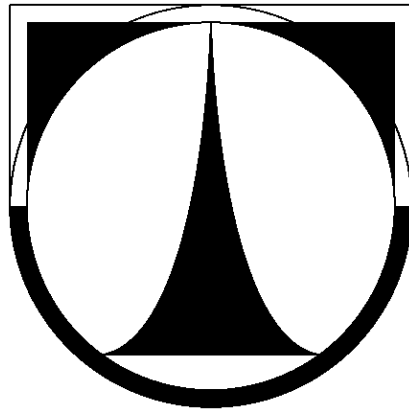


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů



Jiří Bartuněk

**Stanovení rozvinuté délky polotovaru a
určení technologického rozměru nástroje
při operaci ohýbání**

Bakalářská práce

Liberec
2006

TECHNICKÁ UNIVERZITA VLIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program B2341 - Strojírenství

Strojírenská technologie
zaměření tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů

Stanovení rozvinuté délky polotovaru a určení technologického rozměru nástroje při operaci ohýbání

The state of semi-product developable length and specification technological measurement of pressing die at bending operation

Jiří Bartuněk

KSP – TP – B 10

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Mirko Král, CSc. – TU v Liberci
Konzultant bakalářské práce: Ing. Pavel Solfronk, Ph. D. – TU v Liberci

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 54
Počet příloh: 7
Počet obrázků: 23
Počet tabulek: 18
Počet jiných příloh: 1 CD

V Liberci, 26. května 2006



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	Jiří BARTUNĚK
Studijní program	B2341 Strojírenství
Studijní obor	3911R018 Materiály a technologie
Zaměření	Tváření kovů a plastů

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Stanovení rozvinuté délky polotovaru a určení technologického rozměru nástroje při operaci ohýbání

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Seznámení se s výrobou daného vylisku.
2. Stanovení výrobního procesu – FLOW CHART.
3. Procesní analýza možných vad a jejich následků.
4. Výpočet rozvinuté délky polotovaru.
5. Výpočet odpružení a rozměrů ohýbacích vložek.
6. Vyhodnocení analýzy, návrh pomocného nástroje.
7. Konstrukce nástroje a kontrolního přípravku, návrh výroby.
8. Kontrola a měření vylisku, měrový protokol.
9. Závěr a vyhodnocení.

Forma zpracování bakalářské práce:

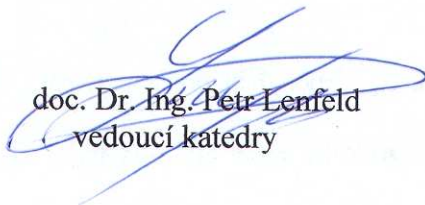
- průvodní zpráva cca 30 stran
- grafické práce

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu):


- [1] PEARCE, P. : Sheet Metal Forming, ISBN 0-7503-0101-5.
- [2] BOLJANOVIC, V. : Sheet Metal Forming Processes and Die Design, New York, 2004, ISBN 0-8311-3182-9.
- [3] MARCINIAK, Z. a kol. : Teorie tváření plechů, SNTL Praha, 1964.
- [4] MACHEK, V.- VESELÝ, L.- VESELÝ, M. - VIŠŇÁK, J. : Zpracování tenkých plechů, SNTL Praha, 1983.
- [5] KEJVAL, Z. : Tváření plechu I. - Základy lisování plechu, SNTL Praha, 1960.
- [6] MRÁZ, P. : Tvarová a rozměrová přesnost výlisků při ohýbání plechů, Diplomová práce, VŠST v Liberci, 1996.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Mirko Král, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.


doc. Dr. Ing. Petr Lenfeld
vedoucí katedry




prof. Ing. Petr Louda, CSc.
děkan

V Liberci dne 15. 2. 2006

Platnost zadání bakalářské práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedeném lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ). Termíny odevzdání bakalářské práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA VLIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Studijní program: B2341 – Strojírenství

Bakalář: Jiří Bartuněk

Téma: Stanovení rozvinuté délky polotovaru a určení technologického rozměru nástroje při operaci ohýbání

The state of semi-product developable length and specification technological measurement of pressing die at bending operation

Číslo BP: KSP – TP – B 10

Vedoucí BP: doc. Ing. Mirko Král, CSc. – TU v Liberci

Konzultant: Ing. Pavel Solfronk, Ph.D. – TU v Liberci

Abstrakt:

Tato bakalářská práce se zabývá výpočtem rozvinuté délky polotovaru u vylisku vyráběného technologií ohýbáním a stanovením technologického rozměru ohýbacích vložek lisovacího nástroje. Současně se práce zmiňuje také o procesu "Flow chard" a o "Analýze možných vad a jejich následků" (FMEA).

Abstract:

This bachelor's thesis is concentrated on calculation of semi-product developable length a pressing part manufactured by bending technology and state technological measurement of pressing die. Part of this work is also talk about "Flow chard" process and about "Failure mode and effects analysis" (FMEA).

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 26. května 2006

.....
Jiří Bartuněk
Mladá Boleslav

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval panu ing. Pavlu Solfronkovi, Ph.D. a všem ostatním, kteří přispěli byť dobrou radou při zpracování této práce.

Dále chci poděkovat své rodině, svým učitelům, kamarádům a spolužákům, kteří mě podporovali po celou dobu studia ať už na základní, střední či vysoké škole.

Obsah:

Obsah	6
Přehled veličin a jejich jednotek	8
1. Úvod	10

Teoretická část:

2. Tváření	11
2.1 Technologie tváření kovů	11
2.2 Základní rozdělení technologie tváření ocelí	12
3. Teorie ohýbání plechů	14
3.1 Neutrální vrstva deformace	16
3.2 Nejmenší a největší poloměr ohybu	18
3.3 Odpružení při ohýbání	19
3.4 Stanovení rozměrů ohýbaných materiálů	23
3.5 Ohybový moment	25
3.6 Výpočet ohýbací síly při volném ohýbání	29
4. Chemické složení	30
4.1 Konstrukční oceli	33
4.2 Rozdělení ocelí k tváření	33

Praktická část:

5. Úvod do praktické části	34
5.1 použitý materiál	35
5.2 Norma ČSN EN 10130	37

6. Stanovení výrobního procesu FLOW CHARD	38
7. Procesní analýza možných vad a jejich následků – FMEA	38
8. Výpočet rozvinuté délky	39
8.1 Rovnice pro výpočet rozvinuté délky	39
8.2 Vypočtená délka polotovaru	41
9. Výpočet rozměrů ohýbacích vložek, výpočet velikosti odpružení	41
9.1 Rovnice pro výpočet rozměrů ohýbacích vložek	42
9.2 Vypočtená velikost ohýbacích vložek	43
9.3 Výpočet úhlu odpružení	45
9.4 Vypočtená velikost odpružení	45
10. Vyhodnocení analýzy	47
11. Návrh pomocného nářadí	48
12. Konstrukce nástroje a kontrolního přípravku	48
13. Výroba nástroje	50
14. Kontrola a měření výlisku – měrový protokol	50
15. Závěr	51
Použitá literatura	53
Seznam příloh	54

Přehled veličin a jejich jednotek:

A_{80}	...	tažnost	[%]
b	...	šířka plechu	[mm]
b_0	...	počáteční šířka polotovaru	[mm]
b_s	...	střední šířka plechu po ohybu	[mm]
E	...	modul pružnosti v tahu	[MPa]
E^*	...	modul plasticity v tahu	[mm]
F	...	ohýbací síla	[N]
f	...	koeficient tření	[-]
J	...	modul setrvačnosti průřezu	[mm ⁴]
L	...	celková rozvinutá délka polotovaru	[mm]
l	...	délka neutrální vrstvy v ohnutém úseku	[mm]
l_n	...	délka jednotlivých přímých a ohnutých úseků součásti	[mm]
l_R	...	délka ohnutého úseku na vnější straně ohybu	[mm]
l_S	...	délka středního oblouku ohybu	[mm]
M	...	ohybový moment	[N·m]
M_{MAX}	...	maximální ohybový moment	[N·m]
$M_{MAX'}$	...	maximální ohybový moment při ohýbání širokých pásů	[N·m]
M_P	...	ohybový moment na mezi pružnosti	[N·m]
$M_{P'}$	...	ohybový moment na mezi pružnosti při ohýbání širokých pružně-plastických pásů	[N·m]
M_{PL}	...	ohybový moment pružně plastického tělesa	[N·m]
R	...	vnější poloměr ohybu	[mm]
r	...	vnitřní poloměr ohybu	[mm]
$r_{1\ min}$	...	minimální poloměr ohybu	[mm]
$r_{1\ max}$	...	maximální poloměr ohybu	[mm]
$R_{ná}$	...	poloměr zaoblení ohýbacího nástroje	[mm]
R_{od}	...	požadovaný poloměr zaoblení po odpružení	[mm]
r/s	...	poměrný poloměr ohybu	[-]
R_m	...	smluvní mez pevnosti	[MPa]

$R_{P\ 0,2}$	...	smluvní mez kluzu	[MPa]
R_e	...	výrazná mez kluzu	[MPa]
s	...	tloušťka plechu	[mm]
s_0	...	počáteční tloušťka polotovaru	[mm]
s_1	...	tloušťka materiálu v místě ohybu	[mm]
x	...	součinitel určující polohu vrstvy nulového přetvoření	[mm]
α	...	požadovaný úhel ohybu	[°]
α_1	...	úhel ohybu před odpružením	[°]
α_2	...	úhel ohybu po odpružení	[°]
α_Z	...	součinitel ztenčení	[-]
β_R	...	součinitel rozšíření	[-]
γ	...	úhel odpružení	[°]
δ	...	úhel ohnutého úseku	[°]
ε	...	elastická deformace	[-]
ε_{max}	...	maximální poměrné přetvoření v krajních vláknech	[-]
μ	...	poissonova konstanta	[-]
$1/\rho$	...	křivost	
ρ	...	poloměr křivosti vrstvy nulového přetvoření (neutrální vrstvy deformace)	[mm]
ρ_n	...	poloměr křivosti neutrální vrstvy napětí	[mm]
ρ_1	...	poloměr křivosti nulové vrstvy před odpružením	[mm]
ρ_2	...	poloměr křivosti nulové vrstvy po odpružení	[mm]
σ_1	...	napětí v okrajových vrstvách materiálu	[MPa]
σ_K	...	okamžitá hodnota meze kluzu	[MPa]
σ_{PS}	...	přetvárná pevnost (přirozený deformační odpor)	[MPa]
φ	...	přetvoření	[-]

1. Úvod:

Jednou z dnes nejvíce se rozvíjejících oblastí průmyslu je průmysl automobilový. V České republice působí automobilka ŠKODA Auto Mladá Boleslav, TPCA Kolín, a zanedlouho zde vznikne i nová továrna HYUNDAI na severní Moravě. Dá se předpokládat, že v dohledné době několika let, zde bude překročena hranice jednoho milionu vyráběných vozů za rok. Takto se Česká republika stane (vzhledem k počtu obyvatel) jedním z největších producentů osobních automobilů v Evropě. Velký počet vyráběných vozů má za následek rozšiřující se okruh dodavatelů automobilového průmyslu. Cílem automobilek i těchto dodavatelů je dosažení maximální produktivity výroby při co nejmenším počtu výrobních operací.

Při výrobě karosérie automobilu (a nejen jí) se používá lisování v postupových nebo transferových nástrojích. Často se zde uplatňuje technologie ohýbání plechů. Vzhledem k tomu, že se „ohnutý“ výlisek používá v dalších výrobních a montážních operacích ve vyšších sestavách, je při ohýbání plechů důležité, aby byla dodržena tvarová a rozměrová přesnost výlisku. dodržení tohoto požadavku však může být v některých případech obtížné vzhledem k tomu, že při ohýbání vždy dochází k odpružení materiálu. Při navrhování výrobku a výrobního nástroje je proto dobré znát jeho teoretické (přibližné) hodnoty, které se však často liší od skutečné velikosti odpružení. Teoretické hodnoty odpružení lze spočítat podle různých vzorců uvedených v odborné literatuře.

Problematice ohýbání plechů je věnována tato předkládaná práce.

Teoretická část práce se zabývá tvářením kovů, teorií ohýbání a chemickými prvky, které mají vliv na vlastnosti oceli.

Praktická část práce se zabývá výrobou plošného výlisku sloužícího jako výztuha nosné konstrukce zadního sedáku osobního automobilu.

Teoretická část:

2. Tváření:

Tváření je progresivní technologie, která ovlivňuje úroveň a rozvoj strojírenství. Spolu se slévárenstvím patří k nejstarším technologiím, jejíž výrobní postupy jsou známy již od doby bronzové. Spojuje v sobě základy z nauky o materiálech (kovech), fyziky pevné fáze a fyziky kovů, fyzikální chemie a teorie plasticity. Tváření kovů, především tváření kovů za studena, patří k nejproduktivnějším oborům technologie zpracování kovů, která nachází uplatnění ve všech oborech průmyslu. Používá se hlavně v sériové a velkosériové výrobě automobilů, ale i ostatních předmětů denní potřeby. Dají se tak vyrábět výrobky, které by se žádnou jinou technologií nedaly vyrobit.

Výhodou technologií tváření je vysoká úspora základního materiálu, nízká energetická náročnost výrobního procesu, vysoká produktivita práce a možnost dosažení vysoké přesnosti, kvality a jakosti výrobků. Při tváření za studena také dochází ke zpevňování materiálu.

Nevýhodou jsou vysoké vstupní náklady výroby. Vysoká cena moderních tvářecích strojů a výrobních nástrojů umožňuje použití těchto technologií pouze u velkých, mnohatisícových sérií. Jsme také omezeni strojem i nástrojem a při návrhu konečného dílu jsme omezeni jeho tvarem a rozměrem.

Pro tváření kovů je výhodná nízká pevnost (mez kluzu) a vysoká tažnost materiálu. [10]

2.1 Technologie tváření kovů:

Tvářením kovů se rozumí technologický (výrobní) proces, při kterém dochází k požadované změně tvaru výrobku nebo polotovaru, příp. jejich vlastností, v důsledku působení vnějších sil. Podstatou tváření je vznik plastických deformací požadované velikosti a směru, k jejíž počátku dojde v okamžiku dosažení napětí na mezi kluzu pro daný materiál, aniž by došlo k porušení jeho soudržnosti. Změna tvaru a rozměrů je uskutečňována

postupným přemísťováním částic kovu v jeho tuhém stavu, přičemž se předpokládá, že během velkých plastických (trvalých) deformací (přetvoření) se objem výchozího tělesa nemění, a proto není tváření teoreticky spojeno se ztrátami materiálu.

Technologickou vlastností, tj. souborem vlastností materiálu, umožňujícím za definovaných podmínek určitý způsob jeho zpracování, kterou můžeme tváření kovů popsat je tzv. tvářitelnost nebo-li tvárnost.

Tvářitelnost je schopnost materiálu vytvořit požadovaný jakostní výrobek plastickou deformací za tepla nebo za studena, aniž by došlo k porušení materiálu. Úzce souvisí s vnitřní stavbou materiálu a jeho chemickým složením. Dále je závislá na mechanických vlastnostech daného materiálu a na podmínkách při kterých probíhá jeho tváření. Těmi jsou stupeň a rychlost deformace, stav napjatosti a teplota tváření. [6]

2.2 Základní rozdělení technologií tváření ocelí:

Podle vztahu teploty tvářeného materiálu a teploty rekrystalizace rozdělujeme technologie tváření na tváření **za studena**, **za tepla** a **za polohřevu**.

Při **tváření za studena** je teplota tváření nižší než-li je teplota rekrystalizace ($T_{\text{tváření}} < 0,3 T_{\text{tání}}$). Dochází při něm k vyčerpání schopnosti materiálu k další plastické deformaci, zvyšuje se jeho odpor proti dalšímu přetvoření a dochází k jeho zpevňování, přičemž jednotlivá zrna vytvářejí tzv. texturu. Zpevněním se zvyšují mechanické hodnoty (mez kluzu a mez pevnosti v tahu) a klesá tažnost. Dochází i ke změnám fyzikálních (elektrických a magnetických) vlastností. Výhodou je vysoká přesnost rozměrů, kvalitní povrch a zlepšování mechanických vlastností zpevněním. Nevýhodou je nutnost používat velké tvářecí síly, nerovnoměrné zpevňování a omezená tvárnost materiálu. [6]

Tváření za tepla probíhá nad rekrystalizační teplotou ($T_{\text{tváření}} > 0,7 T_{\text{tání}}$). Kov si během tváření zachovává plastické vlastnosti, čímž je možno dosáhnout velkých stupňů deformace. Při tváření za tepla dochází také

ke zpevňování materiálu. Protože však zpevnění materiálu (vlivem deformace) je v rovnováze s účinkem rekrytalizace (opevňovací pochody), tak se materiál nezpevňuje, nevzniká textura a nedochází ke změnám jeho mechanických, ani fyzikálních vlastností. Výhodou je že k tomuto tváření stačí síly až desetkrát menší než u tváření za studena. Nevýhodou je menší tvarová a rozměrová přesnost a nekvalitní povrch materiálu způsobený jeho oxidací (reakce železa s kyslíkem) - tzv. okujení. [3; 6]

Tváření za poloohřevu ($T_{\text{tváření}} > 0,4$ až $0,7 T_{\text{tání}}$) je kompromisem mezi tvářením za studena a za tepla a probíhá těsně pod rekrytalizační teplotou. [6]

Podle výrobního hlediska se dělí technologie tváření na **plošné** a **objemové tváření**.

Objemové tváření může být buď za tepla nebo za studena. Deformace při něm nastává ve směru všech tří os souřadného systému a patří k němu především technologie válcování, tažení drátů a profilů, protlačování a kování.

