaticky. Lis může být součástí automatizovaných a mechanizovaných linek. Klikové lisy mohou být jednobodové, dvoubodové a vícebodové. Příkladem jednobodového lisu je lis LKJP 400 s tvářecí silou 4000 kN (obr. 2.27). K tažení se také využívá postupový lis TP 2500 (obr. 2.27).

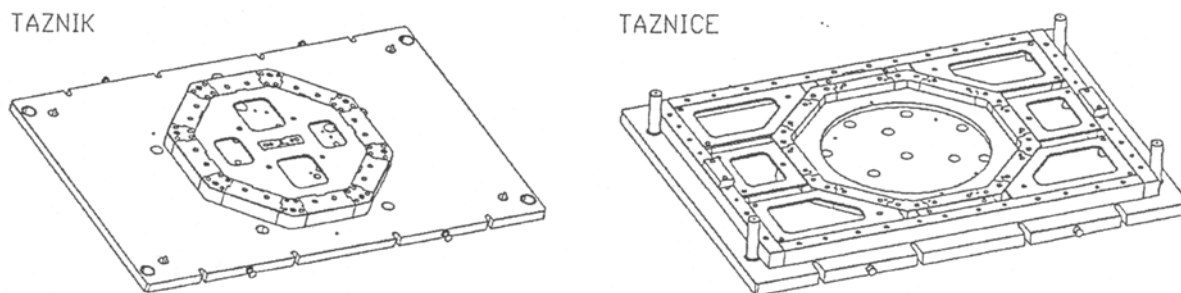


Obr. 2.27 Klikové lisy – vlevo jednobodový lis LKJP 400, vpravo postupový lis TP 2500 [9]

Nástroje pro tažení se vyrábí dle požadavků na výsledný tvar po tažení. Schéma základního nástroje s přídržovačem je na obr. 2.28 a konkrétní nástroj pro výrobu dopravních značek je na obr. 2.29.



Obr. 2.28 Schéma tažného nástroje [5]



Obr. 2.29 Skládaný nástroj pro výrobu dopravních značek [7]

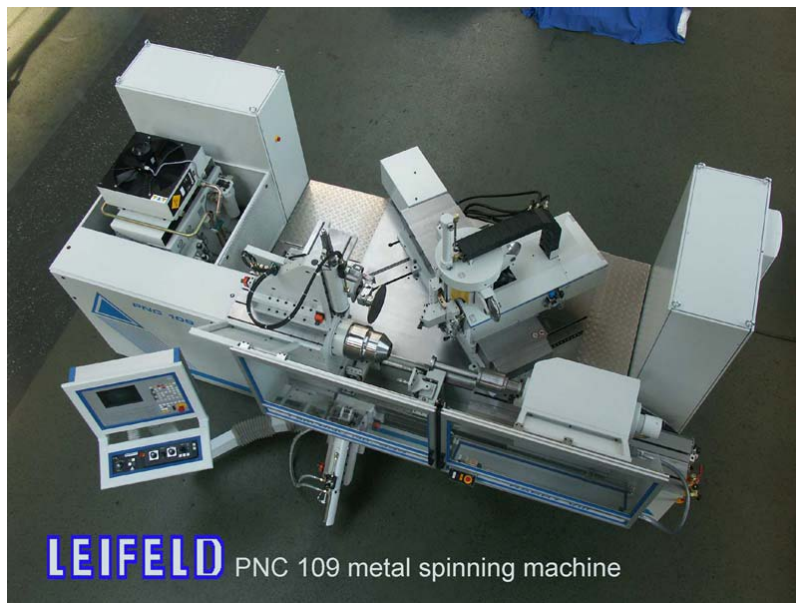
3.4. Smykové tlačení povrchově upravených plechů [6]