Plošné tváření bývá prováděno za studena. Převládají při něm deformace ve směru dvou os souřadného systému. Mezi technologie plošného tváření patří stříhání, ohýbání, rovnání a tažení plechů. [6]

Lisovací technika, lisování:

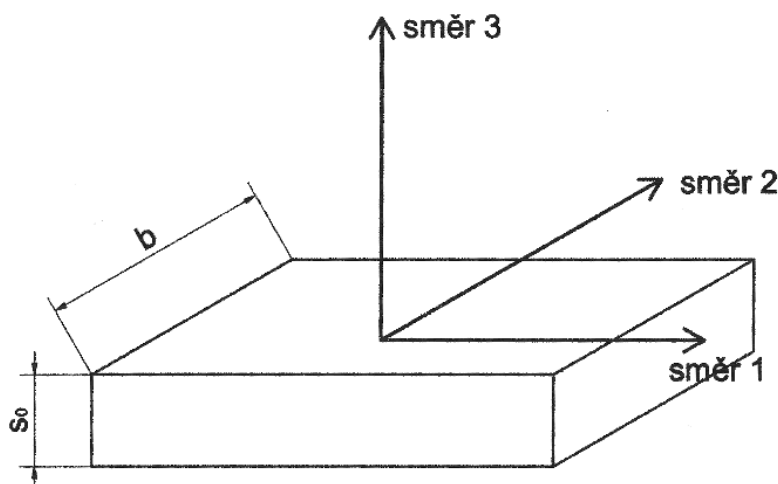
Jedná se o zpracování kovových i jiných materiálů a polotovarů stříháním (oddělováním větších částí), tvářením (přemístováním částic), nebo jejich kombinací. Pro potřeby této bakalářské práce je významná technologie tvářením – ohýbáním. [4]

3. Teorie ohýbání plechů:

Ohýbání je zvláštní proces pružně-plastické deformace způsobené momenty vnějších zatěžujících sil, které v materiálu způsobují deformace mající různý průběh od povrchu k neutrální ose ohýbaného materiálu. Jeho charakteristickým znakem je změna tvaru osy tvářeného materiálu. Ohybem se zpravidla zmenšuje poloměr zakřivení polotovaru až na hranici mezní hodnoty přetvoření za studena r_{\min} . Jsou při něm rozhodující tahová napětí, která musí být menší než je pevnost v tahu ohýbaného materiálu. K plastické deformaci materiálu pak dochází v místě, kde napětí dosahuje meze kluzu. Deformace při ohýbání zasahuje část polotovaru, ve které napětí a přetvoření mění výrazně svoji velikost a směr. Ke změně tvaru dochází bez podstatné změny průřezu, a proto patří ohýbání plechů do oblasti plošného tváření. Vzniklé tvary jsou, na rozdíl od technologie tažení, rozvinutelné. Opakem ohýbání je rovnání, při kterém se poloměr zakřivení zvětšuje. [1; 4; 7]

Hlavní směry napětí a deformace:

- směr 1 » Podélný (osový), rovnoběžný s osou ohýbaného materiálu.
- směr 2 » Příčný (šířka materiálu), rovnoběžný s povrchovými přímkami válcovaného povrchu materiálu při ohybu.
- směr 3 » Radiální, kolmý k vnějšímu i vnitřnímu povrchu ohýbaného materiálu.



Obr. 1: Hlavní směry napětí a deformace [5]

Průběh ohýbání:

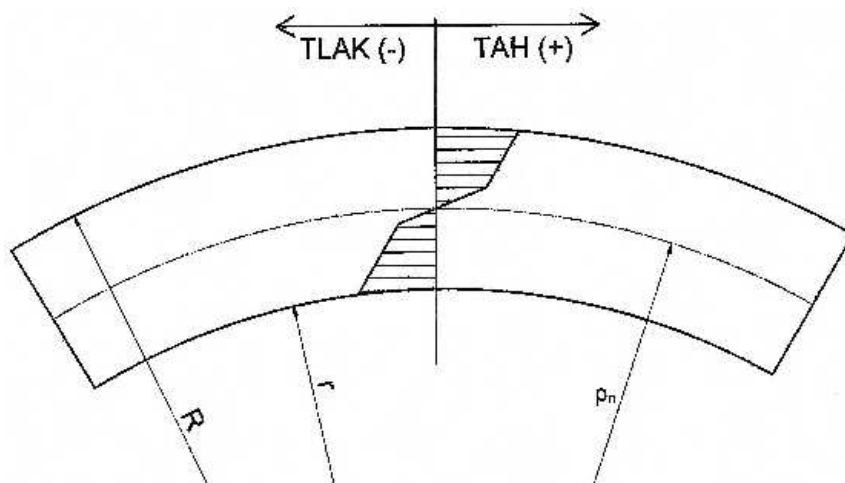
Průběh ohýbání lze rozdělit na 3 fáze, které následují postupně za sebou:

- pružný ohyb
- plastický ohyb
- dolisování (kalibrace)

Ohýbáme-li bez kalibrace, jedná se o „volné ohýbání“. Následuje-li po ohybu kalibrace, hovoříme o „ohýbání s kalibrací“. [5]

Průběh tlaků při ohýbání:

Při ohybu rozdělujeme jednotlivé vrstvy kovu na vrstvy, jež jsou na vnitřní straně ohybu a vrstvy, které jsou na vnější straně ohybu.



Obr. 2: Průběh tlaků v ohýbaném materiálu (vnitřní a vnější vrstva)

Vnitřní vrstvy materiálu, které jsou při ohybu namáhány tlakem, se v podélném směru stlačují a zkracují a v příčném směru prodlužují (natahují).

Vnější vrstvy materiálu, které jsou při ohybu namáhány tahem, se v podélném směru prodlužují a v příčném směru zkracují.

Na hranici mezi těmito prodlouženými a zkrácenými vrstvami je tzv. vrstva nulového přetvoření, jejíž délka se při ohybu nemění. [3; 4]

3.1 Vrstva nulového přetvoření (neutrální vrstva deformace):

Je to vrstva ohýbaného materiálu, ve které je nulová osová deformace φ . Poloha neutrální vrstvy při ohybu neprochází středem průřezu materiálu. Její polohu je však nutné znát k určení nejmenšího poloměru zaoblení a pro stanovení rozměrů polotovaru (výchozí délky, rozvinuté délky). U velkých poloměrů zaoblení ($r/s \geq 12$) se předpokládá, že tato vrstva leží přibližně uprostřed tloušťky plechu. Je-li však poloměr zaoblení malý ($r/s \leq 6$), je ohyb doprovázen změnou tloušťky materiálu v místě ohybu (jejím zmenšením), přeměnou průřezu ohýbaného materiálu a neutrální vrstva se posune (změní svoji polohu) na stranu, kde vznikají tlaková napětí tj. ke stlačovaným vláknům. [3; 5; 7]

Poloměr křivosti vrstvy nulového přetvoření (neutrální vrstvy deformací) – velký poloměr ohybu: [7]

$$\rho = r + \frac{s}{2} \quad (3.1)$$

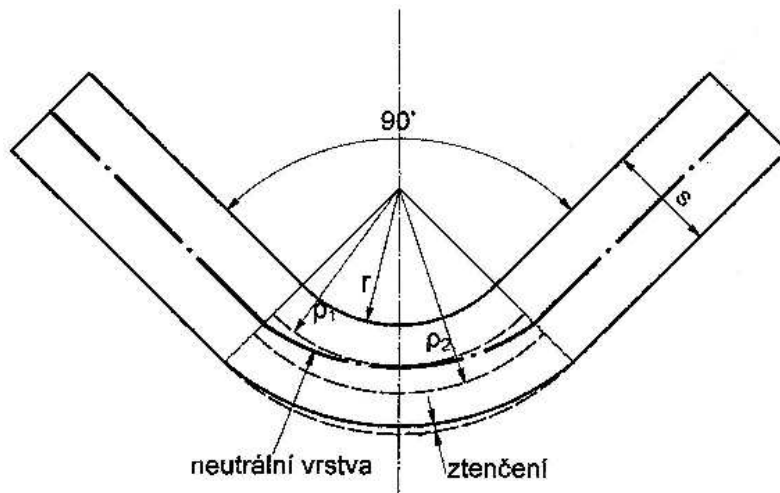
Poloměr křivosti vrstvy nulového přetvoření (neutrální vrstvy deformací) – malý poloměr ohybu: [2; 7]

$$\rho = \frac{R+r}{2} \cdot \frac{s_1}{s_0} \cdot \frac{b_s}{b_0} \quad (3.2)$$

$$\text{kde } \dots \frac{s_1}{s_0} = \alpha_z \quad (3.3)$$

$$\frac{b_s}{b_0} = \beta_R \quad (3.4)$$

Protože při ohýbání je ztenčení tloušťky materiálu v různých radiálních řezech různé a je největší v osovém řezu, je poloměr elementární neutrální vrstvy v těchto řezech také různý. Neutrální čára (osa) v místě ohybu není tedy obloukem určitého poloměru, ale je to parabolická křivka umístěná mezi dvěma oblouky s poloměry ρ_1 a ρ_2 (obr. 3). [2]



Obr. 3: Poloha neutrální vrstvy při ohybu v ohýbadle

Poloha neutrální vrstvy závisí nejvíce na poměrném poloměru pohybu r/s a na koeficientu zúžení při ohybu α_z , který je závislý na tvárnosti materiálu, stupni přetvoření a úhlu ohybu. Při tváření za studena, kdy ohýbáme široké plechy (kde $b \geq 3 \cdot s$) probíhá ohyb bez znatelné příčné deformace a můžeme uvažovat, že součinitel rozšíření $\beta_R = 1$. [2; 7]

Součinitel určující vzdálenost vrstvy nulového přetvoření od vnitřního poloměru ohybu se pro ohyb širokých polotovarů vypočítá podle vzorce: [2]

$$x = \frac{\rho - r}{s} = \frac{a^2}{2} - \frac{r}{s} \cdot (1 - \alpha) \quad (3.5)$$

Neutrální vrstva napětí:

Je to vrstva ohýbaného materiálu, ve které dochází ke změně smyslu osových napětí σ z kladného na záporný (z tahu na tlak) a naopak. [5]

Poloměr křivosti neutrální vrstvy napětí:

$$\rho_n = \sqrt{R \cdot r} \quad (3.6)$$

Číselně je poloměr křivosti neutrální vrstvy napětí menší než poloměr křivosti neutrální vrstvy deformací (nulové vrstvy), a proto je tedy neutrální vrstva napětí blíže ke středu křivosti ohybu. To, že se tyto dvě vrstvy neshodují je způsobeno zpožděním deformací za napětími, čemuž se říká hystereze.

Výsledkem z rozdílných poloměrů těchto dvou vrstev je závěr, že délka neutrální vrstvy napětí je zkrácena, kdežto délka neutrální vrstvy deformací je zpočátku zkrácena a pak opět roztažena na původní délku vždy ve směru napjatosti. [2]

3.2 Nejmenší a největší poloměr ohybu:

Poloměr ohybu je dán tvarem vyráběné součásti. Jeho velikost je však omezena mechanickými vlastnostmi materiálu, směrem vláken, deformací, aj. Proto se při konstrukci dílu musí dbát zřetel na to, zda je daná součást vyrobitelná z daného materiálu. [2]

Podle poměru mezi poloměrem ohybu r a původní tloušťkou materiálu s_0 se dělí ohýbání na:

- ohýbání při velkých poloměrech ohybu » $r / s_0 > 12$ (3.7)

- ohýbání při malých poloměrech ohybu » $r / s_0 < 6$ (3.8)

Nejmenší poloměr ohybu » Je-li poloměr ohybu příliš malý, vzniká taková tahová deformace, při níž dojde k porušení (trhlině, prasknutí) na vnější straně ohýbaného materiálu. Proto musí být nejmenší poloměr ohybu tak veliký, aby při něm k tomuto prasknutí nedošlo. Malé poloměry ohybu způsobují značné namáhání materiálu, větší deformaci v místě ohybu a součást při nich málo odpružuje.

Výpočet nejmenšího poloměru ohybu: [1]

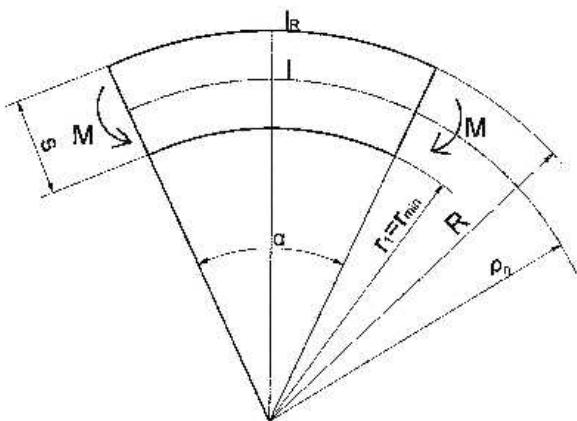
$$r_{1\min} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{1}{\epsilon_{1\max}} - 1 \right) \quad (3.9)$$

Napětí v krajních vláknech při ohybu způsobí poměrné přetvoření: [1]

$$\epsilon = \frac{l_R - l}{l} = \frac{R \cdot \alpha - \rho_n \cdot \alpha}{\rho_n \cdot \alpha} = \frac{(r+s) \cdot \alpha - \left(r + \frac{s}{2} \right) \cdot \alpha}{\left(r + \frac{s}{2} \right) \cdot \alpha} = \frac{s}{2 \cdot r + s} \quad (3.10)$$

Pro nejmenší poloměr ohybu se v krajních vláknech určuje maximální (mezní) poměrné přetvoření $\epsilon_{1\max}$: [1]

$$\epsilon_{1\max} = \frac{s}{2 \cdot r_{1\min} + s} \quad (3.11)$$



Obr. 4: Deformační schéma elementu při ohybu [1]

Největší poloměr ohybu » Je-li poloměr ohybu příliš velký, vůbec nedojde k plastickému přetvoření, protože napětí nedosáhne meze kluzu a materiál vlivem pružné deformace odpruží - vrátí se do původní polohy. Aby došlo k trvalému přetvoření, musí být poloměr ohybu tak veliký, aby alespoň v krajních vláknech došlo k překročení meze kluzu. Velké poloměry ohybu způsobují velké zpětné odpružení a nastává při nich pouze nepatrná deformace.

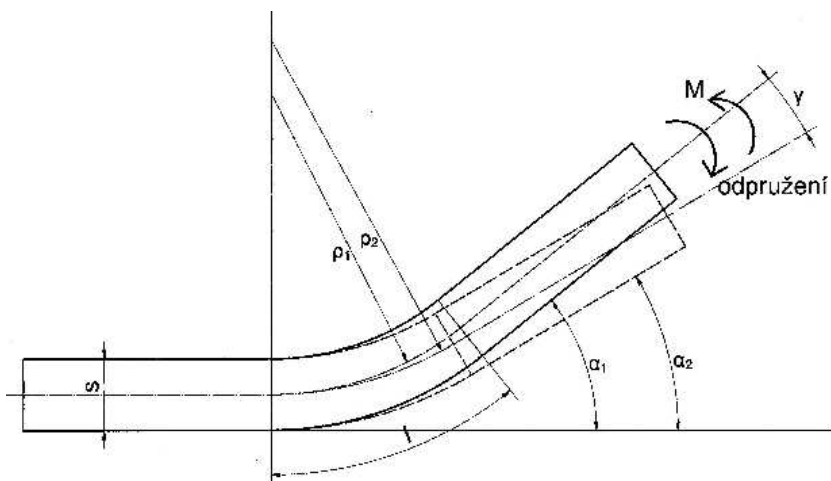
Výpočet největšího poloměru ohybu: [1]

$$r_{1\max} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{E}{\sigma_k} - 1 \right) \quad (3.12)$$

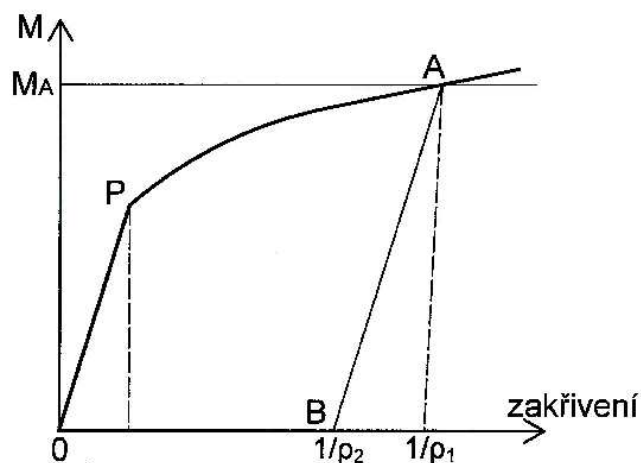
3.3 Odpružení při ohýbání:

Při ohýbání za studena dochází k plastické deformaci, která je vždy doprovázená deformací pružnou podle Hookova zákona. Po ukončení působení zatěžující (deformační) síly – po odlehčení, pružná deformace zmizí. Tím se změny rozměry ohnutého výrobku, které pak nesouhlasí s tvarem ohýbacího nástroje. Tento jev se nazývá odpružení.

Odpružení se vyjadřuje změnou úhlu odpružení γ , o který se musí změnit úhel ohybu, aby se dosáhlo požadovaného úhlu ohnuté součásti po odpružení (obr. 5). Po ohybu součásti momentem M o úhel α_1 a po následném odtížení dochází k odpružení na úhel α_2 , čímž dojde ke zmenšení hodnoty zakřivení z $1/\rho_1$ na konečnou křivost $1/\rho_2$. Rozdíl těchto dvou křivostí je právě ta křivost, která je vratná (plastická) a byla vyvolána ohybovým momentem M . [1; 2]



Obr. 5: Schéma odpružení při ohýbání [1]



Obr. 6: Závislost ohybového momentu na zakřivení při zatěžování odlehčování (s vlivem odpružení)

Na obrázku 6 přímka **OP** ukazuje pružnou fázi procesu zatěžování a přímka **AB** představuje pružnou fázi procesu odlehčování. Tyto dvě přímky jsou spolu rovnoběžné. Chceme-li získat konečný ohyb výlisku s poloměrem ρ_2 při úhlu ohybu α_2 , musíme součást ohnout více, až do úhlu ohybu α_1 a poloměru ρ_1 . [5]

Velikost odpružení je ovlivněna: [5]

- mechanickými vlastnostmi materiálu
- poloměrem ohybu
- tloušťkou ohýbaného materiálu
- tvarem součásti a velikostí úhlu ohybu
- použitím kalibrace
- konstrukcí ohýbadla

Odpružení můžeme rozlišit na:

1) odpružení při volném ohýbání:

Jestliže se materiál nekalibruje (bez rázu na dosednutí). Velikost odpružení závisí na vlastnostech materiálu, stupni deformace při ohýbání r/s_0 , úhlu ohybu a způsobu ohýbání. [4]

2) odpružení při ohýbání na dolisování s kalibrováním materiálu:

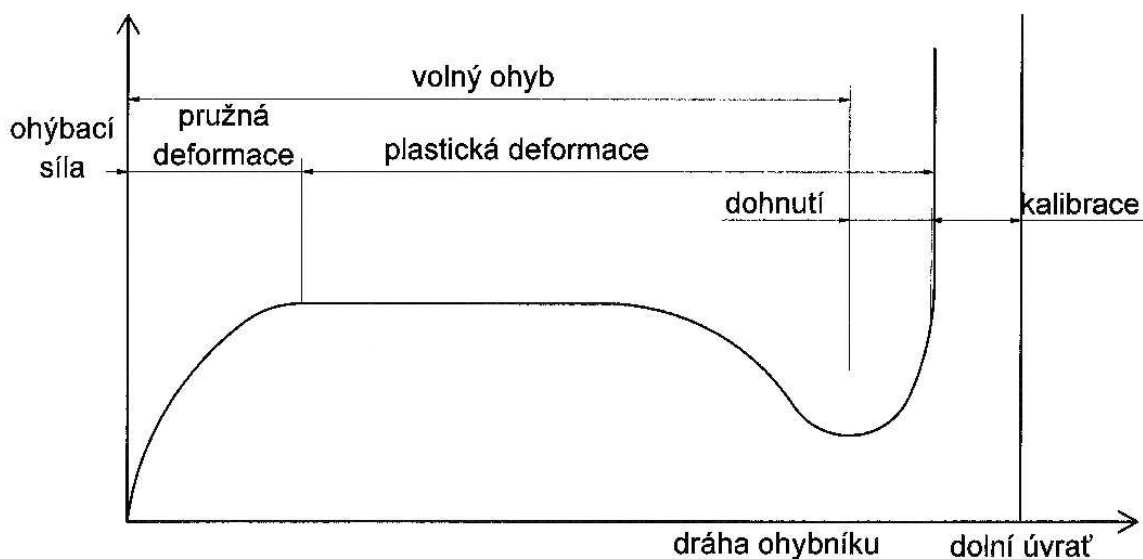
Ohýbání s dolisováním nebo-li kalibrací se provádí v případě, kdy chceme získat výlisek ohnutý do přesně požadovaného tvaru. Kalibrování nastává těsně před dolní úvratí dráhy ohybníku, kde dochází k výraznému nárůstu ohýbací síly (obr. 7). Ta způsobuje, že při ohýbání s kalibrací je odpružení materiálu výrazně menší než při volném ohýbání. Proto se ohýbání s dolisováním (kalibrací) používá pro eliminaci odpružení.

Velikost odpružení při ohýbání s kalibrováním závisí stejně jako velikost odpružení při volném ohýbání na vlastnostech materiálu, stupni deformace při ohýbání r/s_0 , úhlu ohybu a způsobu ohýbání. Dále také závisí na seřízení lisu a na stupni mechanického zpevnění kovu. Při ohýbání s kalibrováním nastává dvojitá odpružení opačného smyslu.

- a) kladné odpružení
- b) záporné odpružení

Vlivem vzájemného působení kladného a záporného odpružení nastávají v závislosti na hodnotách $\frac{r}{s_0}$, $\frac{l}{s_0}$ a α tři možnosti: Celkový úhel odpružení γ je buď kladný, nebo je roven nule, a nebo je záporný. Při tomto způsobu ohýbání lze v jednom lisovacím nástroji dosáhnout různé velikosti

odpružení podle seřízení lisu a podle polohy dolní úvratí smykadla. Úhel odpružení se proto nejjednodušeji určí vyzkoušením. [2; 4; 5]



Obr. 7: Změna ohýbací síly v závislosti na pohybu ohybníku

Pro široké pásy (plechy) se může úhel odpružení určit podle vztahu: [1]

$$\gamma = \alpha_1 - \alpha_2 = \frac{M \cdot I_s}{E \cdot J} \cdot (1 - \mu^2) \quad (3.13)$$

kde ... $I_s = \alpha_1 \cdot \rho_1 = \alpha_2 \cdot \rho_2$ (viz obr. 5) (3.14)

U ohýbaných součástí s velkým poloměrem ohybu $\left(\frac{r}{s} > 12\right)$ je odpružení značné a úhel odpružení lze vypočítat podle vzorce. [2]

$$\gamma = (180 - \alpha) \cdot \left(\frac{R_{od}}{R_{ná}} - 1 \right) \quad (3.15)$$

Odpružení γ se zvětšuje, jestliže je: [5]

- vyšší mez kluzu ohýbaného materiálu
- větší poměr r/s_0
- větší úhel ohybu
- menší tloušťka materiálu
- menší modul pružnosti

Velikost odpružení se počítá podle různých empirických vzorců. V oblasti malých poměrů r/s_0 vlivem napjatosti a nesnadným seřizením je velmi obtížné použít výpočtových metod, proto se velikost odpružení stanoví pomocí experimentálních zkoušek. Větší praktický význam má výpočet odpružení pro větší poměry r/s_0 . V praxi je však pro dosažení přesného úhlu ohybu nutné, vždy velikost odpružení experimentálně odzkoušet a podle výsledku případně ohýbací nástroj upravit. [3; 9]

Eliminace odpružení:

Kromě kalibrování se dá odpružení omezit také např. deformačním rádiusem, vyztužením místa ohybu žebry, podbroušením ohybníku a nebo současným ohybem a natažením délky součásti o 2 – 4%.

Poloměr zaoblení ohybníku (pohyblivé čelisti) ohýbacího nástroje se určí ze vztahu: [2]

$$R_{ná} = \frac{R_{od}}{1 + 3 \cdot \frac{\sigma_K}{E} \cdot \frac{R_{od}}{s}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{od}} + 3 \cdot \frac{\sigma_K}{E \cdot s}} \quad (3.16)$$

3.4 Stanovení rozměrů ohýbaných materiálů:

Výpočet rozměrů rovinných polotovarů, jenž se mají ohýbat, je založen na tom, že délka polotovaru se rovná součtu délky přímých úseků a délky neutrální vrstvy v ohnutých úsecích součásti. [2]

Délka polotovaru se vypočítá ze vzorce:

$$L = \sum_1^n l_n = l_1 + l_2 + \dots + l_n \quad (3.17)$$

Délka neutrální osy (vrstvy) v ohnutém úseku se vypočítá podle vzorce:

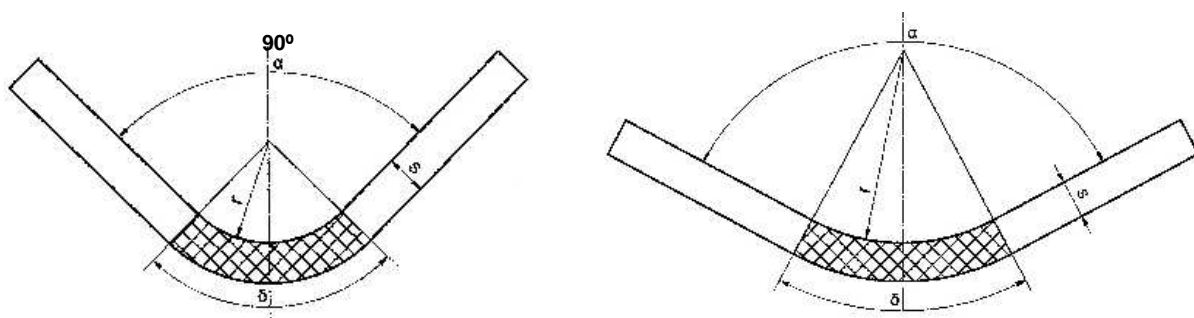
$$l = \frac{\pi \cdot \delta}{180^\circ} \cdot (r + x \cdot s) \cong 0,017 \cdot \delta \cdot (r + x \cdot s) \quad (3.18)$$

Při ohýbání na úhel $\delta = 90^\circ$ platí: [2]

$$l = \frac{\pi}{2} \cdot (r + x \cdot s) \cong 1,57 (r + x \cdot s) \quad (3.19)$$

Úhel ohnutého úseku δ se rovná úhlu ohybu α jen při $\delta = 90^\circ$ (obr. 8), ve všech ostatních případech platí: [2]

$$\delta = 180^\circ - \alpha \quad (3.20)$$



Obr. 8: Vztah mezi úhlem ohnutého úseku a úhlem ohybu ($\delta = 180^\circ - \alpha$)

Poloha neutrální čáry x se určí podle vzorce (3.5), nebo se určí podle poloměru ohybu r/s a najde se podle tabulky 1:

Tab. 1: Součinitelé α a x pro ohýbání na úhel 90°

poměrný poloměr ohybu r/s	0,1	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
součinitel ztenčení α	0,82	0,87	0,92	0,96	0,985	0,992	0,995
vzdálenost od neutrální vrstvy x	0,32	0,35	0,38	0,42	0,455	0,47	0,475

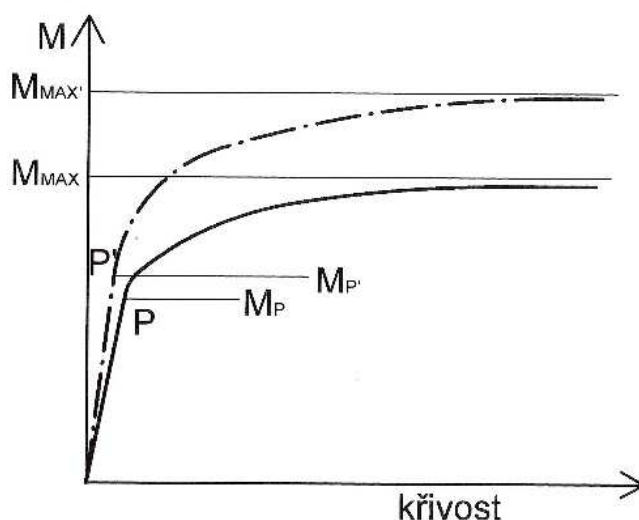
3.5 Ohybový moment:

Při ohýbání se vnější ohybový moment určuje z podmínky jeho rovnováhy s momentem vnitřních sil, který se skládá z momentů normálových napětí v tahovém a tlakovém pásmu. Pro určení momentů vnitřních sil je pak potřeba znát rozdělení napětí v příčném průřezu a velikost největšího napětí pro daný stupeň deformace. [5]

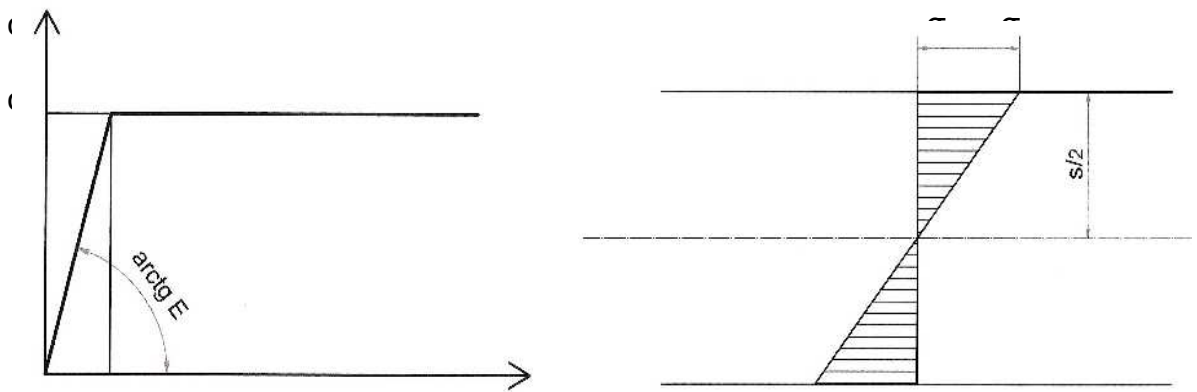
Při výpočtech ohybového momentu se nemohou používat vzorce z pružnosti a pevnosti, protože ohýbání probíhá v oblasti trvalých deformací, kdežto v pružnosti a pevnosti se uvažuje pouze se vznikem pružných deformací.

Ohybový moment u pružně-plastických materiálů bez zpevnění materiálu:

Při ohýbání pružně-plastických materiálů (bez zpevnění) dochází nejprve ke vzniku pružných deformací na počátku ohybu. První plastická deformace nastane až když napětí v okrajových vrstvách materiálu dosáhne meze kluzu $\sigma_1 = \sigma_K$. Této plastické deformaci odpovídá bod **P** (podle obr. 9), ve kterém je hodnota ohybového momentu na mezi pružnosti M_P . Obr. 1 znázorňuje závislost ohybového momentu na křivosti při ohýbání úzkých tyčí (plná čára) a širokých pásů (čerchovaná čára). Charakteristika pružně-plastického materiálu a rozložení jeho napětí je na obr. 10. [1]



Obr. 9: Závislost ohybového momentu na křivosti

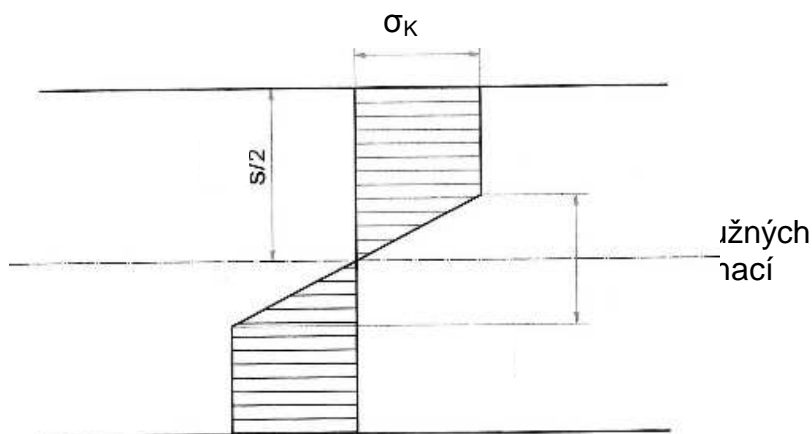


Obr. 10: Charakteristika pružně-plastického materiálu a rozložení jeho napětí

Výpočet ohybového momentu na mezi pružnosti: [1]

$$M_p = \frac{b \cdot s^2}{6} \cdot \sigma_k \quad (3.21)$$

Při dalším zvětšování ohybu (nárůstu zakřivení ohýbaného materiálu ρ) se postupně zvětšuje množství deformovaných vrstev (plastického přetvoření) a zmenšuje se množství vrstev, které jsou ještě v pružném stavu. Změní se tedy rozložení napětí, které bude mít po průřezu materiálu lichoběžníkový tvar (obr. 11). [1]



Obr. 11: Lichoběžníkové rozložení napětí pružně-plastického materiálu

Ohybový moment pružně-plastického tělesa v závislosti na poloměru křivosti ρ se dá určit ze vztahu: [1]

$$M_{PL} = \frac{b \cdot s^2}{4} \cdot \sigma_K \cdot \left[1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{\rho^2}{s^2} \left(\frac{\sigma_K}{E} \right)^2 \right] \quad (3.22)$$

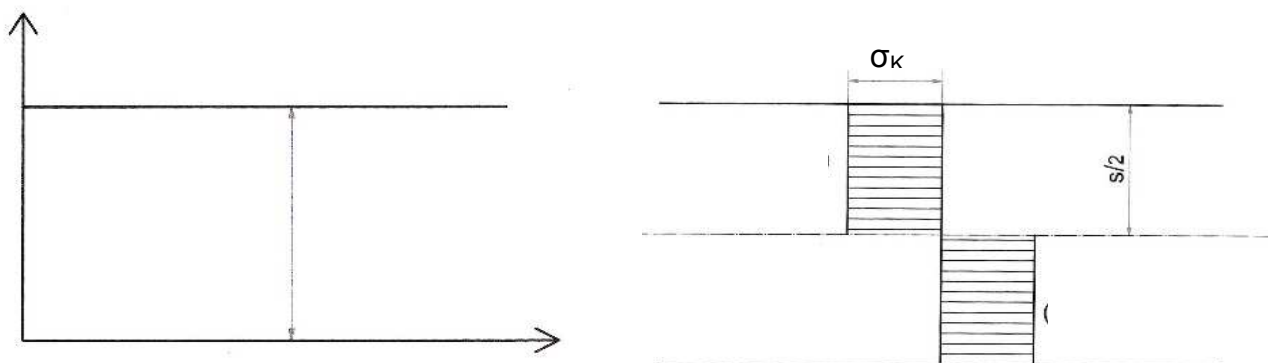
V případě kdy se plastická oblast deformace rozšíří na celou tloušťku ohýbaného materiálu, tj. v průřezu materiálu se nebude nacházet oblast pružných deformací, dosáhne ohybový moment své maximální hodnoty ideálně plastického ohybu M_{MAX} . Tato maximální hodnota ohybového momentu M_{MAX} je pak o 50 % větší než hodnota momentu na mezi přetvoření M_P . [1]

Maximální ohybový moment pružně-plastického materiálu: [1]

$$M_{MAX} = \frac{b \cdot s^2}{4} \cdot \sigma_K \quad (3.23)$$

Maximální ohybový moment pružně plastického materiálu M_{MAX} je shodný s ohybovým momentem ideálně tuhoplastického materiálu.