Smykové tlačení povrchově upravených plechů lze zařadit mezi novější technologické operace. Tímto tlačáním lze vyrábět válcové součásti se ztenčením stěny. V rámci experimentálního výzkumu na Ústavu strojírenské technologie VUT FSI v Brně byl sledován proces smykového tlačení povrchově upravených plechů. Jedná se o tváření např. plechu z austenitické oceli 17241.1, na jehož povrchu je teflonová vrstva. Výchozí průměr rondely je $(110 \div 115)$ mm, a tloušťky základních materiálů jsou 1,0 mm, 1,2 mm a 1,5 mm. Při operaci je nutné použít adekvátní mazivo v místě kontaktu třecích ploch (kladka/rondel a rondel/tvárnice), důležitá je také volba otáček tvárnice a především pak posuv kladky. Doporučené otáčky jsou v mezích $(1030 \div 1620)$ ot·min⁻¹ a posuvy v intervalu $(0,90 \div 1,23)$ mm·ot⁻¹ (vyšší hodnoty, než hodnoty pro smykové tlačení nerezových plechů bez povrchové úpravy).

Obecně lze říci, že důležitým aspektem při smykovém tlačení je minimalizace kontaktní doby teflonové vrstvy s tvárnici. Přítomnost teflonové vrstvy znamená, že nelze použít vhodné tepelné zpracování součásti. Tím pádem je jeho tvařitelnost, rozměrová přesnost a kvalita povrchu horší, narozdíl od nepovlakovaných nerezových plechů zpracovaných podobnou technologií.

Teflonovaně povlakované rondely lze též zpracovávat klasickým kovotlačením, kde je potřebné víceoperační tlačení, aby nedošlo ke vzniku defektů (zvlnění na okraji) na výtlačcích. Pro plechy tlusté 1 a 1,2mm jsou nezbytné 3 operace a u plechů 1,5mm tlustých postačí 2 operace tlačení. Kovotlačení lze uskutečnit i za „horších“ podmínek oproti smykovému tlačení (otáčky tvárnice 630 ot·min⁻¹ a posuv kladky 0,12 mm·ot⁻¹, při použití stroje SUI-40A), aniž by docházelo k poškození teflonové vrstvy.

Kovotlačení a smykové tlačení může být prováděno ručně, pomocí univerzálních soustruhů, za použití nástrojů pro kovotlačení, kterými jsou tvárnice a kladky. Nebo může být celý proces automatizován při aplikaci speciálních strojů, určených k výrobě touto technologií. Stroje jsou obvykle vybaveny CNC systémem (obr. 2.30).



Obr. 2.30 Stroje pro kovotlačení PNC 108 a PNC 109 s CNC systémy [13]

4. ZÁVĚR

Vzhledem k velkým ztrátám způsobených korozi materiálů je trendem současné výroby používání korozivzdorných materiálů. V oblasti plošného tváření mají potom povrchově upravené plechy zásadní postavení vzhledem k jejich korozní odolnosti a také dalším vlastnostem, které zvyšují užité vlastnosti finálních výrobků.

Zpracování povrchově upravených plechů je obdobné jako plechů bez povrchových úprav. Lze tedy aplikovat technologie stříhání, ohýbání, tažení a kovotlačení. Je ale důležité brát v úvahu, že zpracování povlakovaných plechů má svá specifika. Důležitým faktorem při zpracování je teplota, neboť povlaky jsou velmi teplotně citlivé. Při nízkých teplotách můžou povlaky vykazovat jistou míru křehkosti a můžou tedy praskat nebo měnit barvu. Naopak při vyšších teplotách dochází ke ztrátě přilnavosti povlaku. S teplotou úzce souvisí i kvalita povrchu funkčních částí nástrojů, sloužících ke zpracování upravených plechů, neboť při drsnějším povrchu nástroje jsou třecí síly mezi plechem a nástrojem větší, čímž vzniká i větší teplo, které je nepříznivé pro tyto plechy, resp. pro jejich povlaky. Při aplikaci některých technologií se k určení parametrů dané technologie využívá vztahů, které byly zhotoveny na základě experimentů. Při zkouškách se vychází z poznatků zpracování nepovlakovaných plechů, kdy jsou parametry procesu optimalizovány pro povrchově upravené plechy s požadavkem na neporušení povrchové vrstvy.