Ideálně tuhoplastický materiál je materiál, u kterého se zanedbává pružná deformace, posunutí neutrální vrstvy, ztenčení a zpevnění materiálu. Jeho charakteristika a průběh napětí je na obr. 12. [2]



Obr. 12: Charakteristika ideálně tuhoplastického materiálu a rozložení jeho napětí

Ohybový moment při ohýbání širokých pásů z pružně-plastických materiálů (bez zpevnění materiálu):

Při ohýbání širokých pásů se mezní hodnoty ohybových momentů M_P a M_{MAX} zvětšují o $\frac{2}{\sqrt{3}}$ než při ohýbání úzkých tyčí. Získané ohybové momenty jsou M_P' a M_{MAX}' jsou znázorněny na obr. 9. [1]

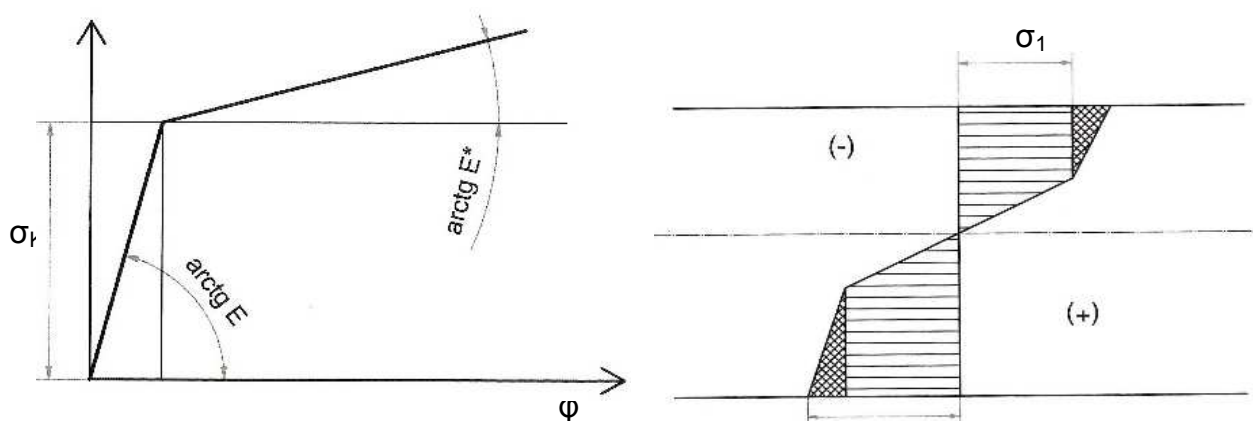
Ohybové momenty pro ohýbání širokých pružně-plastických pásů:

$$M_P' = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{b \cdot s^2}{6} \cdot \sigma_K \quad (3.24)$$

$$M_{MAX}' = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{b \cdot s^2}{4} \cdot \sigma_K \quad (3.25)$$

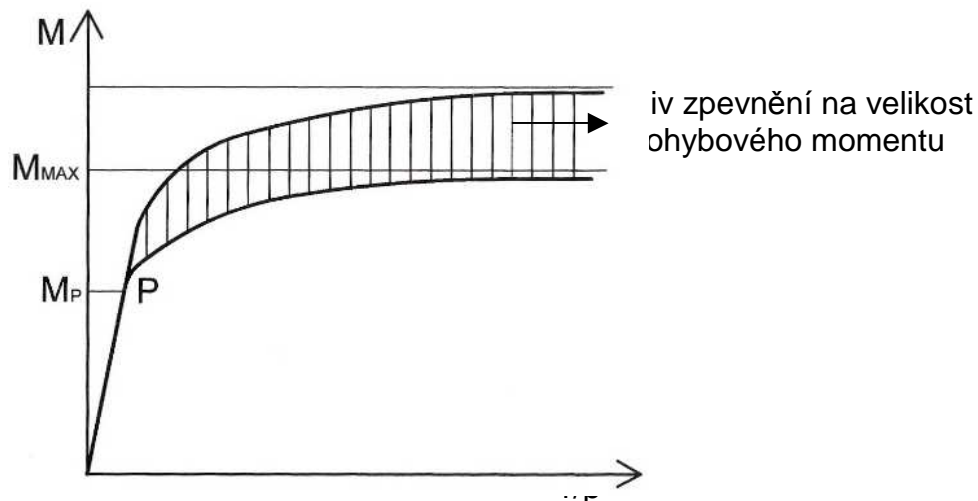
Ohybový moment u pružně-plastických materiálů se zpevněním materiálu:

Při skutečném ohýbání pružně plastického materiálu za studena dochází v důsledku plastického přetvoření (deformace) k nárůstu meze kluzu materiálu σ_K . Zvětšuje se napětí σ_1 , které roste nejvíce v krajních vláknech, kde dochází k největším deformacím a zároveň k největšímu zpevnění materiálu. Rozložení napětí σ je znázorněna na obr. 13.



Obr. 13: Charakteristika skutečného materiálu a rozložení jeho napětí

Hustě šrafovaná plocha na obr. 13 vyjadřuje přírůstek napětí σ , vyvolaný zpevněním materiálu, odpovídající nárůstu ohybového momentu M , který roste tím více, čím je větší plastická deformace materiálu, tj. čím je menší poloměr jejího zakřivení ρ (obr. 14). [1]



Obr. 14: Závislost ohybového momentu na zakřivení

Výpočet skutečného ohybového momentu se zpevněním pro široké pásy:

$$M_{\text{MAX}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{b \cdot s^2}{4} \cdot \sigma_{\text{Ps}} \quad (3.26)$$

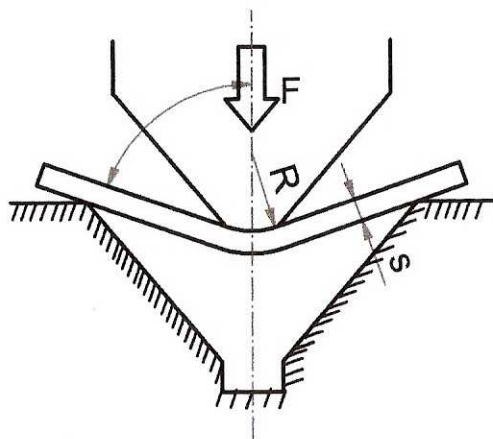
Přirozený přetvárný odpor σ_{Ps} je vnitřní odpor (napětí) materiálu proti působení vnějších sil, při kterém nastane počátek plastické deformace – přetvoření. Charakterizuje vlastnosti materiálu, které jsou závislé na chemickém složení, mezi pevnosti R_m , mezi kluzu $R_{\text{P}0,2}$, logaritmičké deformaci φ a rychlosti deformace φ' . [1]

3.6 Výpočet ohýbací síly při volném ohýbání:

Pro výpočet síly při volném ohýbání je možno použít mnoho různých vztahů, které přibližně vystihují její skutečnou velikost. Při ohýbání do tvaru **V** a **U** lze sílu vypočítat ze vztahů, které zahrnují rozměry nástroje, tření a mechanické hodnoty ohýbaného materiálu. [1]

Síla při ohybu do tvaru V:

$$F = \frac{b \cdot s^2}{2 \cdot r} \cdot R_e \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (3.27)$$



Obr. 15: Ohyb do tvaru V

Síla při ohybu do tvaru U:

$$F = (1 - 7 \cdot f) \cdot R_e \cdot \frac{b \cdot s^2}{(r + s)} \quad (3.28)$$

4. Chemické složení:

Ocel je slitina železa s uhlíkem a dalšími doprovodnými prvky, které pocházejí ze vsázky, případně se do oceli dostávají záměrně nebo neúmyslně během výroby. Základní surovinou pro výrobu oceli je surové železo (vyrábí se ze železných rud ve vysoké peci) a ocelový odpad. Doprovodné prvky mají větší či menší vliv na mechanické a fyzikální vlastnosti ocelového materiálu. Můžeme je rozdělit na škodlivé a prospěšné. Pokud koncentrace doprovodných prvků překročí určitou hranici, tak se označují jako legující prvky. Vliv těchto prvků na vlastnosti slitin železa závisí na jejich koncentracích. Mezní obsahy jednotlivých prvků (v hmotnostních procentech) pro oceli jsou uvedeny v tabulce 2. [8]

Tab. 2: Mezní obsahy legovacích prvků pro rozdělení ocelí na legované a nelegované (v hmotnostních procentech)

Al	hliník	0,10	Ni	nikl	0,30
----	--------	------	----	------	------

Cr	chróm	0,30	Pb	olovo	0,40
Co	kobalt	0,10	Si	křemík	0,50
Cu	měď	0,40	Ti	titan	0,05
Mn	mangan	1,65	V	vanad	0,10
Mo	molybden	0,08	W	wolfram	0,10
Nb	niob	0,06	Zr	zirkon	0,05

Doprovodné prvky, které u nelegovaných ocelí významně ovlivňují jejich vlastnosti jsou Mn – mangan, Si – křemík, P – fosfor, S – síra, O – kyslík, N – dusík, H – vodík. Mezi **škodlivé doprovodné prvky** se pak zařazují síra, dusík, fosfor kyslík a vodík.

Síra – společně se železem vytváří sulfid železnatý (FeS), který snižuje houževnatost, tváritelnost za studena a svařitelnost oceli. U válcovaných výrobků tvářených jedním směrem (plechy), způsobuje síra značné rozdíly vlastností ve směru tváření a ve směru kolmém ke směru tváření (anizotropie vlastností). Příznivě působí na obrobiteľnost a třecí vlastnosti, ale způsobuje menší odolnost proti korozi. U běžných ocelí je jejich obsah menší než 0,02 %.

Dusík – při nesprávném ochlazování se při výrobě nadbytečný dusík vylučuje ve formě nitridů železa (Fe₄N), které jsou vylučovány na hranicích zrn a ve kluzových rovinách. Tím dochází k zablokování vzniku dislokací a k tzv. stárnutí ocelí. Stárnutím vzniká velké navýšení meze kluzu při stejné pevnosti, klesá tažnost a vrubová houževnatost a může způsobit velké zkřehnutí oceli. Dusík společně s **uhlíkem** nejvíce ovlivňují stárnutí ocelí a omezují tváritelnost ocelových plechů a proto je jejich obsah v materiálech určených k tváření co nejnižší.

Fosfor – jeho vliv závisí především na obsahu uhlíku v oceli. Při nízké obsahu uhlíku do 0,01 % má vliv na zvýšení tažnosti, ale při obsahu uhlíku nad 0,05 % způsobuje fosfor křehkost. U vysoce pevných ocelí snižuje mez únavy a zvyšuje sklon ke vzniku trhlin, prasklin a křehkých lomů.

Kyslík – podle jeho obsahu v oceli se oceli rozdělují na uklidněné a neuklidněné. V neuklidněných ocelích reaguje přebytek kyslíku s uhlíkem a způsobují vznik bublinek oxidu uhelnatého v ingotech. V uklidněných ocelích je koncentrace kyslíku nízká a proto nedochází ke vzniku bublinek oxidu uhelnatého. Kyslík společně se sírou je hlavním zdrojem vměstků v oceli, které zhoršují čistotu oceli. Oxidické vměstky mohou být příčinou vzniku trhlin při cyklickém namáhání a nesmějí se objevit při výrobě tenkých plechů.

Vodík – ocelí bývá absorbován při její výrobě, při povrchových úpravách (moření) a při svařování. Snižuje plastické vlastnosti materiálu, aniž by docházelo ke zvyšování pevnosti. Vodík způsobuje tzv. vodíkovou křehkost a vodíkovou korozi.

Prospěšné doprovodné prvky:

Prospěšné prvky váží či odstraňují část nečistot (škodlivých prvků) tak, aby se jejich vliv udržel na přípustné hranici. Mangan, křemík a další prvky (legující) mají vysokou afinitu k dusíku a snižují jeho obsah tím, že s ním vytvářejí nitridy. Tak nedochází ke vzniku nitridů železa (Fe_4N), které způsobují stárnutí oceli. Tyto prvky slouží také jako dezoxidační přísady pro výrobu uklidněných ocelí, které mají výrazně delší dobu stárnutí než neuklidněné oceli.

Křemík – zvyšuje mez kluzu a pevnost, nad obsah 1 % snižuje plastické vlastnosti feritu a tím zhoršuje tvářitelnost oceli. Ovlivňuje složení produktů dezoxidace.

Mangan – má v koncentraci 0,3 – 1 % vyšší afinitu k síře než železo a příznivě ovlivňuje vylučování sulfidů, tím že snižuje jejich nepříznivé působení na houževnatost oceli. Zvyšuje pevnost, tvrdost a houževnatost oceli při zachování plastických vlastností. Zvýšení pevnosti je tím větší, čím méně uhlíku ocel obsahuje. [8]

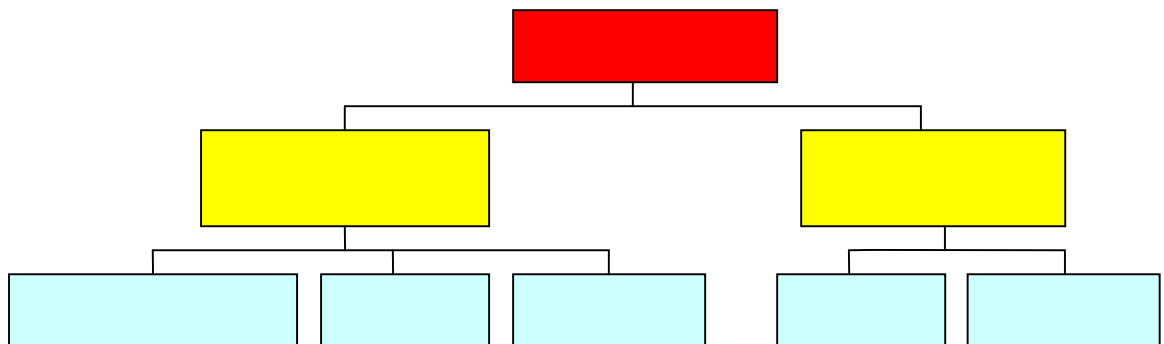
4.1 Konstrukční oceli:

Požadavky kladené na konstrukční oceli:

- pevnostní charakteristiky (mez kluzu, mez pevnosti, vysoký modul pružnosti E, dobrá tažnost a houževnatost)
- odolnost proti změnám teploty
- odolnost proti opotřebení
- odolnost proti korozi
- nízká hmotnost

4.2 Rozdělení ocelí ke tváření:

Tvářené oceli se rozdělují podle české normy ČSN EN 10020 – definice a rozdělení. [8]



Nelegované oceli, jsou oceli, u kterých je obsah jednotlivých prvků menší než-li je uvedeno v tabulce 2. U některých ocelí bývá předepsán maximální obsah jednotlivého prvku v oceli.

Legované oceli, obsahují, nebo překračují mezní hodnoty obsahu jednotlivých prvků podle tabulky 2.

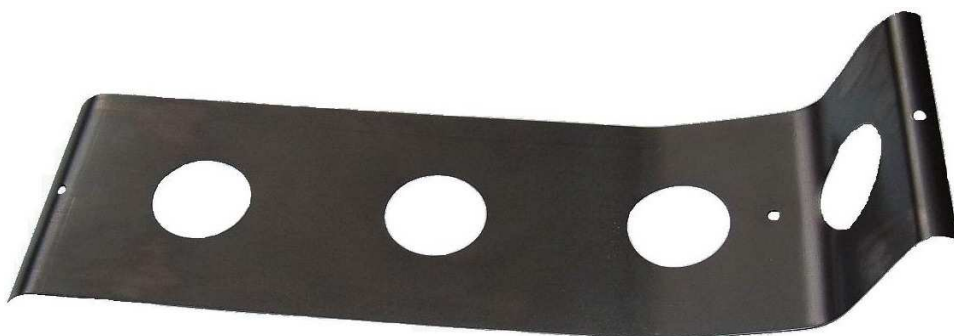
Praktická část:

5. Úvod do praktické části:

V experimentální části se zabývám výrobou plošného výlisku (obr. 16) sloužícího jako výztuha, která se přivaří do nosné konstrukce zadního sedáku automobilu značky Volkswagen CADDY (obr.17). Tento výlisek se vyrábí ve firmě WAGON automotive, s.r.o. Bělá pod Bezdězem a je dodáván do firmy INTIER automotive seating systems Chabařovice u Ústí nad Labem.

Pro výrobu tohoto výlisku bylo nejprve potřeba určit jeho rozvinutou délku, pro určení rozměrů výchozího polotovaru, a dále tvary ohybových vložek lisovacích nástrojů – stanovení jejich rádiusů. Tyto rádiusy nástroje se liší od poloměrů zaoblení konečného výlisku a to s přihlédnutím k odpružení použitého materiálu. V daném případě není odpružení eliminováno žádnými výztužnými prolisy, ani přidržením materiálu, tak aby byl výrobek vyroben pouze na dvě operace.

Protože je při výrobě výrobků v automobilovém průmyslu kladen velký důraz na kvalitu samotné výroby a také na technické práce v předvýrobní etapě, musí být splněny požadavky norem ČSN ISO 9001, ČSN ISO 14000 i dalších. K jejich naplnění se používá systém technické přípravy výroby, který je prováděn podle metody **APQP** (Moderní plánování jakosti výrobku a plán regulace – Advanced product quality planning and control plan). Ta v sobě zahrnuje moderní metody plánování **FLOW CHART** (Vývojový diagram výroby) a **FMEA** (Analýza možných vad a jejich následků - Failure mode and effects analysis). Tyto metody se používají při vývoji nových výrobních procesů a jsou ze strany zákazníků vyžadovány jako záruka dobře provedené přípravy výroby.



Obr. 16: Výlisek



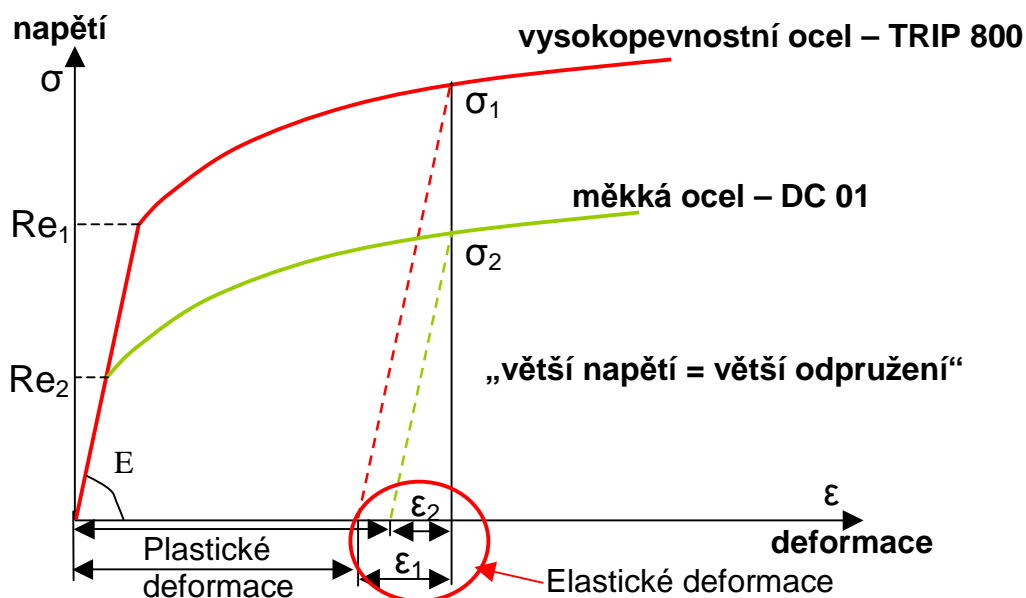
Obr. 17: Použití výlisku

5.1 Použitý materiál:

Pro výrobu výlisku byl použit materiál **DC 01 Am** dodaný do firmy obchodní společností ROSSO Steel. Tento materiál je dodáván (nakupován) ve formě přístříhu, který je již použit pro výrobu a má rozměry požadovaného polotovaru.

Materiál DC 01 je za studena válcovaná ocel, která patří mezi hlubokotažné materiály s nízkou mezí kluzu $R_e = 140 - 280$ MPa, pro kterou platí technické dodací podmínky uvedené v normě ČSN EN 10130. Do této

normy je také začleněna norma ČSN EN 10131, udávající mezní úchyly rozměrů a tolerance tvaru.



Obr. 18: Závislost napětí na deformaci u oceli DC 01 a oceli TRIP 800

Na obr. 18 je znázorněna závislost napětí na deformaci u materiálu DC 01 a u vysokopevnostní oceli TRIP 800. Z obrázku je patrné, že u materiálů s nízkou mezí kluzu je podíl elastické (pružné) deformace vůči plastické deformaci velmi malý, tj. ocel s nižší mezí kluzu má při stejném modulu pružnosti E nižší podíl elastické deformace ($\epsilon_1 > \epsilon_2$), což se projevuje malými hodnotami odpružení.

Kvalita použitého materiálu má rozhodující vliv na konečný tvar výlisku. Proto je důležité, aby byl zajištěn pokud možno rovnoměrný rozptyl tolerancí a to jak rozměrových (tloušťka, šířka, délka), tak i mechanických (mez pevnosti, mez kluzu, tažnost) vlastností materiálu. Dále musí být zajištěna správná orientace vláken polotovaru s ohledem na anizotropii vlastností plechu, která je u kovů válcovaných za studena značná a má vliv na velikost odpružení při ohybu. V praxi je tudíž zaveden tzv. **materiálový**

list (příloha č. I), což je dokument stručně charakterizující použitý materiál, podle kterého se řídí jak poptávka, tak i nákup materiálu. Každá dodávka materiálu je tudíž dokladována tzv. **inspekčním certifikátem** (atestem) (příloha č. II), který zaručuje požadované vlastnosti materiálu a uvádí i jeho chemické složení. Jestliže tyto vlastnosti dodaného materiálu nejsou splněny, pak se materiál považuje za zmetek.

Protože při výrobě daného výlisku dochází k odpružení materiálu, které je mimo konstrukce ohýbadla ovlivněno také mechanickými vlastnostmi materiálu (především mezí kluzu), tak zde uvádím mechanické vlastnosti materiálu (seřazených podle velikosti meze kluzu) získané z inspekčních certifikátů z 5-ti různých dodávek.

Tab. 3: Mechanické vlastnosti různých dodávek

vzorek	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A_{80} [%]
č. 1	210	334	41,4
č. 2	228	334	41,4
č. 3	230	350	44,0
č. 4	238	335	35,0
č. 5	250	355	34,0

V tabulce č. 3 je viditelný rozptyl ve velikostech meze kluzu materiálu v jednotlivých dodávkách. Tento rozptyl splňuje technické dodací podmínky normy ČSN EN 10130, dle které se v našem případě může mez kluzu pohybovat v rozmezí 140 – 300 MPa.

V následujících výpočtech rozměrů ohýbacích vložek a velikostí odpružení materiálu z jednotlivých dodávek každý zvlášť analyzuji a zaznamenávám do tabulek. Takto vznikne přehled o tom, jaký vliv má velikost meze kluzu na zaoblení raznice, resp. odpružení materiálu. Pro konečnou konstrukci ohybových vložek se pak použije jejich průměrná hodnota.

5.2 Norma ČSN EN 10130 – Technické dodací podmínky:

Norma ČSN EN 10130 je evropská norma platící pro ploché výrobky z hlubokotažných ocelí válcovaných za studena, bez povlaku v šířkách od 600 mm a tloušťkách od 0,35 mm do 3 mm (pokud při objednávání nebylo

dohodnuto jinak) určených k tváření za studena. Výrobky se dodávají jako plechy, široké pásy, podélné dělené široké pásy nebo pruhy podélně dělených širokých pásů neb plechů.

Tato norma neplatí pro úzké pásy (s šířkou do 600 mm) a další ploché výrobky válcované za studena, pro které existují vlastní normy (izotropní plechy pro elektrotechniku, plechy pro svařované láhve na plyn, aj.).

Při výrobě se tyto oceli po žíhání lehce převálcovávají za studena, aby nedošlo ke vzniku deformačních čar. Tyto oceli se proto doporučuje zpracovávat v co nejkratším čase. U většiny značek ocelí výrobce zaručuje hodnotu součinitele normálové anizotropie a normálového zpevnění. Oceli jsou vhodné ke svařování běžnými postupy. U dezoxidovaných (plně uklidněných) ocelí výrobce zaručuje jejich mechanické vlastnosti po dobu 6 měsíců. Mechanické vlastnosti a chemické složení je uvedeno v příloze č.III. [9]

6. Stanovení výrobního procesu – FLOW CHARD:

Flow chard je první základní úvaha ve výrobním procesu, která graficky znázorňuje tok výroby, a kterou je nutno z hlediska ekonomie výroby dodržovat.

Je zde důležitý sled výrobních operací. V tomto případě výztužného plechu je důležité využít pro výrobu nakupovaný přístřih s předem určenými rozměry, takovými aby se velikost tohoto polotovaru již nemusela upravovat. Za další je nutno výrobní proces zvládnout ve dvou výrobních operacích, tak aby byli co nejnižší náklady na výrobu. První výrobní operací je vystřížení otvorů v plechu a druhou výrobní operací je ohyb výlisku do požadovaného tvaru (kterým se zde zabývám) a to pouze na jeden zdvih stroje. Příklad Flow Chard je uveden v příloze č. IV.

7. Procesní analýza možných vad a jejich následků – FMEA:

Je to základní analytická metoda k předcházení možných vad a jejich následkům ve výrobním procesu. Svým rozbořem upozorňuje na kritická

místa výrobního procesu, hodnotí je a navrhuje opatření k minimalizaci možných kvalitativních a tím i ekonomických ztrát. Stává se základním návodem pro zpracování „kontrolních plánů“ výroby a konstrukci výrobních a kontrolních přípravků. Na vlastní analýze se v podniku podílí realizační tým složený ze zástupců výroby, nákupu, technologie, konstrukce nástrojů a přizvaných zástupců zákazníka. FMEA je uvedena v příloze č. V.

8. Výpočet rozvinuté délky:

8.1 Rovnice pro výpočet rozvinuté délky:

Výpočet rozvinuté délky výrobku (stanovení rozměrů ohýbaných materiálů) byl proveden s pomocí následujících rovnic.

Celková délka polotovaru:

$$L = \sum_1^n l_n = l_1 + l_2 + \dots + l_n \quad (8.1)$$

kde: L ... celková délka [mm]

l_n ... délky jednotlivých úseků [mm]

Délka neutrální vrstvy v ohnutém úseku:

$$l = \frac{\pi \cdot \delta}{180^\circ} \cdot (r + x \cdot s) \quad (8.2)$$

kde: l ... je délka neutrální vrstvy v ohnutém úseku [mm]

δ ... úhel ohnutého úseku [°]

x ... koeficient určující polohu neutrální vrstvy [mm]

s ... tloušťka plechu [mm]

r ... vnitřní poloměr ohybu [mm]

Úhel ohnutého úseku:

$$\delta = 180^\circ - \alpha \quad (8.3)$$

kde: α ... vnitřní úhel ohybu [°]

Velikost jednotlivých úhlů je vidět na obr. 19.

Součinitel určující vzdálenost od vnitřního poloměru ohybu neutrální vrstvy:

$$x = \frac{\rho - r}{s} \quad (8.4)$$

kde: ρ ... poloměr křivosti neutrální vrstvy [mm]

Poloměr křivosti neutrální vrstvy:

Protože při ohýbání plechu dochází pouze k velkým poloměrům ohybu

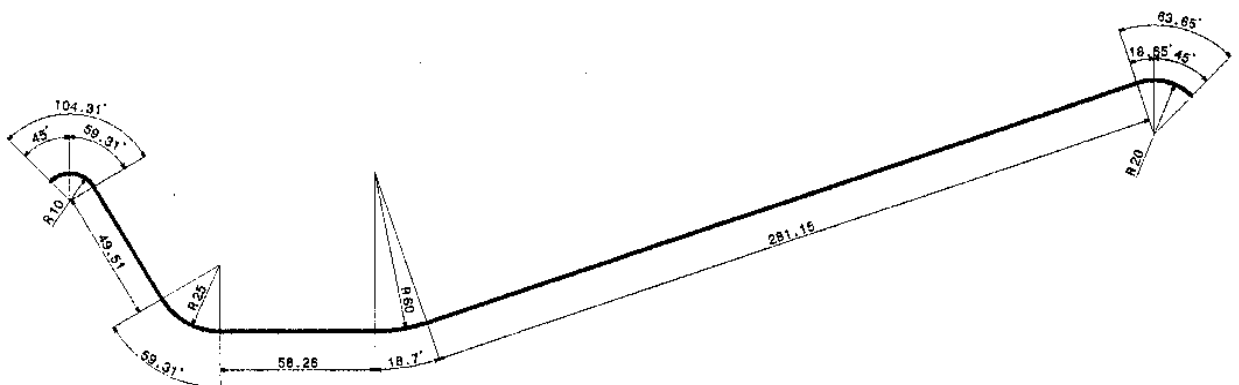
kde je poměr $\frac{r}{s} \geq 12$, určíme poloměr křivosti neutrální ρ vrstvy z rovnice.

$$\rho = r + \frac{s}{2} \quad (8.5)$$

Tab. 4: Poměry r/s:

r [mm]	10	25	60	20
s [mm]	0,6	0,6	0,6	0,6
poměr r/s [-]	16,67	41,67	100,00	33,33

Pro výpočet délky byl výlisk rozdělen na 7 částí (obr. 19), kdy součet délek neutrální vrstvy v těchto jednotlivých částech se rovná rozvinuté délce výlisku.



Obr. 19: Úhly ohybu a rozdělení výlisku na části

8.2 Vypočtená délka polotovaru:

Výsledky výpočtů délek jednotlivých úseků a celková délka polotovaru jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5: Délky jednotlivých úseků a celková délka polotovaru

označení úseku	r [mm]	δ [°]	ρ [mm]	x [mm]	s [mm]	l [mm]
1	10	104,31	10,3	0,5	0,6	18,75
2	-	-	-	-	0,6	49,51
3	25	59,31	25,3	0,5	0,6	26,18
4	-	-	-	-	0,6	58,26
5	60	18,65	60,3	0,5	0,6	19,62
6	-	-	-	-	0,6	281,16
7	20	63,65	20,3	0,5	0,6	22,55
celková délka L [mm]						476,03

Tato vypočtená délka použitého plechu 476 mm bude použita pro výrobu výlisku. Rozměr výchozího polotovaru bude 476 x 130 x 0,6 mm.

9. Výpočet rozměrů ohýbacích vložek, výpočet velikosti odpružení:

Pro výpočet rozměrů zaoblení lisovacího nástroje byly použity hodnoty zjištěné ze zkoušky tahem, jež jsou zapsány inspekčních certifikátech. Tyto certifikáty udávají hodnoty, které musejí splňovat předepsané (požadované) limity. K výpočtu byly použity hodnoty z 5-ti inspekčních certifikátů

od různých dodávek materiálu (příloha č. II). Získané hodnoty jsou zapsány v tabulce 6. Za modul pružnosti byla do tabulky zapsána a v dalších výpočtech byla použita tabulková hodnota (podle /5/) $E = 210000$ MPa.

Tab. 6: Mechanické vlastnosti materiálů z různých dodávek

Vzorek	R_m [MPa]	E [MPa]	$R_{p\ 0,2}$ [MPa]	A_{80} [%]
č. 1	334	210000	210	41,4
č. 2	334	210000	228	41,4
č. 3	350	210000	230	44,0
č. 4	335	210000	238	35,0
č. 5	355	210000	250	34,0

9.1 Rovnice pro výpočet rozměrů ohýbacích vložek:

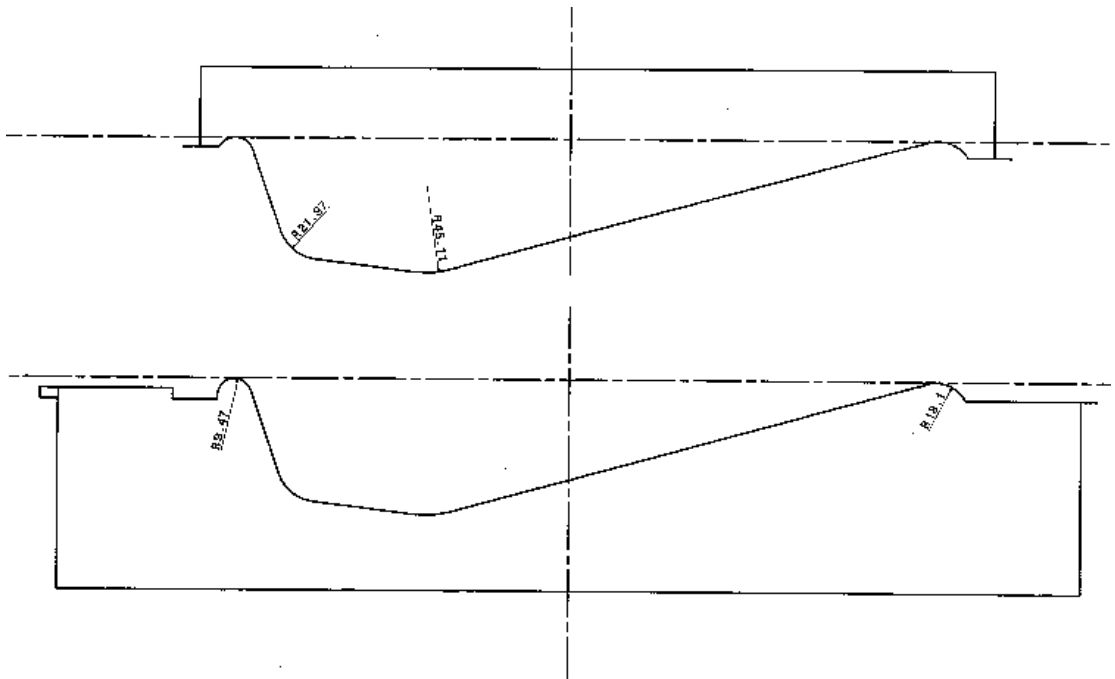
K výpočtu rozměrů ohýbacích vložek (zaoblení lisovacího nástroje na straně vnitřního poloměru ohybu) byla použita následující rovnice.

Poloměr zaoblení lisovacího nástroje:

$$R = \frac{R_0}{1 + 3 \cdot \frac{\sigma_K}{E} \cdot \frac{R_0}{s}} = \frac{1}{\frac{1}{R_0} + 3 \cdot \frac{\sigma_K}{E \cdot s}} \quad (9.1)$$

kde:	R ...	poloměr zaoblení lisovacího nástroje	[mm]
	R_0 ...	požadovaný poloměr zaoblení po odpružení	[mm]
	σ_K ...	mez kluzu	[MPa]
	E ...	modul pružnosti v tahu	[MPa]
	s ...	tloušťka plechu	[mm]

Jednotlivé poloměry zaoblení jsou při výpočtech vztaženy ke svému vnitřnímu poloměru ohybu na lisovacím nástroji obr: 20.



9.2 Vypočtená velikost poloměrů ohýbacích vložek:

V následujících tabulkách jsou uvedeny všechny vypočtené poloměry zaoblení lisovacího nástroje pro různé meze kluzu získané z inspekčního certifikátu.

Tab. 7: $R_{P0,2} = 210 \text{ MPa}$

vzorek č. 1				
R_0 [mm]	$R_{P0,2}$ [MPa]	E [MPa]	s [mm]	R [mm]
10	210	210000	0,6	9,52
20	210	210000	0,6	18,18
25	210	210000	0,6	22,22
60	210	210000	0,6	46,15

Tab. 8: $R_{P0,2} = 228 \text{ MPa}$

vzorek č. 2				
R ₀ [mm]	R _{P 0,2} [MPa]	E [MPa]	s [mm]	R [mm]
10	228	210000	0,6	9,48
20	228	210000	0,6	18,04
25	228	210000	0,6	22,01
60	228	210000	0,6	45,25

Tab. 9: R_{P 0,2} = 230 MPa

vzorek č. 3				
R ₀ [mm]	R _{P 0,2} [MPa]	E [MPa]	s [mm]	R [mm]
10	230	210000	0,6	9,48
20	230	210000	0,6	18,03
25	230	210000	0,6	21,99
60	230	210000	0,6	45,16

Tab. 10: R_{P 0,2} = 238 MPa

vzorek č. 4				
R ₀ [mm]	R _{P 0,2} [MPa]	E [MPa]	s [mm]	R [mm]
10	238	210000	0,6	9,46
20	238	210000	0,6	17,96
25	238	210000	0,6	21,89
60	238	210000	0,6	44,77

Tab. 11: R_{P 0,2} = 250 MPa

vzorek č. 5				
R ₀ [mm]	R _{P 0,2} [MPa]	E [MPa]	s [mm]	R [mm]
10	250	210000	0,6	9,44
20	250	210000	0,6	17,87
25	250	210000	0,6	21,76
60	250	210000	0,6	44,21

Průměrná hodnota zaoblení lisovacího nástroje pro jednotlivé požadované poloměry zaoblení po odpružení výlisku je v tabulce 12.

Tab. 12: Průměrné hodnoty zaoblení **R** lisovacího nástroje:

R_0 [mm]	R [mm]
10	9,48
20	18,02
25	21,97
60	45,11

9.3 Výpočet úhlu odpružení:

Úhel odpružení lze v případě, kdy ohýbáme součásti s velkým poloměrem ohybu vypočítat z rovnice.

$$\gamma = (180 - \alpha) \cdot \left(\frac{R_0}{R} - 1 \right) \quad (9.2)$$

kde γ ... úhel odpružení [°]

α ... požadovaný úhel ohybu po odpružení [°]

9.4 Vypočtená velikost odpružení:

Tabulky uvádějící úhly odpružení pro jednotlivé poloměry zaoblení nástroje v závislosti na mezi kluzu získané inspekčního certifikátu.