Stříháním lze provádět prostřihování, děrování, nastřihování, přestřihování, ostřihování a přesné stříhání povrchově upravených plechů. Pro stříhání jsou využívány stejné nástroje a stroje jako při zpracování neupravených plechů. Oproti stříhání běžných plechů jsou ale zvýšené požadavky na geometrii nástroje – ostré střížné hrany a relativně malá drsnost funkčních ploch. Zpracování povlakovaných plechů je buď ruční, nebo strojní, a pro tyto metody existuje mnoho strojů, odlišných parametrů od různých výrobců.

Ohýbání je jednou z nejpoužívanějších technologií při tváření plechů. Touto technologií provádíme prostý ohyb, ohraňování, rovnání, zakružování, lemování a drápkování plechů. Využíváme stroje a nástroje pro ohýbání běžných plechů bez povrchových úprav, kde jsou ale opět požadovány kvalitnější plochy nástroje v místě styku s plechem. Stroje existují v mnoha konstrukčních variantách, ať už pro ruční, či strojní ohyb jako poloautomatizované či plně automatizované.

Tažením povrchově upravených plechů zhotovujeme převážně rotačně symetrické duté výrobky bez ztenčení, nebo se ztenčením stěny. S ohledem na porušování povlaků je většinou nutné víceoperační tažení, nežli je potřebné pro výrobu součástí stejných rozměrů z neupravených plechů. Nástroje jsou vyráběny dle požadavků na konkrétní tvar po tažení a jsou vyšší kvality oproti nástrojům pro tažení běžných plechů. Tažení probíhá na jednočinných, či dvojčinných lisech, které jsou schopny vyvinout potřebnou tažnou sílu, závisící na konstrukci stroje. Lisy mohou být součástí automatizovaných linek pro zpracování plechů.

Kovotlačitelská technologie pro zpracování povrchově upravených plechů není příliš rozšířená a je předmětem výzkumu. Tato technologie není z ekonomického hlediska příliš vhodná pro velkosériovou výrobu, neboť při ručním kovotlačení je zapotřebí kvalifikovaná obsluha stroje a strojní časy jsou dlouhé. Existují také automatizované stroje s kratšími strojními časy, které mohou být i součástí výrobních linek, ale pořizovací náklady těchto strojů jsou velké. Nezbytností je optimalizace parametrů stroje a použití vhodného maziva, aby nedocházelo k poškození povrchové vrstvy plechů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření : Plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno : VUT Brno, Fakulta strojního inženýrství, Technická 2, 1999. 169 s. ISBN 80-214-1481-2.
- [2] NOVOTNÝ, Josef, LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1980. 216 s.
- [3] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň : Západočeská univerzita, 2000. 216 s. Dostupný z WWW: <<http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>>. ISBN 80-7082-668-1.
- [4] DVOŘÁK, Milan, MAREČKOVÁ, Michaela. *Technologie tváření : Studijní opory pro kombinované studium I. stupeň, 2. ročník CTT-K* [online]. 2006 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/index.htm>.
- [5] AMBROŠ, Oldřich, HORÁČEK, Milan, MACHÁČEK, Zdeněk. *Technologie slévání, tváření a spojování : Laboratorní cvičení*. Brno : VUT Brno, 1989. 92 s. ISBN 80-214-0043-9.
- [6] ŽÁK, Ladislav, DVOŘÁK, Milan. Tváření povrchově upravených plechů. In *FORM 2002*. Brno university of technology : [s.n.], 2002. s. 161-166. ISBN 80-214-2162-2.
- [7] HUŠEK, Josef. Nové technologie tváření plechů na hydraulických lisech Dieffenbacher. In *FORM 2004*. Brno : Brno university of technology , 2004. s. 51-56. ISBN 80-86607-11-9.
- [8] ŽÁK, Ladislav. *Hodnocení tvařitelnosti povrchově upravených plechů*. [s.l.], 2004. 166 s. Práce byla obhájena na fakultě strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně . Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Karel Novotný, CSc.
- [9] ŽĐAS a.s. [online]. [2008] [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.zdas.cz/cs/index.aspx>>.
- [10] WiegelCZ s.r.o. - žárové zinkování [online]. Žebrák (ČR) : Wiegel CZ žárové zinkování, , 14.1.2009 [cit. 2009-02-17]. Kódováno ve WIN-1250. Text v češtině. Dostupný z WWW: <<http://www.wiegel.cz/index.htm>>.
- [11] UNICORN-ESK, s.r.o. [online]. c2000-2008 [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.unicorn-esk.sk/>>.
- [12] DK Machinery [online]. c2008 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.dkgroup.cz/web/dk-machinery/cz/tvareci-stroje/nastroje-pro-ohranovaci-lisy/>>.
- [13] Leifeld [online]. c2009 [cit. 2009-05-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.leifeldspinning.com/index.html>>.
- [14] Bickel and Wolf [online]. [2008] [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.bickelwolf.cz/kovotvareci-stroje/ohranovaci-lisy/index.html>>.