Tab. 13: $R_{P0,2} = 210$ MPa

vzorek č. 1			
α [°]	R_0 [mm]	R [mm]	γ [°]
75,69	10	9,52	5,29
116,35	20	18,18	6,37
120,69	25	22,22	7,42
161,35	60	46,15	5,60

Tab. 14: $R_{P0,2} = 228$ MPa

vzorek č. 2			
α [°]	R_0 [mm]	R [mm]	γ [°]
75,69	10	9,48	5,72
116,35	20	18,04	6,92

120,69	25	22,01	8,06
161,35	60	45,25	6,08

Tab. 15: $R_{P0,2} = 230 \text{ MPa}$

vzorek č. 3			
α [°]	R_0 [mm]	R [mm]	γ [°]
75,69	10	9,48	5,72
116,35	20	18,03	6,95
120,69	25	21,99	8,12
161,35	60	45,16	6,13

Tab. 16: $R_{P0,2} = 238 \text{ MPa}$

vzorek č. 4			
α [°]	R_0 [mm]	R [mm]	γ [°]
75,69	10	9,46	5,95
116,35	20	17,96	7,23
120,69	25	21,89	8,43
161,35	60	44,77	6,43

Tab. 17: $R_{P0,2} = 250 \text{ MPa}$

vzorek č. 5			
α [°]	R_0 [mm]	R [mm]	γ [°]
75,69	10	9,44	6,18
116,35	20	17,87	7,58
120,69	25	21,76	8,83
161,35	60	44,21	6,66

Průměrná hodnota odpružení plechu je pro požadované poloměry zaoblení výlisku (po odpružení) uvedena v tabulce 18:

Tab. 18: Průměrné hodnoty odpružení γ výlisku:

R_0 [mm]	γ [°]
10	5,77
20	7,01
25	8,17
60	6,18

Z tabulek 7 až 11 a 13 až 17 vyplývá, že s nárůstem meze kluzu dochází ke zmenšení poloměru ohybu lisovacího nástroje R , což způsobuje nárůst velikosti odpružení γ . Poloměr R je důležitý pro získání požadovaného poloměru zaoblení ohýbaného materiálu po odpružení R_0 . Úhel odpružení γ také roste se zvyšujícím se poměrem r/s (Tab. 4).

10. Vyhodnocení analýzy:

Při vyhodnocení rozměrů ohýbacích vložek je nutné vycházet z toho, že vypočtený výsledek je závislý na mechanických vlastnostech kovu, které se v různých dodávkách materiálu liší a to v rámci povolené tolerance. Protože nikdy nebudou mít všechny dodávky zcela totožné mechanické vlastnosti, použil jsem za směrodatné průměrné hodnoty z pěti různých dodávek materiálu v rozmezí čtyř měsíců. Vypočtené hodnoty poloměrů zaoblení lisovacího nástroje se liší od jejich skutečných hodnot, které byly pro výrobu nástroje použity. V případě dvou nejmenších poloměrů $r = 10$ mm a $r = 20$ mm (bráno dle výlisku), vyšly vypočtené hodnoty vzhledem ke skutečným hodnotám poloměrů zaoblení nástroje pouze s malým rozdílem. U větších poloměrů $r = 25$ mm a $r = 60$ mm již jsou větší rozdíly mezi teoretickými (vypočtenými) a skutečnými hodnotami poloměrů. Tyto rozdíly jsou způsobeny nejen mechanickými vlastnostmi kovu, ale i dalšími vlivy, které mají při skutečném ohýbání vliv na velikost odpružení materiálu (tím pádem i na poloměry zaoblení nástroje). Mezi tyto vlivy patří rozměrová

přesnost výchozího polotovaru, kdy především jeho tloušťka (v rámci výrobní tolerance) má velký vliv na sledované hodnoty.

Protože je ohyb při výrobě až druhou výrobní operací a ohýbá se polotovar, který má v sobě již prostřížené otvory, jsou velikost odpružení materiálu a poloměry zaoblení nástroje již také těmito otvory, které se v teoretické výpočtu neuvažovali, ovlivněny. Dále je při skutečném tváření materiál přimazáván, což má také vliv na průběh deformace při ohybu.

Při navrhování výlisku pro sériovou produkci, kdy nejsou nikdy zaručeny shodné mechanické i jiné vlastnosti polotovaru a v dlouhodobém časovém období výroby nastávají různé výrobní podmínky pro jednotlivé dávky je dobré, aby měl výlisek vhodné výrobní tolerance. Případné odchylky odpružení z daných tolerancí je možno korigovat seřízením výstředníkového mechanismu lisovacího stroje (kalibrací následující po ohybu).

11. Návrh pomocného nářadí:

Pomocné nářadí slouží k rychlému a levnému ověření technologie, k ověření technologičnosti výlisku a k výrobě prototypových, popř. před sériových dílů. Jako pomocné nářadí jsou v jednoduché konstrukci vyrobeny pouze činné části nástroje a nejsou vyráběny základní stojánek, vodící sloupky a kotevní desky.

Při návrhu pomocného (ověřovacího) nástroje, byl konstruktérem na základě výpočtů, simulací a jeho zkušeností navržen základní tvar ohybových vložek (ohybníku a ohybnice). Tento ověřovací nástroj se následně vyrobil na CNC frézce z materiálu CIBATOOL s obchodním označením BM 1566 od firmy SKOLIL. Je to materiál na bázi epoxidové pryskyřice, který je lépe a rychleji obrobitelný než-li je ocel. Nevýhodou CIBATOOLu však je, že vykazuje mnohonásobně větší opotřebení. To však pro použití ověřovacího nástroje příliš nevádí.

Takto vyrobený ověřovací nástroj je upnut do hydraulického lisu, kde se provádí konečná praktická zkouška, při které je vyroben zkušební

výlisek. Výsledky této zkoušky a její vyhodnocení jsou rozhodující pro konečnou konstrukci lisovacího nástroje.

12. Konstrukce nástroje a kontrolního přípravku:

Konstrukce výrobního nástroje je prováděna podle požadavků technologa tak, aby se splnil požadavek jednoduchého, volného ohybu bez přidržení a použití výztužných prolisů. Rozměry ohybových vložek a konstrukce celého nástroje je uvedena v příloze VI. Konstrukce nástroje byla navržena pro výstředníkový lis LE 250 (obr. 20) a byla provedena pomocí software programu CATIA V5 R14. Zakládání a vyjímání polotovaru do/z nástroje je ruční .

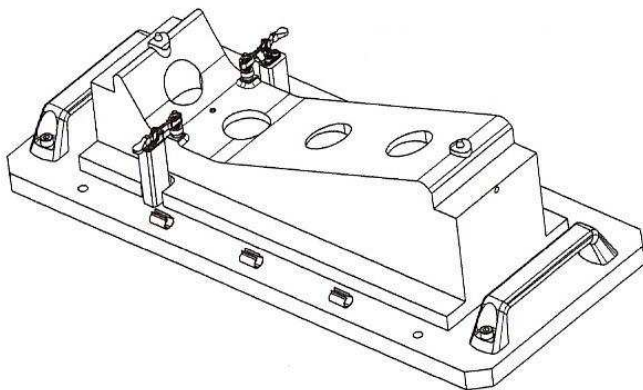
Kontrolní přípravek musí umožňovat snadné ověření všech požadovaných rozměrů. V tomto případě se jedná o polohu otvorů, obvodových rozměrů, rovinnost ploch a především provedení krajních oblouků, které musejí dosedat do konstrukce sedáku automobilu. Vyrobený výlisek je do kontrolního přípravku fixován upínkou (díl je kontrolován v upnutém stavu) a je v něm vystředěn svými otvory. Vlastní fyzické ověřování kvality výlisku v kontrolním přípravku je při zahájení každé výrobní dávky prováděno seřizovačem. V průběhu výroby je výlisek kontrolován v pravidelných intervalech (podle předpisu v kontrolním plánu) obsluhou stroje. Z těchto kontrol je prováděn záznam, který se archivuje. Nákres kontrolního přípravku je uveden na obr. 21.

Vyhotovená konstrukční dokumentace lisovacího nástroje a kontrolního přípravku je podrobena schvalovacímu procesu (zástupci konstrukce a výroby nářadí a technologie výroby) a poté jsou nástroj a kontrolní přípravek vyrobeny.



Obr. 20: Výstředníkový lis LE 250 ►

Obr. 21: Kontrolní přípravek ▼



13. Výroba nástroje:

Výroba lisovacího nástroje je provedena jako svařený stojánek s integrovanými vodícími sloupky a činnými částmi ohýbacích vložek. Rám nástroje je vyroben z konstrukční ocele třídy 11 500, činné části nástroje jsou vyrobeny z nástrojové ocele 19 312 a ještě jsou dodatečně zušlechtěny tak, aby měli tvrdost 58 HRC. Nakupované normované součásti (pružiny, šrouby, pouzdra, vodící sloupky, aj.) jsou od firmy FIBRO. Výroba nástroje byla provedena na strojích:

HITACHI 355 E » elektro-abrazivní řezání

DEPOCAT 2012 » obráběcí centrum – frézování a
vrtání



Obr. 22: Lisovací nástroj

14. Kontrola a měření výlisku – měrový protokol:

Konečné odladění lisovacího nástroje je prováděno za pomoci ověřování rozměrů zkušebního výlisku na trojrozměrném měřicím zařízení od firmy WENZEL obr. 23. Výstupem z tohoto zařízení jsou měrové protokoly (příloha VII), které dle zadaného programu (rozměry - kóty na technickém výkrese a body určené technikem měrového střediska) znázorňují sejmuté body s nominální hodnotou, povolenou tolerancí, naměřenou hodnotou a docílenou odchylkou.

Vzhledem k charakteru a budoucímu použití výlisku se měření provádí v upnutém stavu a je kladen důraz především na provedení rádiusů na koncích výlisku. V těchto místech může být maximální odchylka od nominální hodnoty maximálně $\pm 1,0$ mm (pro poloměr zaoblení $r = 10$ mm) resp. $\pm 0,8$ mm (pro poloměr zaoblení $r = 20$ mm).

Tento měrový protokol slouží také jako kontrola kvality výroby při auditech výroby.



Obr. 23: Měřicí zařízení WENZEL RS 1216

15. Závěr:

Dle výše uvedeného lze konstatovat, že teoretická příprava projektu lisování má svá opodstatnění v souladu s filozofií APQP. Uplatní se zde celá škála teoretických znalostí. Jejich vhodné použití a využití napomáhá k zajištění požadované kvality a úsporám nákladů v průběhu technické přípravy nového projektu. Šetří náklady při konstrukci a výrobě lisovacích nástrojů. Blíže určuje budoucí rozměry činných částí nástroje. Protože je z praxe potvrzeno, že se teoretické závěry musí nezbytně propojit s praktickou zkouškou v podmínkách sériové výroby, dochází při správné teoretické přípravě nástroje k minimalizování nákladů na jeho výrobu. Při konečné výrobě nástroje tedy dochází pouze k jeho místním korekcím a úpravám tvaru podle zkušebního výlisku tak, že je minimalizován výrobní proces „pokus – omyl“.

Při ohýbání plechů je vzhledem k následujícím výrobním operacím důležitá rozměrová a tvarová přesnost výlisku. Tu ovlivňuje mnoho činitelů a to nejen mez kluzu a tolerance mechanických vlastností materiálu. Jsou to i tolerance v tloušťce materiálu, stav opotřebení a kvalita lisovacího nástroje, rovnoměrnost technologického přimazávání materiálu při tváření a především seřízení použitého stroje. Výrobní proces ovlivňují ale i další vlivy, které je i není možné předpokládat.

Teoretické zvládnutí všech těchto vlivů vznikajících při tváření a ohýbání plechů doplňuje profesní zkušenosti konstruktérů a technologů v lisovně. Umožňuje správnou orientaci při přípravě nových projektů lisování i následného řešení vzniklých problémových situacích v průběhu sériové výroby.

Při celé přípravě a realizaci nového projektu tváření (včetně ohybových operací) je žádoucí týmová spolupráce mezi konstruktérem výrobku, konstruktérem tvářecího nástroje, technologem, kvalifikárem, výrobcem a údržbou tvářecího nástroje. Jen tak lze za přispění teoretických i praktických dovedností zvládnout realizaci projektů lisování ke všeobecné

spokojenosti a být technicky i ekonomicky úspěšný na českém i evropském trhu.

Použitá literatura:

- [1] FOREJT, M.; Teorie tváření, 1. vydání. Brno : VUT v Brně, 1992. 167 s. ISBN 80-214-0415-9.

- [2] ROMANOVSKIJ, V. P.; Příručka pro lisování za studena, 3. vydání, Praha : SNTL v Praze, 1957. s. 69-96.

- [3] PROCHÁZKA, J.; ZAPOTIL, M.; NĚMEC, M.; NOVOTNÝ, J.; Technologie slévání, tváření a svařování, 3. vydání, Praha : ČVUT v Praze, 1990. s. 108-218. ISBN 80-01-00345-0

- [4] HAŠEK, V.; Tváření kovů za studena. Praha : ČVUT v Praze, 1958. 193 s.


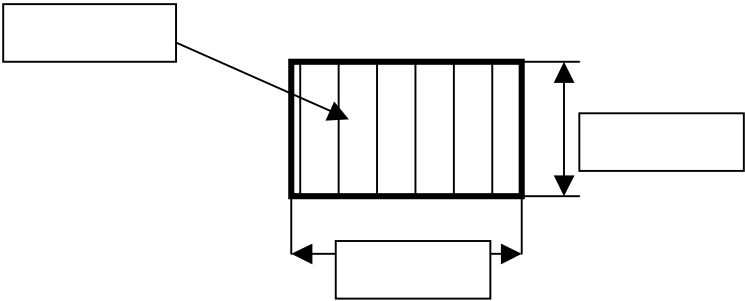
- [5] HOLINA, J.; Určení mezních stavů a velikosti odpružení při ohýbání pevnostního plechu. Diplomová práce, TU v Liberci, 2003.

- [6] BEROUN, S. a kolektiv; Úvod do strojírenství, 1. vydání. Liberec : TU v Liberci, 2001. s. 62-68, ISBN 80-7083-538-9
- [7] HAŠEK, V. a kolektiv; Lisování, 1. vydání, Praha : SNTL v Praze, 1971. 543 s.
- [8] PTÁČEK, L. a kolektiv; Nauka o materiálu II., 2. vydání. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2002, 392 s.
- [9] Technická norma ČSN EN 10130
- [10] TMĚJ, J.; Tváření kovů (Vybrané statě z teorie), 1. vydání. Liberec : VŠST v Liberci, 1977, 121 s.

Seznam příloh:

- P I Materiálový list
- P II Inspekční certifikáty (5 listů)
- P III Mechanické vlastnosti a chemické složení materiálu dle ČSN EN 10130
- P IV Flow chard (2 listy)
- P V FMEA – Analýza možných vad a jejich následků (4 listy)
- P VI Výkres nástroje
- P VII Měrový protokol (2 listy)

MATERIÁLOVÝ LIST

	Materiál : <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">DC 01 Am</p>	Číslo (POLCE): <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">90 60 04</p>						
Bělá pod Bezdězem	Rozměr : <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">0,6 x 130 x 476</p>							
Anotace : Materiálový list stanovuje základní údaje o chemickém složení, mechanických vlastnostech, provedení a odvolávky na platné normy a ujednání. Slouží pro vnitřní potřeby odborných útvarů společnosti WAGON a jako pomůcka pro jednání s druhou - externí stranou.								
Chemické složení (rozbor tavby %)	C	Mn	P	S	Al	Si	Nb	Ti
	max. 0,12	max. 0,6	max. 0,045	max. 0,045				
Mez kluzu $R_{p0,2}$ (Mpa)		Pevnost v tahu R_m (Mpa)		Tažnost A_{80} (%)				
Max. 280 (8 dnů od vyexpedování)		270-410		Min. 28				
Třída odpadu	005		Druh ocele podle způsobu výroby		Válcované za studena			
Výrobek	Nakupovaný polotovár		Jakost povrchu Am					
Ekvivalentní označení	St 12 1.0330		Jakost finálních dílů		DC 01			
Provedení		Stav		Stupeň přetváření				
Tloušťka (mm) 0,6±0,05	Šířka (mm) 130+/-0,3		Délka (mm) 476+/-0,5		Tloušťka pokovení μ			
Rozměrová norma	EN 10131		Tech.dodací podmínky		EN 10 130			
Poznámka: <div style="text-align: center;">  </div>								
Tento materiálový list platí pouze pro č.d. 02871P34003 INTIER Chabařovice Materiál zpracovat do 6 týdnů od předání k expedici								
Vypracoval / Schválil (WAGON)		Za zákazníka schválil :		Změna :		Účinnost od :		
Bartuněk / Coufal				b		24.3.2005		

ROSSO STEEL, a.s.
38 43 Mirošov 611

Inspekční certifikát 3.1.B
ČSN EN 10 204

č. objednávky / KS : 1605W01701
č. dodacího listu : 495-3202
č. výr. průvodky : MD5425

WAGON AUTOMOTIVE spol. s r.o.
Mladoboleslavská 692
294 21 Bělá pod Bezdězem

číslo : 595/2005

Název výrobku				Rozměry (mm)				
Ocelový plech				0,6 x 130 x 476 mm				
Norma	EN 10130, EN 10131			Předepsané hodnoty zkoušek	Mez kluzu Re (Rp 02)	Pevnost v tahu Rm	tažnost A	Nárazová práce 0°C
Jakost	DC 01 Am				MPa	MPa	%	
Hmotnost (kg)	1 815 kg			max.	280	410		
				min.		270	28	

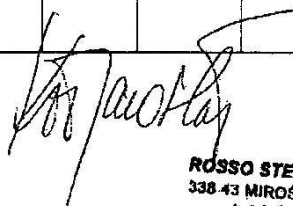
VÝSLEDKY MECHANICKÝCH ZKOUŠEK

Číslo tavby	Číslo svitku	Mez kluzu Re (Rp 02)	Pevnost v tahu Rm	Tažnost A	Nárazová práce 0°C	Zkouška lámavosti			
		Mpa	MPa	%					
44561	12462436	210	334	41,4					
Ostatní sdělení:									
Opis hodnot z orig. atestu.									

CHEMICKÉ SLOŽENÍ V %

Č. tavby	Číslo svitku	C	Mn	Si	P	S			
44561		0,05	0,24		0,011	0,008			

Datum : 11. 11. 2005
Vypracoval : Jaroslav Koc



ROSSO STEEL, a.s.
38 43 MIROŠOV 611
IČO: 252 23 123

ROSSO STEEL, a.s.
338 43 Mirošov 611

Inspekční certifikát 3.1.B
ČSN EN 10 204

č. objednávky / KS : 1605W01701
č. dodacího listu : 01112005-2J
č. vyr. průvodky : MD5425

WAGON AUTOMOTIVE spol. s r.o.
Mladoboleslavská 692
294 21 Bělá pod Bezdězem

číslo : 569/2005

Název výrobku				Rozměry (mm)			
Ocelový plech				0,6 x 130 x 476 mm			
Norma	EN 10130, EN 10131	Předepsané hodnoty zkoušek	Mez kluzu Re (Rp 02)	Pevnost v tahu Rm	tažnost A		Nárazová práce 0°C
Jakost	DC 01 Am		MPa	MPa	%		
Hmotnost (kg)	2 830 kg	max.	280	410			
		min.		270	28		

VÝSLEDKY MECHANICKÝCH ZKOUŠEK

Číslo tavby	Číslo svitku	Mez kluzu Re (Rp 02)	Pevnost v tahu Rm	Tažnost A	Nárazová práce 0°C	Zkouška lámavosti			
		Mpa	MPa	%					
44561	12462436	228	334	41,4					
Ostatní sdělení: Opis hodnot z orig. atestu.									

CHEMICKÉ SLOŽENÍ V %

Č. tavby	Číslo svitku	C	Mn	Si	P	S			
44561		0,05	0,24		0,011	0,008			

Datum : 1. 11. 2005
Vypracoval : Jaroslav Koc



ROSSO STEEL, a.s.
338 43 MIROŠOV 611
hutní závod

ROSSO STEEL, a.s.
338 43 Mirošov 611

Inspekční certifikát 3.1.B
ČSN EN 10 204

č. objednávky / KS : 1605W01435
č. dodacího listu : 4906-133
č. výr. průvodky : MD6734

WAGON AUTOMOTIVE spol. s r.o.
Mladoboleslavská 692
294 21 Bělá pod Bezdězem

číslo : 30/2006

Název výrobku				Rozměry (mm)				
Ocelový plech				0,6 x 130 x 476 mm				
Norma	EN 10130, EN 10131			Předepsané hodnoty zkoušek	Mez kluzu Re (Rp 02)	Pevnost v tahu Rm	tažnost A	Nárazová práce 0°C
Jakost	DC 01 Am				MPa	MPa	%	
Hmotnost (kg)	1 585 kg			max.	280	410		
				min.		270	28	

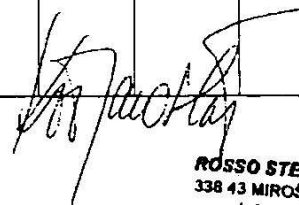
VÝSLEDKY MECHANICKÝCH ZKOUŠEK

Číslo tavby	Číslo svitku	Mez kluzu Re (Rp 02)	Pevnost v tahu Rm	Tažnost A	Nárazová práce 0°C	Zkouška lámavosti			
		Mpa	MPa	%					
9561038	50	230	350	44					
Ostatní sdělení:									
Opis hodnot z orig. atestu.									

CHEMICKÉ SLOŽENÍ V %

Č. tavby	Číslo svitku	C	Mn	Si	P	S				
9561038		0,04	0,24		0,010	0,017				

Datum : 12. 1. 2006
Vypracoval : Jaroslav Koc



ROSSO STEEL, a.s.
338 43 MIROŠOV 611
hutní sídlo

ROSSO STEEL, a.s.
338 43 Mirošov 611

Inspekční certifikát 3.1.B
ČSN EN 10 204

č. objednávky / KS : 1605W01767
č. dodacího listu : 495-3423
č. výr. průvodky : MD5754

WAGON AUTOMOTIVE spol. s r.o.
Mladoboleslavská 692
294 21 Bělá pod Bezdězem

číslo : 646/2005

Název výrobku					Rozměry (mm)		
Ocelový plech					0,6 x 130 x 476 mm		
Norma	EN 10130, EN 10131		Předepsané hodnoty zkoušek	Mez kluzu Re (Rp 02)	Pevnost v tahu Rm	tažnost A	Nárazová práce 0°C
Jakost	DC 01 Am			MPa	MPa	%	
Hmotnost (kg)	8 275 kg		max.	280	410		
			min.		270	28	

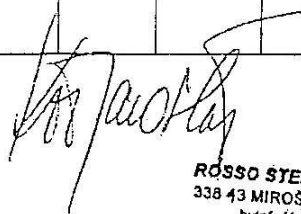
VÝSLEDKY MECHANICKÝCH ZKOUŠEK

Číslo tavby	Číslo svitku	Mez kluzu Re (Rp 02)	Pevnost v tahu Rm	Tažnost A	Nárazová práce 0°C	Zkouška lámavosti			
		Mpa	MPa	%					
9561038	35	238	335	35					
Ostatní sdělení: Opis hodnot z orig. atestu.									

CHEMICKÉ SLOŽENÍ V %

Č. tavby	Číslo svitku	C	Mn	Si	P	S				
9561038		0,04	0,24		0,010	0,017				

Datum : 29. 11. 2005
Vypracoval : Jaroslav Koc



ROSSO STEEL, a.s.
338 43 MIROŠOV 611
tutnf sklad

OSSO STEEL, a.s.
338 43 Mirošov 611

INSPEKČNÍ CERTIFIKÁT 3.1.B

dle ČSN EN 10204

Atest č.: **H 028 / 03 / 2006**

Datum: **13 , 03 , 2006**

objednávka č.:
výrobní průvodkač.: **H06PD00044**
dodací list č.: **H 496 000 408**
množství v kg: **982,-**

odběratel: **WAGON AUTOMOTIVE,s.r.o.**
Mladoboleslavská 692
294 21 Bělá pod Bezdězem
fax: 326 709 172

Norma: **EN 10130 EN 10131**
Jakost: **DC01**

předepsané hodnoty zkoušek	Mez kluzu Re Mpa	Pevnost v tahu Rm Mpa	Tažnost A %	Nárazová práce 0°C
max.	280	410		
min.		270	28	

Název výrobku	Rozměry (mm)	číslo svitku (plechu)
ocelový pás	0,60 x 130 x 476	74

Výsledky mechanických zkoušek

číslo tavby	číslo svitku	Mez kluzu Re Mpa	Pevnost v tahu Rm Mpa	Tažnost A %	Nárazová práce 0°C	Zkouška lámavosti
4519237	74	250	355	34		

Ostatní sdělení:
opis hodnot z hutního atestu

Chemické složení v %

číslo tavby	C	Mn	Si	S	P	N	Al
4519237	0,040	0,220	0,030	0,018	0,015	ok	0,040

Vypracoval: Ing. Jaroslav Buchta
Telefon : 519 780 407

ROSSO STEEL, a.s.®
pobočka Hustopeče
Nádražní 41

Tabulka 2 - Mechanické vlastnosti a chemické složení¹⁾

Označení oceli		Rozdělení oceli podle EN 10020	Způsob dezoxidace	Lhůty záruk mechanických vlastností	Jakost povrchu	Doba bez vzniku deformačních čar	R_{eL} ²⁾ N/mm ²	R_{m} N/mm ²	A_{80} % min.	r_{90} min.	n_{90} min.	Chemické složení rozboru tavby v %, max				
podle EN 10027-1 a CR 10260	podle EN 10027-2											C	P	S	Mn	Ti
DC01 ⁵⁾	1.0330	nelegovaná jakostní ⁷⁾	podle volby výrobce	- -	A B	- 3 měsíce	^{8) 10)} -280	270/410	28	-	--	0,12	0,045	0,045	0,60	-
DC03	1.0347	nelegovaná jakostní ⁷⁾	plně uklidněná	6 měsíců 6 měsíců	A B	6 měsíců 6 měsíců	⁸⁾ -240	270/370	34	1,3	--	0,10	0,035	0,035	0,45	-
DC04	1.0338	nelegovaná jakostní ⁷⁾	plně uklidněná	6 měsíců 6 měsíců	A B	6 měsíců 6 měsíců	⁸⁾ -210	270/350	38	1,6	0,180	0,08	0,030	0,030	0,40	-
DC05	1.0312	nelegovaná jakostní ⁷⁾	plně uklidněná	6 měsíců 6 měsíců	A B	6 měsíců 6 měsíců	⁸⁾ -180	270/330	40	1,9	0,200	0,06	0,025	0,025	0,35	-
										\bar{r} ⁴⁾⁵⁾ min.	\bar{n} ⁴⁾ min.					
DC06	1.0873	legovaná jakostní	plně uklidněná	6 měsíců 6 měsíců	A B	neomezeno neomezeno	⁹⁾ -180	270/350	38	1,8	0,220	0,02	0,020	0,020	0,25	¹¹⁾ 0,3

¹⁾ Hodnoty mechanických vlastností platí pouze pro výrobky převálcované za studena.

²⁾ Hodnoty platí pro dolní mez kluzu (R_{eL}), při nevyřazené mezi kluzu pro mez kluzu při trvalém prodloužení 0,2 % ($R_{p0,2}$). U tloušťek nad 0,5 mm do 0,7 mm se dovoluje překročení maximální hodnoty meze kluzu o 20 N/mm². U tloušťek do 0,5 mm se dovoluje překročení maximální hodnoty meze kluzu o 40 N/mm².

³⁾ U tloušťek nad 0,5 mm do 0,7 mm se dovoluje minimální hodnota tažnosti o 2 jednotky nižší. U tloušťek do 0,5 mm se dovoluje minimální hodnota tažnosti o 4 jednotky nižší.

⁴⁾ Hodnoty r_{90} a n_{90} , popř. \bar{r} a \bar{n} platí pouze pro výrobky s tloušťkou od 0,5 mm (viz přílohu A a B).

⁵⁾ Pro tloušťky nad 2 mm se snižuje hodnota r_{90} , popř. \bar{r} o 0,2.

⁶⁾ Výrobky z oceli DC01 se doporučují zpracovat do 6 týdnů od odeslání (předání k expedici).

⁷⁾ Oceli DC01, DC03, DC04 a DC05 se mohou dodávat legované (např. B nebo Ti), pokud při objednávání nebylo dohodnuto jinak.

⁸⁾ U oceli DC01, DC03, DC04 a DC05 se pro konstrukční účely může počítat s minimální hodnotou meze kluzu 140 N/mm².

⁹⁾ U oceli DC06 se pro konstrukční účely může počítat s minimální hodnotou meze kluzu 120 N/mm².

¹⁰⁾ U oceli DC01 platí maximální hodnota meze kluzu (R_{eL}) 280 N/mm² jen po dobu 8 dnů od odeslání (předání k expedici).

¹¹⁾ Titan může být nahrazen niobem. Uhlík a dusík musí být plně vázány.

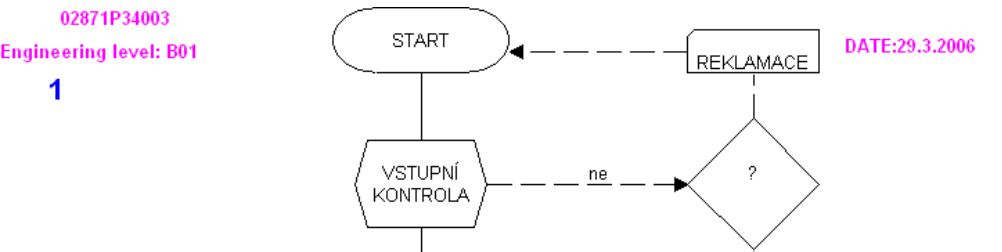
VÝLISEK

**Process Flow Chart**Part No. 02871P34003

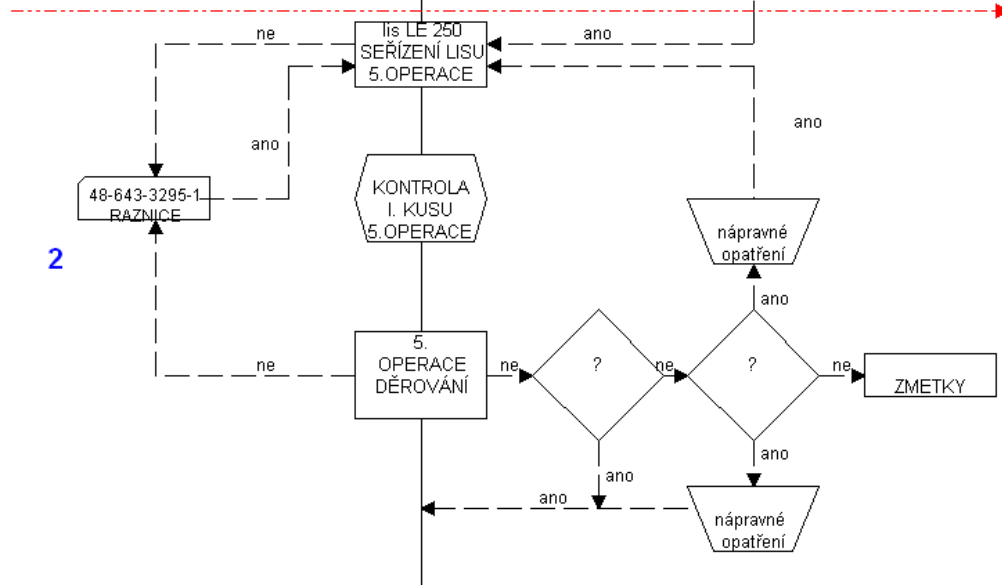
Engineering level: 29. 3. 06 B01

No. <i>Číslo</i>	Sources of Variation <i>Varianty možných vad</i>	Process Identification <i>Popis operace</i>	Product Characteristic <i>Určené znaky</i>
1	Nedodržení tloušťky a rozměrů přístřihu - formátu, přístřih poškozen	Vstupní kontrola	Kontrola tloušťky a rozměrů; kontrola atestu
2	Nedodržená rovinnost ploch, nedolisovaný díl, chybný průměr otvoru, chybná poloha otvoru, vysoké ostí,	5.operace - lisování v děrovacím nástroji	Kontrola rovinnosti ploch, tvaru výlisku, průměru otvoru, polohy otvorů, výšky ostí
3	Nedodržená rovinnost ploch, nedolisovaný díl - chybný tvar radiusů	10.operace - ohyb do tvaru	Kontrola rovinnosti ploch, tvaru výlisku a radiusů
4	Nedodržená rovinnost ploch, nedolisovaný díl - chybný tvar radiusů	Technická kontrola	Kontrola rovinnosti ploch, tvaru výlisku a radiusů - kontrolní přípravek, metodické pokyny
5	Nedodržení předepsané přepravní jednotky, uložení dílů, počet dílů	Balení	Ověření a ukládání dle předpisu u poslední výrobní operaci - op. 10
6	Chybný čárkový kód, špatný timing	Expedice	Kontrola termínových plánů

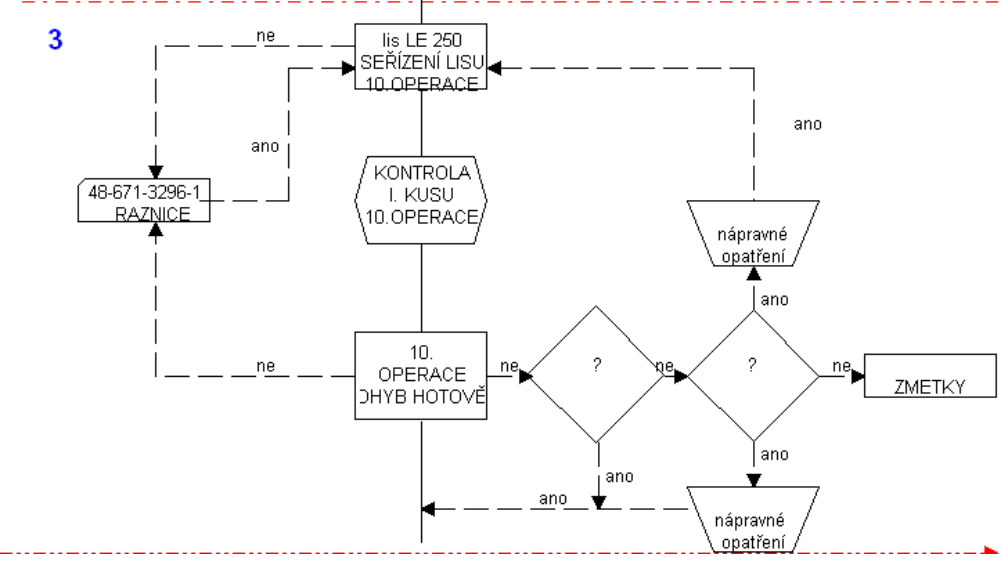
1



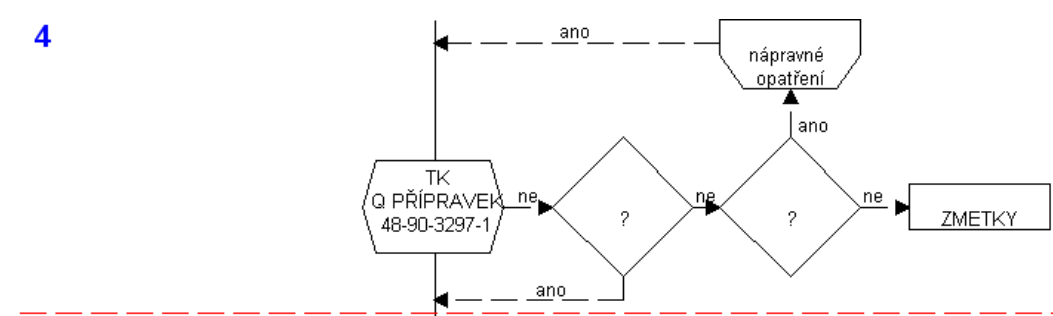
2



3



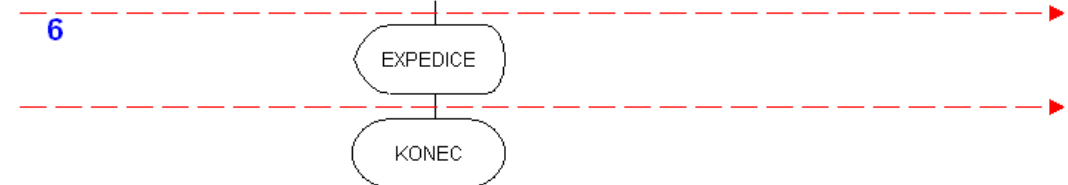
4



5



6



ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH NÁSLEDKŮ (FMEA PROCESU)

FMEA číslo 1135/05-12063

Strana 1 z 4

Prvek Sitzblech 02871P34003/C01 Odpovědnost za proces Bartuněk Zpracoval Bartuněk
 Vozidlo-model/rok Rozhodné datum 30.3.2006 Datum zprac. (orig) 30.3.2006 (rev.)
 Řešitelský tým Coufal, Batruněk, INTIER, Bartuněk, Průšek, Pavlíček, Strnka, Šenkýř