- [15] *Aryma Circling Machines from Leifeld* [online]. [2009] [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.leifeld.co.uk/aryma.htm>>.
- [16] *Mostr* [online]. [2007] [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.mostr.cz/Ohybacky-plechu.html>>.
- [17] STRZYŽ, Petr. Žárové zinkování v ČR a na Slovensku 1999 – 2007. *Povrchová úprava* [online]. 2008, č. 10 [cit. 2009-02-18], s. 6-8. Dostupný z WWW: <<http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2008-10.pdf>>. ISSN 1801-707X.
- [18] MAREK, Pavel. Informace jsou cenným zbožím. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2007, č. 10 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/informace-jsou-cennym-zbozim>>.
- [19] *Skantak, s.r.o.* [online]. [2009] [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.skantak.cz/?x=inspirace>>.
- [20] VÍTEK, Miloslav. Metalické spotřebitelské obaly I. *Logistika* [online]. 2009 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://logistika.ihned.cz/c1-36669580-metalicke-spotrebitelske-obaly-i>>.
- [21] *Strechplus, s.r.o.* [online]. c2009 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.strechplus.sk/ruukki1.html>>.
- [22] *Vinum Znojmo* [online]. [2008] [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.vinumznojmo.cz/>>.
- [23] *Auto efekt Zlín, s.r.o.* [online]. [2008] [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.mazdazlin.cz/modely/mazda2/detailni-informace/>>.
- [24] VOLF, Petr. SCHINDLER CZ, a.s. - vertikální doprava dostupná pro všechny. *Stavebnictví a interiér* [online]. 2006 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/schindler-cz-vertikalni-doprava-dostupna-pro-vsech/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Popis	Jednotka
C	součinitel střížné vůle	[-]
F_s	střížná síla	[N]
m	součinitel tažení	[-]
n	součinitel otupení nožů	[-]
R_{min}	minimální poloměr ohybu dílce	[mm]
R_o	poloměr zaoblení ohybníku	[mm]
R_t	poloměr zaoblení tažníku	[mm]
s	tloušťka základního materiálu	[mm]
S	střížná plocha	[mm ²]
s_0	tloušťka plechu	[mm]
s_p	tloušťka plastické vrstvy	[mm]
t_m	tažná mezera	[mm]
z	střížná vůle	[mm]
z/2	střížná mezera	[mm]
τ_{Ps}	pevnost materiálu ve stříhu	[MPa]

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Tabulka pro určení střížné vůle z v závislosti na tloušťce plechu a pevnosti ve stříhu [2]

1 x CD

1 x licenční smlouva