Funkce procesu Požadavky	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost Klasikace	Možná příčina(y) / mechanismus(y) vady	Výskyt	Stávající řízení procesu, prevence	Stávající řízení procesu, odhalování	Odhalitelnost UPR	Doporučená opatření	Odpovídá & termín splnění	Výsledky opatření			
											Opatření splněno	Závažnost	Výskyt	Odhalitelnost UPR
Vstupní kontrola 1	Dodaná nesprávná jakost materiálu DC01 Am	(P) Chybný tvar výlisku	2	Nedodržení materiálových norem	2	Audit procesu , uzavření TPP s dodavatelem	Kontrola atestu dle materiálového listu	4 16	Žádné opatření					
	N e d o d r ž e n í tolerancí (rozměrů) materiálu tloušťka 0,6+/-0,05 šířka 130+/- 0,3 délka 476 +/- 0,8	(P) Nedodržení rozměru na výkrese	4	Chybné rozměry výchozího materiálu chybné dělení materiálu u dodavatele	3	Audit procesu u dodavatele, uzavření TPP s dodavatelem	Kontrola na vstupu dle kontrolního plánu- materiálového listu	4 45	Žádné opatření					
	Velkost otřepů na obvodu přístřihu max. 0,2 mm	(C)(P) Možnost poranění v dalším procesu	4	materiál nesprávně dodán otřep max. 0,2 mm	3	dohoda s dodavatelem - TPP	Kontrola na vstupu dle kontrolního plánu- materiálového listu	5 60	Žádné opatření					
Lisovna-děrování 1 Operace č. 5	N e d o d r ž e n í tolerancí (rozměrů) materiálu tloušťka 0,6+/-0,05 šířka 130 +/- 0,3 délka 476 +/- 0,8	(P) Nedodržení rozměru na výkrese	4	Chybné rozměry výchozího materiálu	3	Audit procesu u dodavatele, uzavření TPP s dodavatelem	Kontrolní plán-kontrola při seřizení a v procesu seřizovač posuvkou při seřizení a potvrzení 1. kusu operátor dle 1. kusu (posuvkou) á 90 minut	6 72	Žádné opatření					
	Chybný rozměr obvodu 3x průměr 6 +/- 0,1 4x průměr 50 +/-0,25	(C) průměr 6 - nesprávné provedení sváru u zákazníka (P) průměr 50 - chybné středění v ohybové operaci	4	opořebovaný razník	2	Pravidelná revize nástroje 48-643-3295-1 po lisovací dávce, sledovací karta nástroje	Kontrolní plán-kontrola při seřizení a v procesu seřizovač - kontrola posuvkou při seřizení operátor - vizuálně dle 1. kusu	4 32	Žádné opatření					
	Špatná poloha	(C) Chybné založení v	4	Chybné ustavení	3	Centrování přístřihu	Kontrolní	4 45	Žádné opatření					

Prvek Sitzblech 02871P34003/C01

 Odpovědnost za proces Bartuněk

 Zpracoval Bartuněk

Vozidlo-model/rok _____

 Rozhodné datum 30.3.2006

 Datum zprac. (orig) 30.3.2006 (rev.) _____

 Řešitelský tým Coufal, Batruněk, INTIER, Bartuněk, Průšek, Pavliček, Strnka, Šenkýř

Funkce procesu Požadavky	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost Klasifikace	Možná příčina(y) / mechanismus(y) vady	Výskyt	Stávající řízení procesu, prevence	Stávající řízení procesu, odhalování	Odhalitelnost UPR	Doporučená opatření	Odpovídá & termín splnění	Výsledky opatření				
											Opatření splněno	Závažnost	Výskyt	Odhalitel. UPR	
	otvorů v podélné ose - osa dílu 65+/-0,3 od podélné hrany dílu rozmístění otvorů na podélné ose - umístění	následující operaci		výlisk u v nástroji		v nástroji pomocí zkosených dorazů po celém obvodu přístíhu. pravidelná revize nástroje, skleňovací karta nástroje	plán-kontrola při seřizení a v procesu seřizovač - při seřizení posuvným měřidlem operátor - dle 1. kusu, neporušnost obvodové hrany vizuálně - každých 90 minut								
	Vysoké osti na otvorech max. 0,2 mm	(P) poranění operátorů v dalších operacích (C) chybná dosedací plocha při zpracování u zákazníka	5	opořebovaný razník-nesprávná střížná vůle	4	pravidelná údržba lisovacího nástroje, sledovací karta lisovacího nástroje	Kontrolní plán-kontrola při seřizení a v procesu seřizovač - vizuálně, posuvným měřidlem - při seřizení operátor - vizuálně dle 1. kusu - á 90 minut	4	80	Žádné opatření					
Lisovna-ohyb 1 Operace č. 10	Nedodržení tvaru - ohybových radiusů R 10+/- 1 R 25+/- 1 R 60+/- 1,2 R 20+/- 1	(P) Nedodržení rozměru na výkrese (C) obtížné zpracování výrobku u zákazníka	4	Chyba dělníka chybné založení do nástroje	2	Jednoznačné ustavení rozvinu do nástroje 48-671-3296-1 na dvojici k uzelových hledáček průměr 50 +/- 0,25 a koncový doraz	Kontrolní plán-kontrola při seřizení a v procesu seřizovač - při seřizení - kontrolní přípravek 48-90-3297-1 operátor - á 90 minut - kontrolní přípravek 48-90-3297-1	4	32	Žádné opatření					
	Chybný úhel opásání radiusů na koncích dílu	(P) Nedodržení rozměru na výkrese (C) obtíže při	2	Špatný rozměr výchozího přístíhu, chybné středění v	2	TPP s dodavatelem výchozího materiálu - přístíhu,	Kontrolní plán-kontrola při seřizení a v procesu	4	16	Žádné opatření					

ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH NÁSLEDKŮ (FMEA PROCESU)

 FMEA číslo 1135/05-12063

 Strana 3 z 4

Prvek Sitzblech 02871P34003/C01 Odpovědnost za proces Bartuněk Zpracoval Bartuněk
 Vozidlo-model/rok _____ Rozhodné datum 30.3.2006 Datum zprac. (orig) 30.3.2006 (rev.) _____
 Řešitelský tým Coufal, Batruněk, INTIER, Bartuněk, Průšek, Pavliček, Strnka, Šenkýř

Funkce procesu Požadavky	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost Klasifikace	Možná příčina(y) / mechanismus(y) vady	Výskyt	Stávající řízení procesu, prevence	Stávající řízení procesu, odhalování	Odhalitelnost UPR	Doporučená opatření	Odpovídá & termín splnění	Výsledky opatření					
											Opatření splněno	Závažnost	Výskyt	Odhalitel	UPR	
	2 x úhel 45 stupňů +/-50 minut	zpracování u zákazníka		nástroje 48-671-3296-1		pravidelná údržba lisovacího nástroje - sledovací karta nástroje	seřizovač - kontrolní přípravek1 při seřízení operátor - kontrolní přípravek á 90 minut									
				Špatné seřízení lisu a nástroje	3	Audit procesu pravidelná kontrola stroje a nástroje	Kontrolní plán-kontrola při seřízení a v procesu seřizovač - při seřizení kontrolní přípravek operátor - á 90 min. - kontrolní přípravek	4	24	Do nástroje doplnit značku "na dojetí"			2			
Technická kontrola	N e d o d r ž e n í rozměru Velikost ostí - max. 0,2 otvory 3x D 6+/-0,1 otvory 4 x D 50+/-0,25 přechodové radiusy R 10+/- 1, R25+/- 1, R60+/-1,2, R20+/-1 rovinnost ploch	(C) oběžné zpracování a nespokojenost zákazníka	4	Chyba v procesu Nedodržení výrobního procesu, údržby výrobních přípravků a KP	2	Audit procesu	Kontrola na výstupu pracovník TK pomocí kontrolního přípravku 48-90-3297-1	4	32	Žádné opatření						
Balení	Nesprávný počet kusů v paletě	(C) nespokojenost zákazníka - logistické problémy	3	Chyba pracovníka balení - operátora při operaci 10	3	Předpis balení v instrukcích pro operátora Proškolení při zahájení výroby od seřizovače- mistra	Kontrolní plán-kontrola při seřízení a v procesu operátor v 10. operaci - každou paletu seřizovač - proškolení při zahájení výroby	6	54	Žádné opatření						

ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH NÁSLEDKŮ (FMEA PROCESU)

FMEA číslo 1135/05-12063

Strana 4 z 4

Prvek Sitzblech 02871P34003/C01

Odpovědnost za proces Bartuněk

Zpracoval Bartuněk

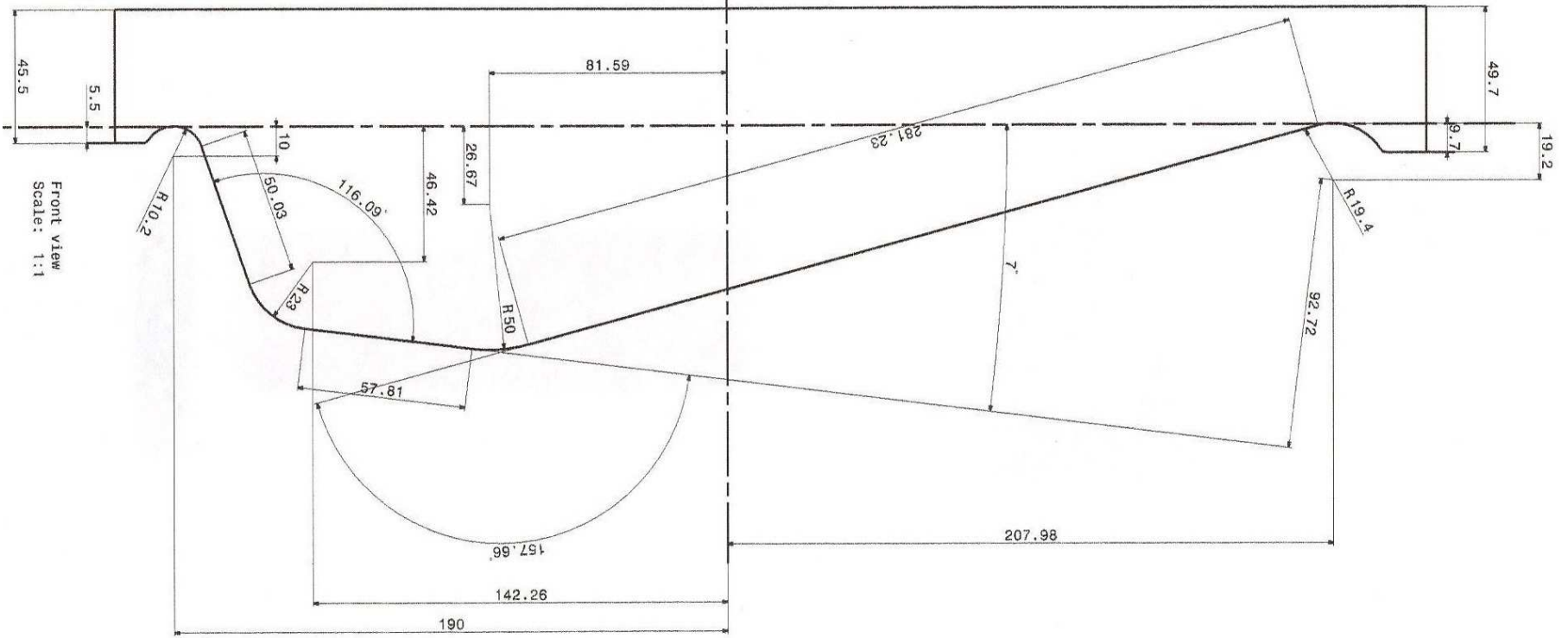
Vozidlo-model/rok

Rozhodné datum 30.3.2006

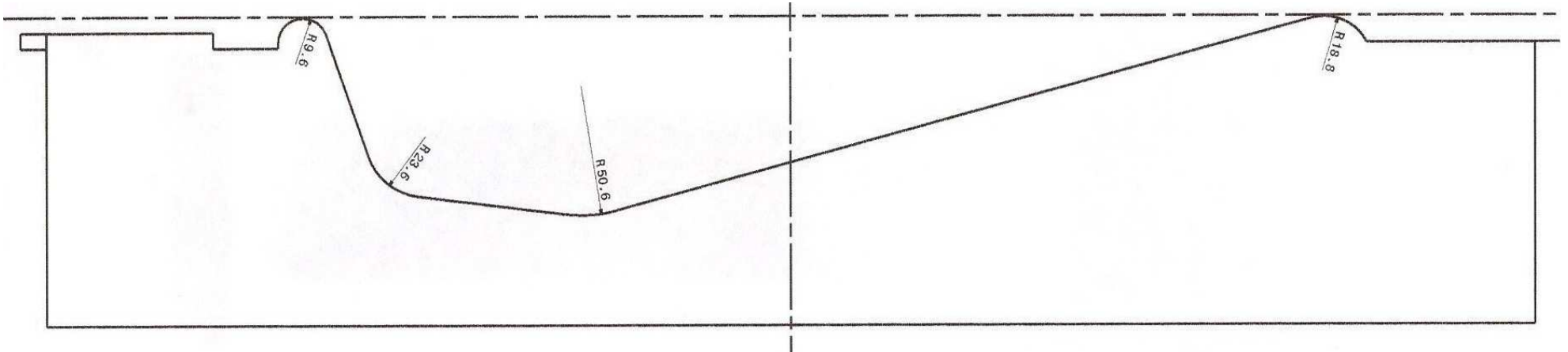
Datum zprac. (orig) 30.3.2006 (rev.)

Řešitelský tým Coufal, Batruněk, INTIER, Bartuněk, Průšek, Pavliček, Strmka, Šenkýř

Funkce procesu Požadavky	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost Klasifikace	Možná příčina(y) / mechanismus(y) vady	Výskyt	Stávající řízení procesu, prevence	Stávající řízení procesu, odhalování	Odhalitelnost UPR	Doporučená opatření	Odpovídá & termín splnění	Výsledky opatření			
											Opatření splněno	Závažnost	Výskyt	Odhalitel UPR
	Nesprávná paleta předpis VP 7102	(C) logistické problémy u zákazníka, přeprava	3	Nedodržení balicího předpisu palety VP 7102	2	Audit procesu Předpis v instrukcích pro operátora	Kontrolní plán-kontrola při seřizení a v procesu seřizovač - zajštění předepsaných palet u vozíčkářů operátor - dodržování předpisu - při nedodržení informovat seřizovače- mistra	3	18	Žádné opatření				
Expedice	Nesprávná adresa příjemce a identifikace dílu (čárkový kód a pod.)	(C) logistické problémy u zákazníka	4	Chyba pracovníka expedice	2	Audit procesu	Kontrola na výstupu pracovník expedice	5	40	Žádné opatření				



Front view
 Scale: 1:1





WAGON
Wagon Automotive spol. s r.o.

DATE=10.6.2004
PROVEDL : ŠMÍD MICHAL
VZOREK C. : #2

TIME=9:38:12

DIM D1= POLOHA	CIRCLE C1	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
R 20.00	19.31	1.00	1.00	-0.69	0.00 #		
DIM D2= POLOHA	CIRCLE C2	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
D 6.00	5.97	0.60	0.60	-0.03	0.00 #		
DIM D3= POLOHA	CIRCLE C2	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
Y 65.00	64.78	1.60	1.60	-0.22	0.00 #		
DIM D4= POLOHA	CIRCLE C3	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
D 50.00	49.97	1.20	1.20	-0.03	0.00 #		
DIM D5= POLOHA	CIRCLE C3	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
X 70.60	69.53	1.60	1.60	-1.07	0.00 #		
DIM D6= POLOHA	CIRCLE C3	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
Y 65.00	64.78	1.60	1.60	-0.22	0.00 #		
DIM D7= POLOHA	CIRCLE C4	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
D 50.00	49.98	1.20	1.20	-0.02	0.00 #		
DIM D8= POLOHA	CIRCLE C4	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
X 182.80	181.45	2.40	2.40	-1.35	0.00 #		
DIM D9= POLOHA	CIRCLE C4	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
Y 65.00	64.78	1.60	1.60	-0.22	0.00 #		
DIM D10= POLOHA	CIRCLE C5	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
D 50.00	49.95	1.20	1.20	-0.05	0.00 #		
DIM D11= POLOHA	CIRCLE C5	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
X 295.90	294.77	2.40	2.40	-1.13	0.00 #		
DIM D12= POLOHA	CIRCLE C5	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
Y 65.00	64.77	1.60	1.60	-0.23	0.00 #		
DIM D13= POLOHA	CIRCLE C5	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
Z -74.10	-73.15	1.60	1.60	0.95	0.00 #		
DIM D14= POLOHA	CIRCLE C6	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
D 6.00	6.00	0.60	0.60	0.00	0.00 #		
DIM D15= POLOHA	CIRCLE C6	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
X 341.40	340.26	2.40	2.40	-1.14	0.00 #		
DIM D16= POLOHA	CIRCLE C6	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
Y 65.00	64.68	1.60	1.60	-0.32	0.00 #		
DIM D17= POLOHA	CIRCLE C6	UNITS=MM					
AX NOMINAL	MEAS	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
Z -74.10	-73.47	1.60	1.60	0.63	0.00 #		

DIM	AX	NOMINAL	MEAS	UNITS=MM	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
D18= POLOHA CIRCLE C7	D	50.00	49.94	MM	0.60	0.60	-0.06	0.00 #
D19= POLOHA CIRCLE C7	X	378.70	378.07	MM	2.40	2.40	-0.63	0.00 #
D20= POLOHA CIRCLE C7	Y	65.00	64.45	MM	1.60	1.60	-0.55	0.00 #
D21= POLOHA CIRCLE C7	Z	-50.60	-50.81	MM	1.20	1.20	-0.21	0.00 #
D22= POLOHA CIRCLE C8	D	5.98	5.98	MM	0.60	0.60	0.00	0.00 #
D23= POLOHA CIRCLE C8	X	406.40	406.38	MM	2.40	2.40	-0.02	0.00 #
D24= POLOHA CIRCLE C8	Y	65.00	64.11	MM	1.60	1.60	-0.89	0.00 #
D25= POLOHA CIRCLE C9	R	10.00	9.70	MM	0.80	0.80	-0.30	0.00 #
D26= POLOHA CIRCLE C9	X	406.40	406.32	MM	2.40	2.40	-0.08	0.00 #
D27= POLOHA CIRCLE C9	Z	-24.10	-24.09	MM	1.20	1.20	0.01	0.00 #
D28= POLOHA LINE A1	X	282.30	283.41	MM	2.40	2.40	1.11	0.00 #
D29= POLOHA BOD B1	Y	130.00	129.90	MM	1.60	1.60	-0.10	0.00 #

END OF MEASUREMENT FOR
 FN=SITZBLECH DWG=B01-281103 SN=02871P34003
 TOTAL # OF MEAS =37 # OUT OF TOL =7 # OF HOURS =00:12:31

Prohlášení:

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 26. května 2006

Podpis:

Declaration:

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121-2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must TUL of this fact, in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the bachelor's thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basic of consultation with the head of the bachelor's thesis and a consultant.

Date: 26th May 2006

Signature: