



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE KOMPLEXNÍ VÝROBY SOUČÁSTI "KRYTKA PC SKŘÍNĚ"

TECHNOLOGY PROJECT FOR GENERAL PRODUCTION OF THE "PC-BOX COVER"

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. DRAHOŠ KŘIVÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. PAVEL RUMÍŠEK, CSC.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Drahoš Křivý

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

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

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 diplomové práce:

Návrh technologie komplexní výroby součásti "Krytka PC skříně"

v anglickém jazyce:

Technology project for general production of the "PC-box cover"

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Zpracujte literární studii z oblastí technologie možných způsobů výroby a projektového řešení komplexní výroby dílce
2. Proved'te zhodnocení technologičnosti konstrukce, funkce, tvarového řešení a současného stavu výroby zadaného dílce
3. Zpracujte návrh možných variant výroby a způsobů řešení výrobního souboru včetně předpovrchových a povrchových úprav a na základě rozboru proved'te výběr optimální varianty
4. Pro vybranou variantu zpracujte návrh nástrojů a celkovou výrobní dispozici - komplexní technologický projekt výroby
5. Zpracujte technicko-ekonomické zhodnocení návrhu

Cíle diplomové práce:

Řešením základních bodů zadání, zahrnujících mimo studii i rozbor problematiky, návrh způsobů řešení s výběrem optimální varianty a jejím zpracováním a ekonomickým posouzením budou prověřeny nejen odborné znalosti studenta, ale i jeho schopnosti dobré profesní orientace při řešení zadaného úkolu z průmyslové praxe.

Seznam odborné literatury:

Odborná literatura z oblasti technologie tváření

Odborná literatura z oblasti technologického projektování

DVOŘÁK, Milan. Technologie II. Brno: VUT – FSI . 2001. 238 s. ISBN 80-214-2032-4

DVOŘÁK, Milan.,GAJDOŠ, František., NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření (Plošné a objemové tváření). Brno: VUT – FSI. 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7

FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. Brno: VUT – FSI .1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6

FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: VUT – FSI . 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. Brno: VUT – FSI .1992.186 s. ISBN 80-214-0401-9

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. Brno: VUT – FSI.1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů. Brno: VUT – FSI. 1987. 201 s.

MILO, Peter. Technologické projektovanie v praxi. Bratislava: Alfa. 1990. 399 s. ISBN 80-05-00103-7

FREMUNT, Přemysl, PODRÁBSKÝ, Tomáš. Konstrukční oceli. Brno: VUT – FSI.1996. 261 s. ISBN 80-85967-95-8

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 18.11.2010




prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

KŘIVÝ Drahoš: Návrh technologie komplexní výroby součásti "Krytka PC skříně".

Projekt vypracovaný v rámci inženýrského studia předkládá návrh technologie komplexní výroby součásti krytky PC – dílce z hlubokotažného ocelového plechu 11 321.

V rámci práce je zpracován popis výrobních operací jako je stříh, ohyb, tah, včetně řešení postupu výroby, nezbytných technologických výpočtů a ideového návrhu konstrukčního řešení nástroje. Komplexní řešení problematiky technologie výroby krytu počítače je doplněno technologickou dispozicí pracoviště, vyjadřující efektivní rozvržení pracovního prostoru a strojů v dílně.

Klíčová slova: tváření, stříhání, ohýbání, tažení, postupové stříhání.

ABSTRACT

KŘIVÝ Drahoš: Technology project for general production of the "PC-box cover".

The project, which was done within the scope of engineering's study shows the proposal of new technology and production organization of a part "PC cover" – a piece done by deep drawing technology from steel sheet of material 11 321.

The study shows some of production operations such as cutting, bending, drawing and shearing, included production method solving. In the project were solved also necessary technological calculations and constructional drafts of forming tool.

The whole work covers a complex solution of problems related to production of PC cover together with technological disposition of workplace which represents effective layout, distribution and designing of workplace and machines, used for production of the part in a workshop.

Keywords: forming, shearing, bending, deep drawing, workshop designing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KŘIVÝ Drahoš: *Návrh technologie komplexní výroby součásti "Krytka PC skříně"*. Brno, 2011. 76 s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Doc.Ing.Pavel Rumíšek, CSc..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 26.5.2011

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto všem vyučujícím za předání cenných informací během mého studia na této fakultě, celé mé rodině za nesmírnou podporu v průběhu celého studia a zvláště pak vedoucímu závěrečného projektu Doc. Ing. Pavlu Rumiškovi, CSc., za velice profesionální, ale přesto příjemný přístup při konzultačních hodinách a za cenné připomínky a rady při vypracovávání diplomové práce.

OBSAH

Zadání

Prohlášení

Poděkování

Anotace

Obsah

	Str.
1. ÚVOD	9
1.1 Představení, technologičnost konstrukce, výroba a užití krytky	10
2. PŘEDSTAVENÍ FIRMY Jiří Valouch – KOVOVÝROBA	11
3. LITERÁRNÍ STUDIE	13
3.1 Technologie tváření	13
3.2 Použitý materiál k výrobě dílce - ocel třídy 11	13
3.3 STŘÍHÁNÍ	15
3.3.1 Technologické zásady stříhání	16
3.3.2 Způsoby stříhání	16
3.3.3 Pracovní úkony při stříhání	18
3.3.4 Střížná plocha	18
3.3.5 Základní pojmy při stříhání	21
3.3.6 Nástřihový plán a rozměry můstku	22
3.3.7 Těžiště střížných sil	23
3.3.8 Rozměry střížníků a střížnice	24
3.3.9 Materiály střížníků, střížnic a dalších nástrojů	26
3.3.10 Pevnostní výpočet střížníku	27
3.3.11 Ideový návrh postupového stříhadla	27
3.4 OHYB	28
3.4.1 Princip ohýbání	28
3.4.2 Průběh ohýbání, síla a práce při ohybu	30
3.4.3 Stanovení délky polotovaru	31
3.4.4 Odpružení	31
3.4.5 Přibližný výpočet velikosti odpružení	32
3.4.6 Velikost síly a práce při ohybu do tvaru V a U	33
3.4.7 Celková ohýbací síla	34
3.4.8 Minimální poloměr ohybu	35
3.5 LISOVÁNÍ, TAŽENÍ	35
3.5.1 Lisování	35
3.5.2 Tažení	35

3.6 POVRCHOVÁ ÚPRAVA	38
3.6.1 Čištění povrchu	38
3.6.2 Předpovrchová úprava pro zvýšení antikorozi ochrany	39
3.6.3 Lakování	40
3.7 NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ	41
3.7.1 Povlakoměry a tloušťkoměry	41
4. ZHODNOCENÍ A NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY	42
4.1 Zhodnocení technologičnosti konstrukce, výroby a užití krytky	42
4.2 Zhodnocení stávající výroby	42
4.3 Návrh nové technologie výroby	43
4.4 Výhody a nevýhody nové technologie výroby	43
5. KONSTRUKČNÍ A TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY	44
5.1 Krytka počítače	44
5.2 Nástřihový plán	45
5.3 Výběr optimální varianty a hodnocení efektivnosti projektového řešení	51
5.4 Výpočty sil a volba lisu	52
5.5 Technicko-ekonomické hodnocení	60
5.5.1 Výroba z tabule plechu	60
5.5.2 Výroba ze svitku plechu	64
5.5.3 Technicko-ekonomické porovnání – volba optimální varianty	65
5.5.4 Ocenění některých součástí postupového stříhadla	68
5.6 Návrh postupového stříhadla	68
5.7 Náklady spojené s povrchovou úpravou dílce	70
6. TECHNOLOGICKÝ PROJEKT DÍLNY	74
7. ZÁVĚR	76

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam příloh

1. ÚVOD [1]

Technologie vždy byly a budou neoddělitelnou součástí strojírenského průmyslu. Obecně lze technologie na zpracování kovů a jiných technických materiálů rozdělit do několika oborů jakými jsou například tváření, obrábění, svařování a slévárnictví.

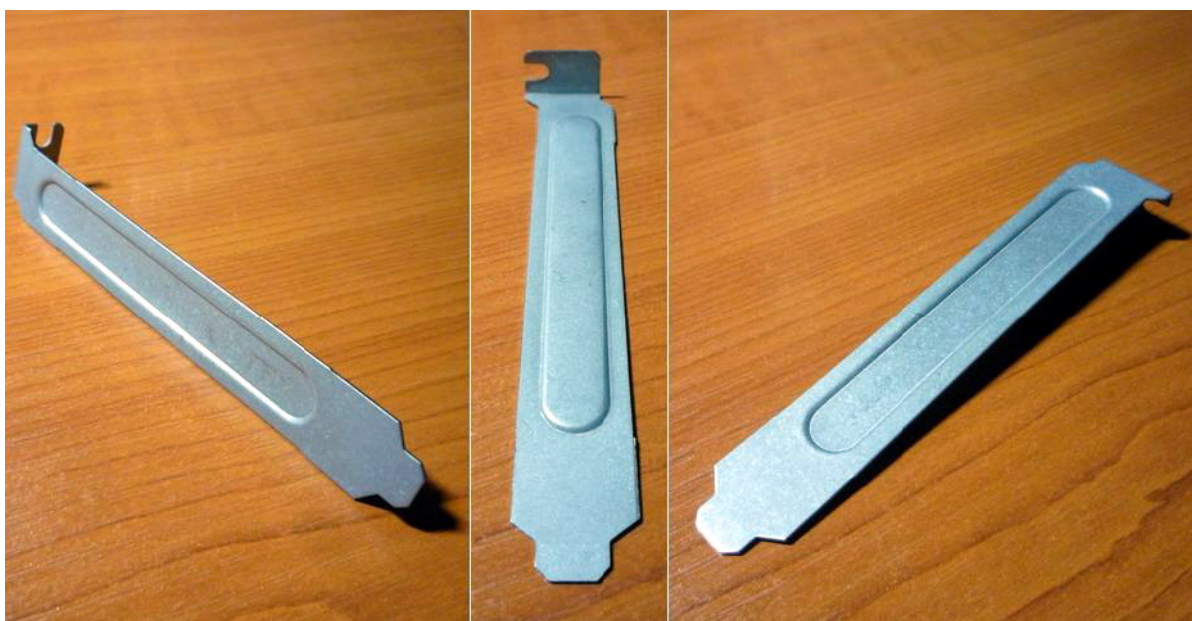
K nejvýznamnějším oborům z hlediska přesnosti a množství při výrobě strojních součástí patří v nynější době obrábění a tváření. Při klasickém obrábění dochází ke vzniku odpadu formou třísek, přičemž technologie tváření je tzv. beztržisková.

Technologie tváření využívá plastické deformace zpracovávaného materiálu a lze ji rozdělovat na tváření plošné a objemové. Při plošném tváření je plech tvarován do požadovaného tvaru (plošného i prostorového), aniž by při tom docházelo k výrazné změně jeho tloušťky (technologie stříhání, ohýbání, tažení atd.). U objemového tváření dochází ke změně průřezu polotovaru (technologie kování, protlačování atd.).

Tato diplomová práce je zaměřena na výrobu zadané krytky počítače (obr. 1.1) ve firmě Jiří Valouch - KOVOVÝROBA v požadovaném množství výroby 500.000ks krytek za rok, tzn. velkosériová výroba. Bude se zde, ale zvažovat i malosériová výroba, kdy by se krytka vyráběla v malých sériích.

Krytky můžeme vyrábět pomocí postupového stříhání z pásu plechu nebo svitku. Požadavek na přesnost výroby krytky není velký, takže většina rozměrů je netolerovaných.

Dále se zde bude ve spolupráci s touto firmou navrhovat uspořádání výroby v nové výrobní hale, protože stávající zázemí hal již nevyhovuje požadavkům na rozšíření výroby.



Obr. 1.1 - Vyráběná součást – krytka počítače

1.1 Představení, technologičnost konstrukce, výroba a užití krytky

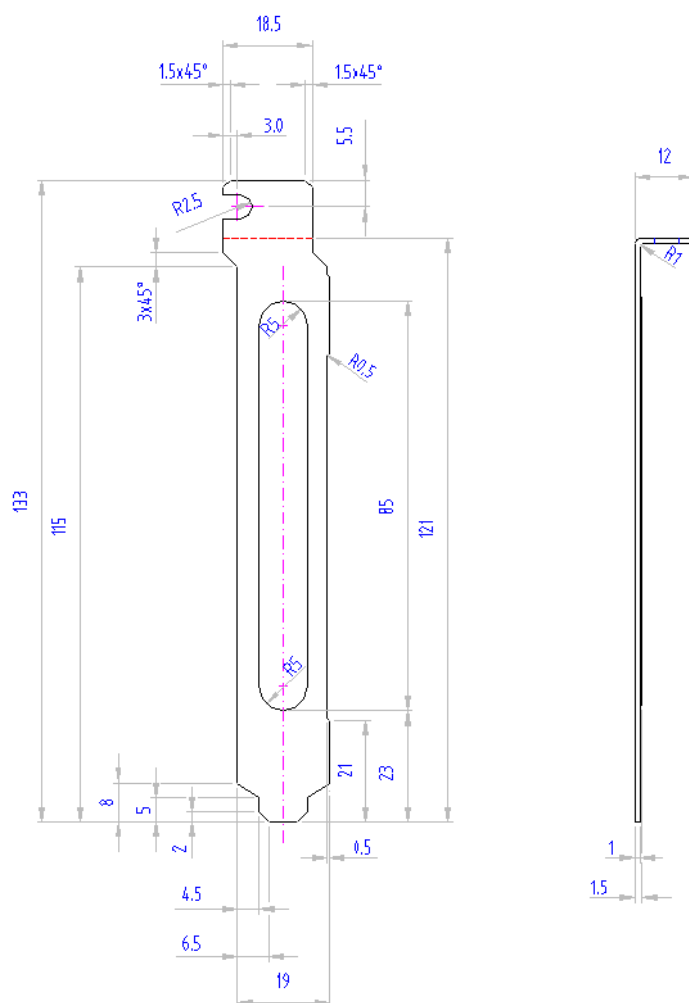
Krytka (obr. 1.2) má mít takový tvar, aby se dal zhotovit při nejnižších výrobních nákladech a přitom splňoval svoji funkci.

Zadaná krytka splňuje z hlediska funkčnosti všechny vlastnosti, jako je například druh zvoleného materiálu pro výrobu, který je 11 321. Ten je dostatečně lehký a pevný. Celková tuhost (tzn. pevnost a odolnost vůči ohybu) krytky je ještě zvýšena dodatečným vytvořením prolisu na boku krytky.

Výroba krytky je poměrně jednoduchá a spočívá v přesném stříhání (například, aby nebylo nutné řešit odjehlení), dále pak v prolisování a ohybu. Povrchová úprava krytky se běžně nedělá, ale na přání zákazníka je možné krytku fosfátovat, chromátovat, případně lakovat.

Celkový tvar krytky slouží především k zakrytování nevyužitých děr pro AGP a PCI sloty, které jsou umístěny na zadní straně počítače a odpovídá k jednoduchému použití jako je vsunutí, uchycení a přišroubování do počítačové skříně.

Není již potřeba dalšího těsnění, krytka sama o sobě dostatečně zabráňuje vnikání prachu do počítače a narušování hardwaru.



Obr. 1.2 – Krytka počítače

2. PŘEDSTAVENÍ FIRMY Jiří Valouch – KOVOVÝROBA [15]

Jiří Valouch

KOVOVÝROBA

ZÁMEČNÍCKÉ PRÁCE, OBRÁBĚNÍ A TVÁŘENÍ

O firmě:

měření, dílenská výroba a montážní práce

- nerezové a ocelové zábradlí
- schody a schodiště
- brány, vrata, ploty a mříže
- nerezové obklady a opláštění
- potrubní a armaturní díly
- měděné a mosazné díly

Nabízíme zámečnictví, pasířství, kovoobrábění, tváření a stříhání plechů.
Dodáváme nerezové a ocelové konstrukce, ohýbání plechů a trubek malého průměru.
Zakázková výroba.

Adresa: Obřanská 23, 614 00 Brno – Maloměřice



Obr. 2.1 – Sídlo firmy Jiří Valouch - KOVOVÝROBA

Stávající výrobní prostory firmy:



Obr. 2.3 – Stávající výrobní prostory

Ukázka nedávné výroby firmy:



Obr. 2.4 – Výrobky firmy

2. LITERÁRNÍ STUDIE [1][2][4][7][8][9]

3.1 Technologie tváření [4] [7]

Tvářením kovů rozumíme technologický (výrobní) proces, při kterém dochází k požadované změně tvaru výrobku nebo polotovaru, příp. vlastností, v důsledku působení vnějších sil. Podstatou tváření je vznik plastických deformací, ke kterým dojde v okamžiku dosažení napětí na mezi kluzu pro daný materiál. Deformace je vyvolána napětím, které v materiálu působí tvářecí nástroj. Tváření kovů je podmíněno jejich tvařitelností, tj. schopnosti plastického přetvoření bez porušení soudržnosti.

Nejdůležitější rozdělení technologií pro zpracování kovů je podle fyzikální podstaty dějů, tzn. podle vztahu teploty tvářeného materiálu k teplotě rekrytalizace (přibližně 0,4 teploty tání kovu).

Technologii tváření lze rozdělit podle různých hledisek, například na tváření za tepla, za studena a za poloohřevu atd.. Mezi nejpoužívanější tvářecí technologie patří volné a zápusťkové kování, válcování, protlačování, lisování, stříhání, ohýbání, tažení, ražení.

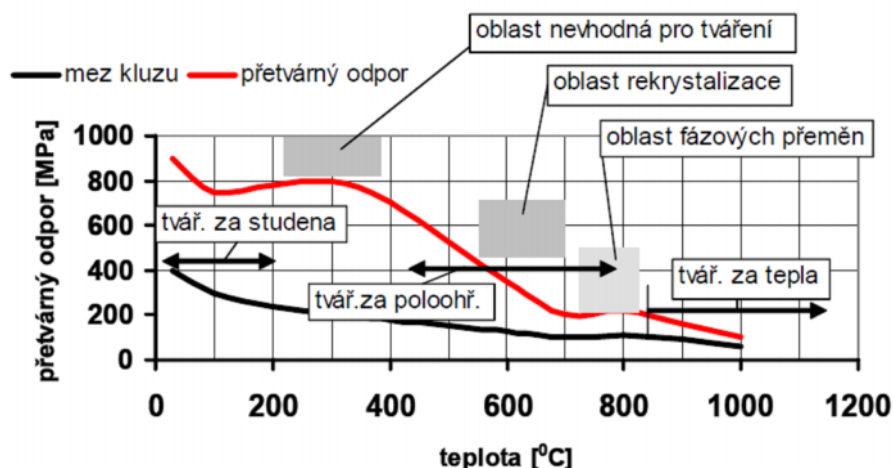
Tváření kovů za teplot (obr. 3.1) [4] [7]

Tváření za studena (tváření pod rekrytalizační teplotou, pod hodnotou 30 % teploty tání tvářeného materiálu), kdy dochází ke zpevňování materiálu a zrna se deformují ve směru tváření, vytváří se textura. Zpevněním se zvyšují mechanické hodnoty (mez pevnosti a mez kluzu) a klesá tažnost.

Výhodou je vysoká přesnost rozměrů, kvalitní povrch (nenastává okujení) a zlepšování vlastností zpevněním. Nevýhodou je nutnost používat velké tvářecí síly, nerovnoměrné zpevňování a omezená tvárnost materiálu;

Tváření za poloohřevu představuje kompromis mezi tvářením za studena a za tepla. Probíhá od teplot těsně pod rekrytalizační oblastí.

Tváření za tepla probíhá nad rekrytalizační teplotou (nad hodnotou 70 % teploty tání daného materiálu). Materiál se nezpevňuje a k tváření stačí síly až desetkrát menší, než u tváření za studena. Nevzniká textura, ale povrch je nekvalitní vlivem okujení.



Obr. 3.1 – Tváření kovů za tepla

3.2 Použitý materiál k výrobě dílce - ocel třídy 11 [9]

Obecný popis třídy 11. Jedná se o oceli konstrukční nelegované. Mají předepsané mechanické vlastnosti a obsah uhlíku (C), fosforu (P) a síry (S). Vyrábí se ve variantách automatová ocel a ostatní ocel. Používá se pro součásti vyráběné na automatech (čepy, kolíky), na hřebíky a strojní součásti.

Materiál 11 321 [1]

patří do skupiny nelegovaných, jakostních ocelí na středně hluboký tah. Z ocelí této skupiny se vyrábějí tvářením za studena, ale také za tepla, plechy vhodné pro další zpracování za studena. Je vhodná k lakování, pokovování v tavenině, potisku a smaltování (neuklidněné oceli). Svařitelnost zaručená.

K probíhání plastické deformace při tažení již při nízkém napětí, se požaduje co nejnižší mez kluzu. Nejjakostnější mají mez kluzu max. 160Mpa, tažnost minimálně 45%. Poměr $R_e : R_m \cdot 100$ u jakostních ocelí je asi 60%, u běžných ocelí je vyšší než 75%. Pokud je tento poměr dostatečně nízký, plech při tvářením nepruží a dá se lehce deformovat.

Hlubokotažné oceli musí mít plastické vlastnosti v celém tvářeném objemu, vyhovující tloušťkovou toleranci, minimální sklon ke stárnutí a nízkou cenu. Při lisování se nemají tvořit na povrchu deformační čáry. Technické dodací podmínky hlubokotažných plechů udává ČSN 42 0128, rozměry ČSN 42 5302.

Mez kluzu zvyšuje zejména uhlík, jehož obsah se proto snižuje pod 0,10%. Matrici má tvořit ferit s malým množstvím perlitu. Ve struktuře nemá být vyloučen na hranicích zrn terciální cementit, který snižuje plastické vlastnosti.

Chemické složení oceli 11 321:

$$C_{\max} = 0,10\%,$$

$$S_{\max} = 0,035\%,$$

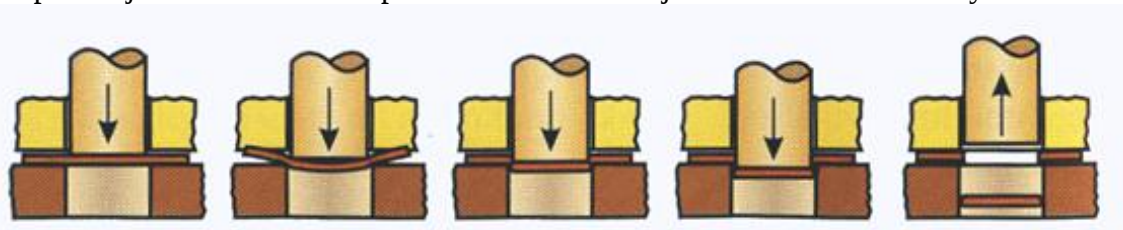
$$P_{\max} = 0,035\%,$$

$$Mn_{\max} = 0,45\%.$$

3.3. STŘÍHÁNÍ (obr. 3.2) [2]

Technologie stříhání je nejrozšířenější způsob zpracování plechu, ať se jedná o finální výrobek nebo polotovary určené k dalšímu zpracování.

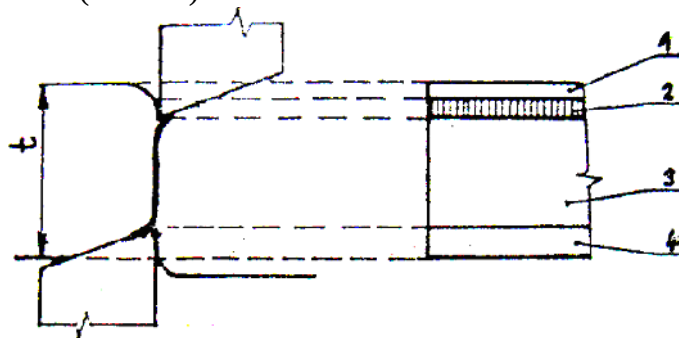
Stříhání spočívá v oddělování materiálu protilehlými břity nožů. Oddělení nenastane přesně v žádané rovině. Je to proto, že materiál je elastický, tvárný a smykové napětí způsobuje tlak nožů na celé ploše. Proces stříhání je víceméně čistému smyku.



Obr. 3.2 - Princip stříhání pomocí stříhadla

V první fázi je oblast pružných deformací, kdy se materiál stlačuje a ohýbá a vtlačuje se do otvoru střížnice. Druhou fází je oblast plastických deformací. Střížník se vtlačuje do plechu a ten do otvoru střížnice a napětí překračuje mez kluzu a na hranách střížníku a střížnice se blíží mezi pevnosti. Ve třetí fázi začínají na hranách vznikat trhlinky, ty se rozšiřují až dojde k utržení (usmýknutí) materiálu. Výstřížek se oddělí dříve, než projde střížník celou tloušťkou stříhaného materiálu a následně je výstřížek vytlačen. S ohledem na to nejsou okraje stříhových ploch zcela rovinné a střížná plocha má určitou drsnost, která není v ploše rovnoměrně rozdělená. Místa, kde došlo k prvnímu výskytu trhlin, jsou drsnější, než ostatní střížné plochy. Oddělení však nenastane přesně v žádané rovině a to proto, že materiál je elastický, tvárný a napětí způsobuje tlak nožů na celé ploše – podle toho rozeznáváme na odstříhnuté ploše různá pásma.

Střížná plocha má tvar písmene „S“. Stříhání probíhá ve 3 fázích a střížná plocha se skládá ze čtyř pásem (obr. 3.3):



Obr. 3.3 - Stříhání

- 1 – pásmo zaoblení – první fáze stříhání představuje oblast pružné deformace. Bývá 5 až 8% tloušťky stříhaného materiálu.
- 2 – pásmo vlastního stříhu – druhá fáze stříhání představuje oblast plastické deformace a činí v závislosti na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu 10 až 25% jeho tloušťky
- 3 – pásmo utržení – třetí fáze stříhání představuje nejširší oblast na střížné ploše. Šířka pásma přibývá s tvrdostí a křehkostí materiálu. Dochází zde k oddělení materiálu.
- 4 – pásmo otláčení od spodního nože – v závislosti na vlastnostech stříhaného materiálu a střížné vůli může dojít v pásmu otláčení k výskytu i ostřiny v důsledku vytažení materiálu tahovými složkami napětí.

3.3.1 Technologické zásady stříhání [2]

Výstřížek má mít takový tvar, aby se dal zhotovit při nejnižších výrobních nákladech a přitom splňoval svoji funkci. Tvar výstřížku a jeho uspořádání na pásu ovlivňuje hospodárné využití stříhaného materiálu. Při stříhání vzniká tzv. technologický odpad a konstrukční odpad.

Hospodárné využití materiálu(pásu) se zjišťuje výpočtem stupně využití materiálu, který má být větší než 70%. Základem výpočtu spotřeby materiálu(plechu) polotovary běžných rozměrů je nástřihový plán, který může být kusový nebo skupinový.

3.3.2 Způsoby stříhání [2]

Stříhat je možné z hlediska konstrukce nožů a jejich pohybu:

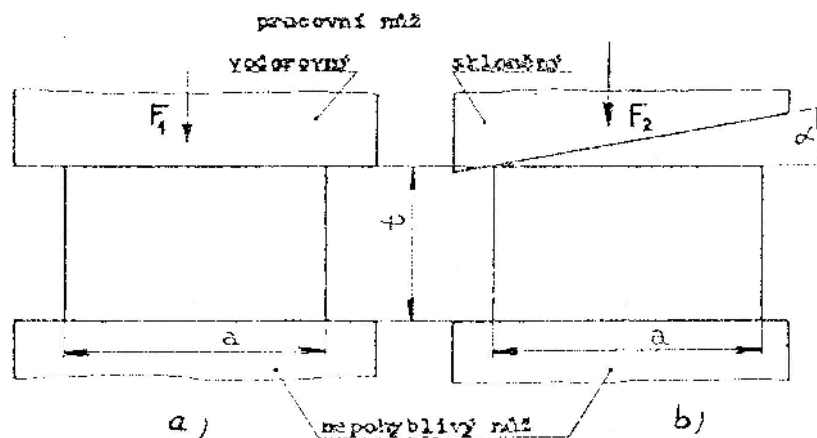
- rovnoběžnými noži – ostří nožů jsou rovnoběžná (např. tabulkové strojní nůžky)
- kotoučovými noži
- skloněnými noži – ostří nožů jsou k sobě skloněna pod určitým úhlem (např. pákové nůžky)

Stříhání rovnoběžnými noži (obr. 3.4)

Při stříhání nepůsobí střížné síly ideálně v rovině, mezi noži musí být určitá mezera. Nevýhodou stříhání s vodorovnými noži je velká okamžitá střížná síla působící rázem. Velikost maximální teoretické střížné síly F_s .

Stříhání skloněnými zuby (obr. 3.4)

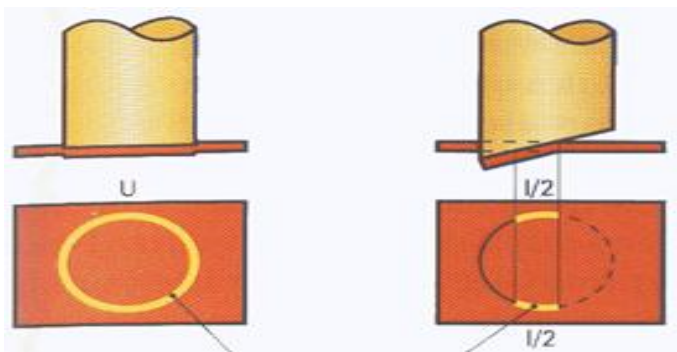
Je výhodné proto, že se při uvedeném způsobu snižuje celková potřebná střížná síla vzhledem k stříhání rovnoběžnými noži. Materiál při stříhání, které svírají úhel α , se stříhají postupně a tím dochází ke zmenšení rázů při stříhání. Určitou nevýhodou tohoto stříhání je deformace ustřižené části, ke které dochází jejím postupným ohýbáním při postupujícím šikmým nožem.



Obr. 3.4 Stříhání rovnoběžnými noži

Stříhání skloněnými zuby

$$F_1 > F_2$$



Obr. 3.5 - Porovnání délky stříhu při stříhání rovnými, resp. šikmými noži

Stříhání rovnoběžnými noži

Maximální teoretická střížná síla: (3.1)

$$F_s = S \cdot \tau_{ps} \cdot n \quad \text{kde: } n - \text{součinitel otupení [-]}$$

S – plocha původního průřezu ve střížné rovině [mm²]
 τ_{ps} – pevnost ve stříhu $\Rightarrow 0,8R_m$ [MPa]

Při skutečném stříhání nevzniká „čistý“ smyk (stříh), ale kombinované namáhání. Částečným ohybem materiálu se mění průřez směrem k vyšším hodnotám a s přihlédnutím i k otupení nožů se skutečná maximální střížná síla zvětší o 15 až 30%.

Maximální střížná síla: (3.2)

$$F_{s \max} = (1,15 \div 1,30) S \cdot \tau_{ps}$$

Střížná práce (rovnoběžné nože): (3.3)

$$A = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{F_{s \max} \cdot t}{2} \cdot \lambda \quad \text{kde: } t - \text{tloušťka materiálu [mm]}$$

λ - součinitel plnosti [-]

Stříhání skloněnými zuby

Maximální teoretická střížná síla: (3.4)

$$F_{steor} = \frac{1}{2} \cdot \frac{t^2}{\tan \alpha} \cdot \tau_{ps}$$

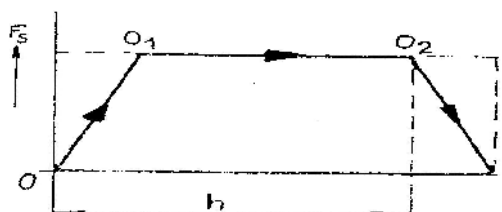
kde: t – tloušťka materiálu [mm]

α - úhel sklonu nožů: $1^\circ 30'$ - tabulové nůžky [°]

$7^\circ \div 20^\circ$ - pákové nůžky [°]

Teoretická hodnota potřebné práce ke stříhání (obr. 3.6): (3.5)

$$A = F_{steor} \cdot h \quad \text{kde: } h - \text{dráha při stříhání [mm]}$$



Obr. 3.6 - Dráha při stříhání

3.3.3 Pracovní úkony při stříhání [2]

Do stříhání se zařazují pracovní úkony:

1. prostřihování – tj. hotovení součástí nebo polotovarů určitých vnějších tvarů jejich oddělením od materiálu, zbytek tj. vnější část materiálu je odpad
2. děrování - tj. hotovení otvorů kruhových nebo jiných tvarů nebo jejich skupin v materiálu nebo polotovaru, vystřižená část je odpad
3. nastřihování – tj. částečné nastřižení materiálu v určité délce
4. přestřihování – tj. oddělení materiálu po délce nebo šířce nebo rozdělení výrobku na několik částí
5. ostřihování – tj. odstraňování přebytečného materiálu, otřepů apod. na zpracovaném tovaru
6. přistřihování – tj. dodávání přesných tvarů již prostřižené nebo ostřižené součásti
7. protrhování – tj. nastřižení a současné vyhnutí materiálu v nastřiženém místě, vyhnutí tvoří výstupky a hroty(struhadla)

3.3.4 Střížná plocha [2]

U některých součástí zhotovených stříháním z plechu se často žádá, aby jejich střížné plochy byly čisté, hladké a kolmé na povrchu plechu. Toto se do dosahuje:

1. prostřihováním nebo děrováním s přidržením (tzv. přidržovačem)
2. prostřihováním střížníkem větším než je střížnice
3. přistřihováním, seříznutím přídatku (vnější i vnitřní obrys)

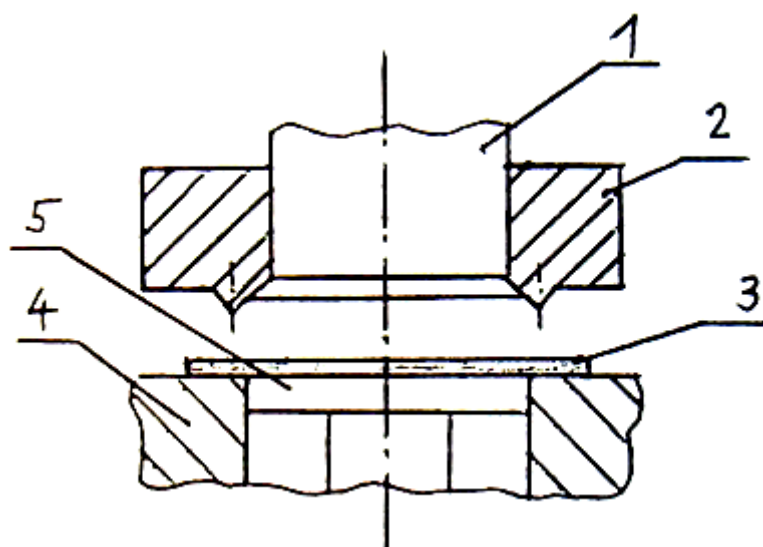
U prvního a druhého způsobu je součást zhotovena na jednu operaci, kdežto u způsobu třetího je zapotřebí teprve součást nebo otvor prostřihnout normálním způsobem a pak ji prostřihnout, jako zvláštní druhou operací, dokončit. Přesnost dosahovaná těmito způsoby je podle tloušťky materiálu 0,01 až 0,04mm.

Prvních dvou způsobu je možné použít u plechů a pásů do tloušťky 5 a 6mm, někdy až 12mm. Pro přesné stříhání je vhodný materiál do pevnosti 60 až 70kg/mm², tvrdší materiál se v místě stříhu snadno dříve utrhne a řezná plocha je vytržena.

Dalšími metodami zaměřenými k dosažení kvalitní střížné plochy jsou:

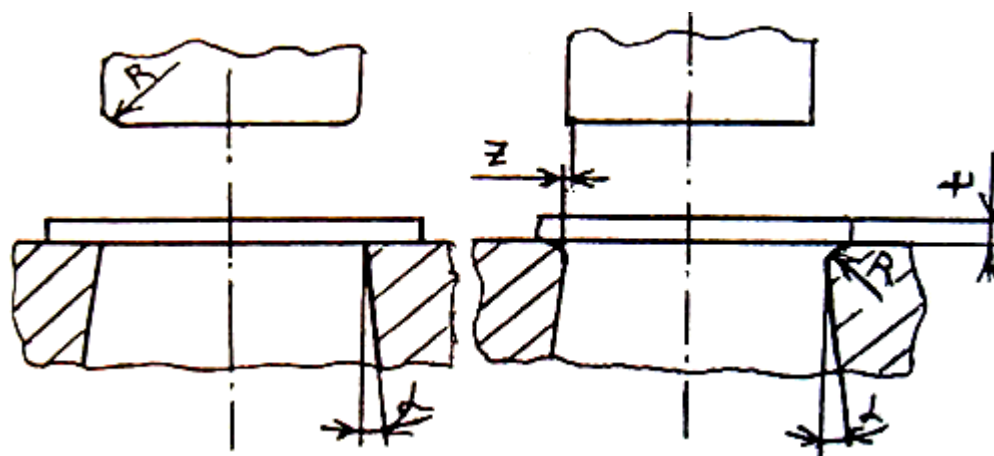
4. přesné stříhání
5. vystřihování se zaoblenými střížnými hranami
6. přistřihováním
7. kalibrováním

U přesného stříhání stříhaný materiál, procházející nástrojem, je v počáteční fázi sevřen mezi přídržovačem a střížnicí, takže tlačná hrana je vtlačena do materiálu ještě před vlastním stříhem (obr. 3.7). Materiál se při vystřihování neprotrhne, přičemž radiální složka pružení, která vznikne jako následek pružné deformace, je zachycována tlačnou hranou.



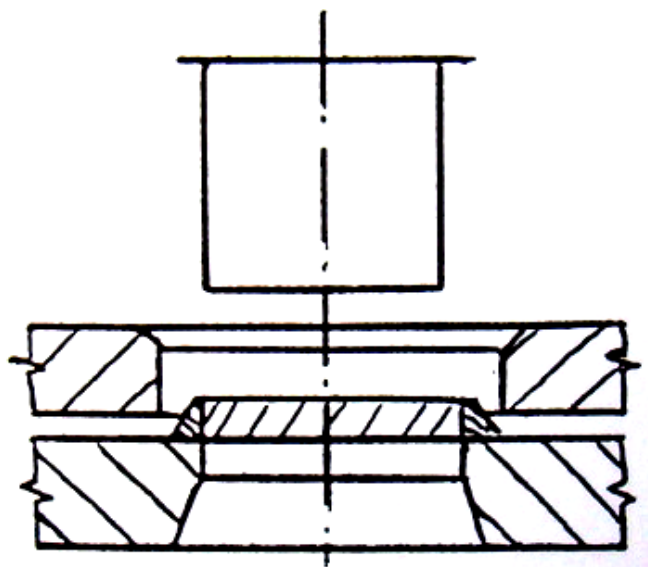
Obr. 3.7 - 1-střížník, 2 -přídržovač s tlačnou hranou, 3 -materiál, 4 -střížnice, 5 – vyhazovač

Při vystřihování se zaoblenými střížnými hranami (obr. 3.8) na střížnici nebo střížníku se dosáhne hladké a kolmé střížné plochy, protože materiál je při stříhu částečně dopředně protlačován.



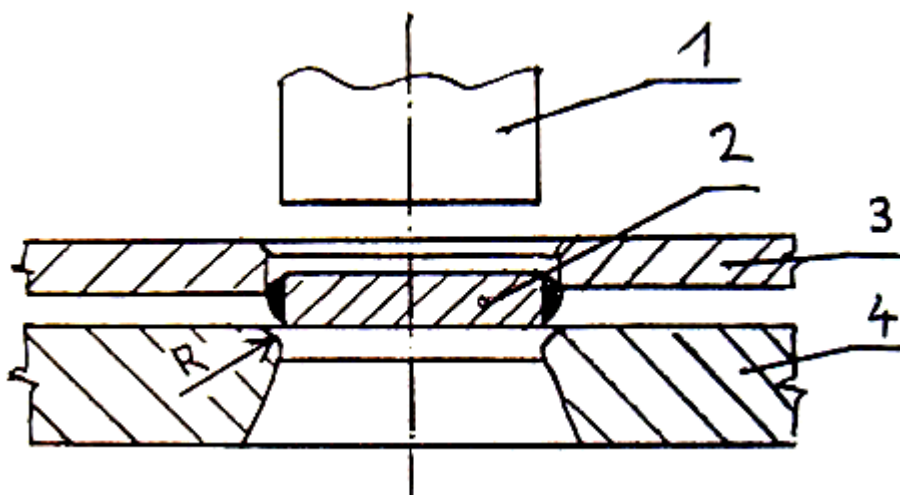
Obr. 3.8 - Vystřihování se zaoblenými střížnými hranami

Princip přistřihování (obr. 3.9) je v oddělování malého množství kovu ze střížné plochy. Je to v lisovací technice jediná technologie, při které se odděluje tříska. Na střížné ploše je při běžném stříhání ponechán přídavek, který se přistřihováním odstraní.



Obr. 3.9 - Schéma způsobu přistřihování

Kalibrováním lze dosáhnout kvalitních výstřižků, které mají přesné rozměry. Kalibrování je možnost provádět na vnějším obrysu výstřižku nebo v otvoru. Schéma kalibrování vnějšího obrysu výstřižku (obr. 3.10).



Obr. 3.10 - Schéma kalibrování: 1 –střižník, 2 –polotovar, 3 –základní deska, 4 –střižnice

3.3.5 Základní pojmy při stříhání [2]

Dělení: výrobní proces, při němž dochází ke změně tvaru pevného tělesa a přitom se místně odstraní soudržnost.

Dělení beztrískové: Výrobní proces, při němž dochází ke změně tvaru pevného tělesa a přitom se místně odstraní soudržnost bez vzniku odpadu.

Stříhání: proces, při němž je materiál oddělen smykovým namáháním.

Stříhání plošné: dělení plošného útvaru (plechů) podle uzavřeného a neuzavřeného obrysu při konstantní stříhané tloušťce.

Stříhání objemové: dělení profilu podle neuzavřeného obrysu noži, které se míjejí při proměnné stříhané tloušťce.

Vystřihování: proces, při němž je materiál oddělen podle uzavřené čáry stříhu působením dvojice nástrojů (střížník – střížnice), při němž se nástroje prostupují (pronikají).

Lámání: dělení ohybovým nebo krutovým namáháním, jímž se obrobek na určitém místě namáhá nad svou pevnost v lomu.

Stříh: výsledek stříhání a vystřihování.

Střížnice: část stříhadla, zpravidla pasivní, působící z vnější strany proti části střížníku.

Střížník: část stříhadla, zpravidla aktivní, působící zevnitř proti části stříhadla – střížnici.

Fasetka: ostří střížnice, od které je střížnice uvolněna pro odvod výstřížku.

Střížná vůle: součet mezer po obou stranách průřezu mezi střížníkem a střížnicí.

Střížná mezera: polovina střížné vůle.

Lom: nekvalitní střížná plocha vzniklá usmýknutím.

Přístříh: polotovár získaný stříháním nebo vystřihováním plošného útvaru (plechu).

Ústřížek: výsledná část vzniklá objemovým stříháním profilů.

Stírání: odstranění výrobku nebo odpadu z činné části nástroje.

Můstek: část odpadu mezi dvěma nebo více výstřížky.

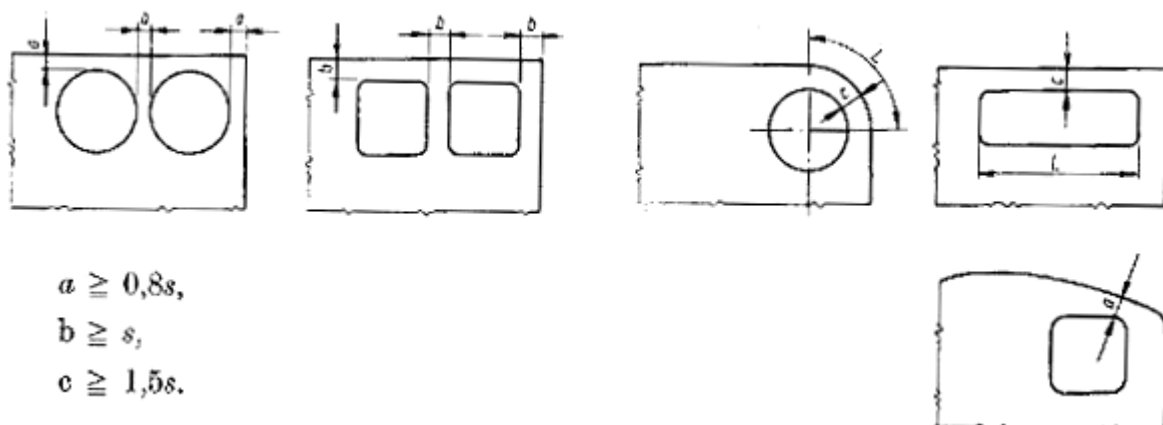
Krok: vzdálenost, o níž se posouvá materiál vůči nástroji, tj. rozteč dvou po sobě jdoucích pracovních poloh.

Stříhadlo, střížný nástroj: nástroj tvořený dvěma spolupracujícími částmi (střížník – střížnice; pevný nůž – pohyblivý nůž).

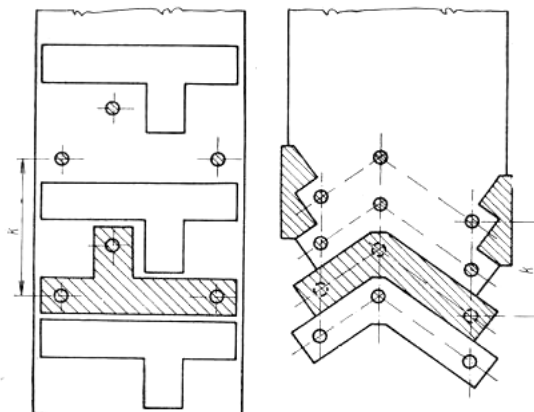
3.3.6 Nástřihový plán a rozměry můstků [2]

Při zpracování nástřihového plánu (obr. 3.11 a 3.12) je nutno určit:

- 1) šířka pásu – zde je nutno stanovit uspořádání výstřižků na pásu, určit velikost přepážky a okrajů
- 2) počet kusů z pásu – ji-li pás uštěpen z tabule, je jeho délka známa, při stříhání ze svitku je možno počítat počet na 1 metr délky pásu
- 3) procento využití pásu – určí se ze vztahu: $Využití = (n \cdot F_v) / F_p \cdot 100[\%]$, kde n je počet kusů z pásu, F_v je plocha hotového výstřižku, F_p je plocha pásu. Procento využití má význam hlavně při použití několika variant rozmístění výstřižků, kdy slouží jako ukazatel, která varianta je vhodnější.
- 4) počet pásů z tabule – podle šířky pásu se vypočte, kolik pásů je možno z tabule uříznout
- 5) počet výstřižků z tabule – vypočte se jako počet výstřižků z pásu x počet pásů
- 6) procento využití tabule – určí se ze vztahu: $Využití\ tabule = (n \cdot F_v \cdot k / F_t) \cdot 100[\%]$, kde k je počet pásů z tabule, F_t je plocha tabule.



Obr. 3.11 - Otvorům kruhového průřezu je třeba vždy dát přednost.
Uvedené údaje jsou pro polotvrký plech o pevnosti 500 Mpa



Obr. 3.12 - Rozvětvené tvary výstřižku jsou velmi neúspěšné, třeba hledat tvary spojitě, tzn. čím je jednodušší obrys, tím je snazší a levnější výroba nástroje a jeho údržba.

3.3.7 Těžiště střížných sil [3]

Stříhá-li se současně několika střížníky na lisu, musí výslednice střížných sil působit v ose lisu. Kdyby tato síla působila mimo osu, byl by beran zatížen značným klopným momentem, což by se projevilo menší přesností výrobků, snížením životnosti nástroje i předčasným opotřebením beranu lisu.

Působíště výslednice zjistíme buď graficky (obr. 3.13) nebo početně. A protože tloušťka i mechanické vlastnosti materiálu jsou stejné, bude velikost střížných sil přímo úměrná obvodu děrovaného otvoru. My použijeme početní metody, která vychází z podmínky rovnovážného stavu, tj. že součet momentů sil ke zvolené přímce je roven nule.

$$F_x \cdot X = F_1 \cdot a + F_2 \cdot b + F_3 \cdot c + F_4 \cdot d \quad \text{kde: } F_x = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \quad (3.6)$$

X – vzdálenost výslednice sil od osy y [mm]

Y – vzdálenost výslednice sil od osy x [mm]

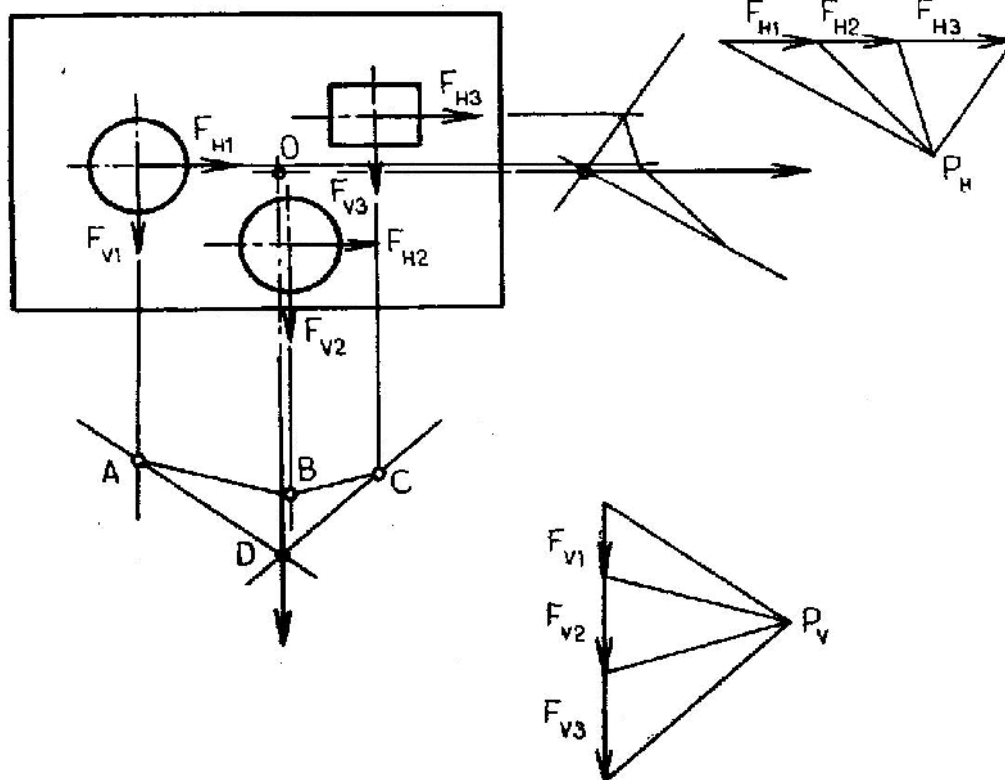
a, b, c, d – vzdálenosti od osy y [mm]

a_1, b_2, c_3, d_4 – vzdálenosti sil od osy x [mm]

z toho plyne:

(3.7)

$$X = \frac{F_1 \cdot a + F_2 \cdot b + F_3 \cdot c + F_4 \cdot d}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4} \quad Y = \frac{F_1' \cdot a_1 + F_2' \cdot b_1 + F_3' \cdot c_1 + F_4' \cdot d_1}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}$$



Obr. 3.13 - Grafické určení těžiště střížných sil

3.3.8 Rozměry střížníků a střížnice [2]

Přesnost výrobku bude hlavním činitelem ovlivňující tolerance střížných nástrojů (obr. 3.14 a 3.15).

Výrobky mohou být požadovány v těchto třídách přesnosti:

Nižší přesnost: IT14, IT15, IT16

Střední přesnost: IT11, IT12

Zvýšená přesnost: IT6, IT7, IT8, IT9

Číselné hodnoty tolerancí viz příloha 2.

Střížné nástroje musejí být minimálně o třídu přesnější. Tolerance střížných nástrojů je ovlivněna jen tehdy, je-li velikost střížné vůle větší než výrobní tolerance nástrojů. Závislost tolerancí nástrojů na velikosti nástroje a vůli je uvedena v tabulce 1 viz příloha.

Rozměr stříhadel je určen rozměrem výstřížku nebo otvoru s příslušnou tolerancí. Při vystřihování bude mít min. rozměr střížnice roven jmenovitému rozměru výrobku D [mm] zmenšenému o dovolenou úchylku výrobku T_s [mm].

$$D_{\min} = D - T_s \text{ [mm]} \quad (3.8)$$

Jmenovitý rozměr střížnice pak musí být zvětšen o výrobní toleranci střížnice T_E [mm] (tj. bude vyroben s přídavkem 0 až T_E)

$$D_s = D - T_s - T_E \text{ [mm]} \quad (3.9)$$

Bude-li vyrobena střížnice s nulovým přídavkem, tedy:

$$D = D - T_s \text{ [mm]} \quad (3.10)$$

-budou rozměry výstřížku na spodní hranici dovolené tolerance výrobku, protože přesné výstřížky třídy IT6, IT7, IT8, IT9 by měly být blízko této hodnoty, dosadí se za T_s [mm] plná hodnota úchylky výrobku. Pro méně přesné výrobky třídy IT11 až IT16 se použije jen $0,8T_s$.

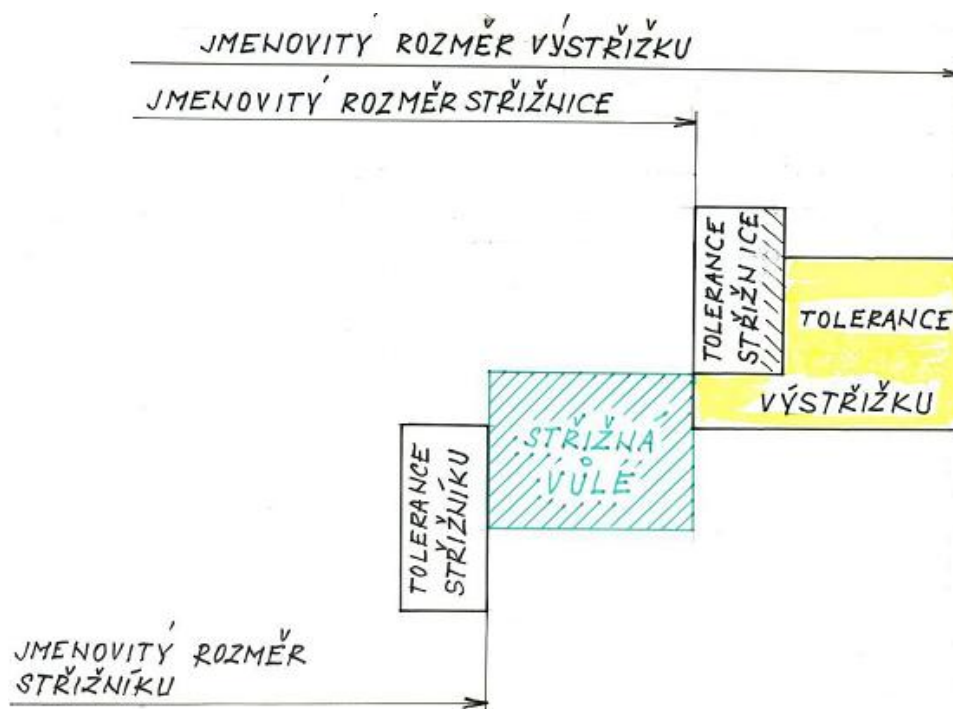
Podobně se postupuje při stanovení rozměrů „ $d_{\max}$ “ a tolerance střížníku, jímž má být vyroben otvor daného rozměru „ d “ s úchylkou $+T_s$.

$$d_{\max} = d + T_s \text{ [mm]} \quad (3.11)$$

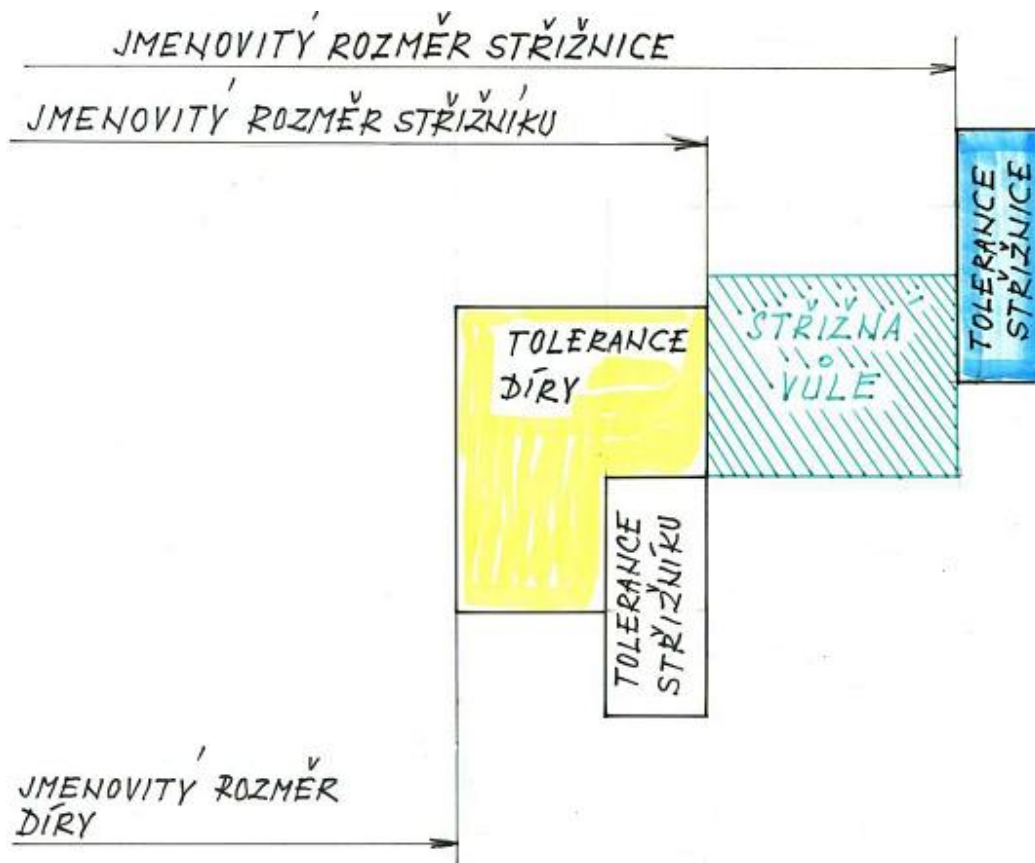
Protože střížník bude vyroben ve výrobních tolerancích, musí se $d_{\max}$ o hodnotu tolerance T_s zmenšit.

$$d_{\max} = (d + T_s) - T_a \text{ [mm]} \quad (3.12)$$

Stejným způsobem se určí rozměry pro jiné způsoby vyznačení tolerancí výrobku.



Obr. 3.14 - Výstřížek – určení rozměrů střížnice a střížníku [3]



Obr. 3.15 - Zhotovení otvoru – určení rozměrů střížníku a střížnice [3]

3.3.9 Materiály střížníků, střížnic a dalších nástrojů [9]

Materiály střížníků

Jako materiál střížníku se používá nejčastěji nástrojová ocel. Tato ocel získá po následné tepelné úpravě vhodné vlastnosti pro stříhání jako je tvrdost a pevnost.

Některé materiály vhodné pro střížníky:

19 421, 19 436, 19 312, 19 313, 19 601, 19 573

Materiály střížnic

Některé materiály vhodné pro střížníky: 19 312, 19 313, 19 436, 19 437, 19 573

Další možné materiály používané na nástroje se zřetelem na koncepcí nástroje, funkci jednotlivých dílů a požadavků na dobu životnosti se na součásti řezných skříní a hlavice lze použít i těchto druhů materiálů:

Desky (tj. základové desky, střížnice, vodítka, upínací desky a upínací hlavice) se vyrábějí z konstrukční oceli uhlíkové 11 500.0, z nástrojových ocelí uhlíkových 19 191.3 a 19 192.3 nebo z nástrojových ocelí slitinových 19 312.3 a 19 436.4.

Oceli 11 500.0 se používá pro základové desky, vodítka, upínací desky a upínací hlavice. Je-li činná část střížnice z kalené nástrojové oceli vsazena jako celistvá nebo dělená vložka, může být i těleso průstřížnice z materiálu 11 500.0. touto konstrukcí se dosáhne úspor materiálu a zjednoduší se výroba se zřetelem na tepelné zpracování a eventuelní dolícování, které po něm následuje.

Desky z materiálu 11 500.0 je třeba žíháním nebo jiným druhem stárnutí zbavit vnitřního pnutí.

Pro výrobu střížnice z jednoho kusu materiálu (střížnice celistvé) se používá výhradně nástrojových ocelí 19 191.3, 19 193.3, 19 312.4, 19 436.3. kalí a popouští se na 61 ± 1 HRC. Pro střížné vložky se užívá stejných materiálů a slinutých karbidů G3 a G4.

Vložky se vyrábějí z nástrojové oceli 19 083.3 a tepelně se zpracovávají kalením a po-pouštěním na tvrdost 58 ± 2 HRC. Vodící lišty jsou z konstrukční oceli 11 600.0, tepelně nezpracované. Podpěrné desky se zhotovují z ocelového plechu 11 340.0 výchozí tloušťky 2mm.

Stopky jsou z konstrukční oceli jakosti 11 600.0 a bez tepelného zpracování, ČSN 22 626.

Kolíky se vyrábějí z nástrojové oceli 19 421.3 a tepelně se zpracovávají kalením a po-pouštěním na tvrdost 60 ± 2 HRC.

3.3.10 Pevnostní výpočet střížníku

Střížníky běžného provedení mají délku poměrně malou, a proto lze počítat jejich dovolené namáhání v tlaku ze vztahu:

$$\sigma_{dov} = \frac{F_{stř}}{S} \text{ [N]} \quad (3.13)$$

kde: $F_{stř}$ - střížná síla [N]

S – plocha průřezu střížníku [m^2]

(pro kruhové průřezy $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$)

Jsou-li z různých důvodů délky střížníků větší, provádí se pevnostní výpočet na tzv. kritickou délku. Je-li volná délka větší než kritická, musí se konstrukce nástroje upravit tak, aby byl střížník veden a jeho volná délka byla pod kritickou hodnotou.

Předpokládáme-li, že se jedná o tyč namáhanou na vzpěr, na jednom konci uloženou v kloubu, na druhém vetknutou, potom kritická délka.

$$l_k = \frac{\nu \cdot 2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot ls}{\mu \cdot F_{stř}} \text{ [mm]} \quad (3.14)$$

$$F_{krit} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot ls}{\mu \cdot l^2} \text{ přitom } F_{krit} = F_{stř} \text{ [N]} \quad (3.15)$$

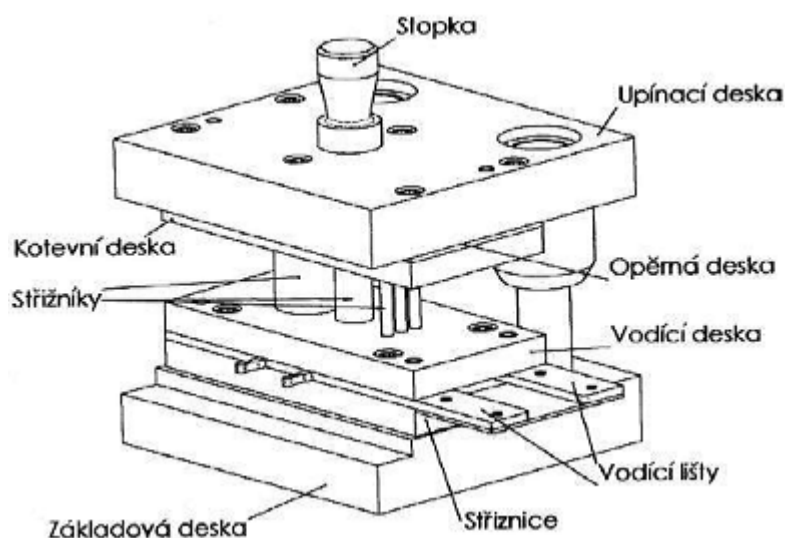
kde: μ - součinitel bezpečnosti ($\mu = 1,5-2$)

E – modul pružnosti (u oceli $2,15 \cdot 10^5 \text{ MPa}$)

$F_{stř}$ - střížná síla [N]

ls – délka střížníku [mm]

3.3.11 Ideový návrh postupového stříhadla



Obr. 3.16 – Postupové stříhadlo s vodící deskou v univerzálním stojánku

3.4 OHYB [2]

3.4.1. Princip ohýbání

Ohýbání se provádí ve většině případů za studena, v případě velkých průřezů materiálů vyšší pevnosti za tepla.

Ohýbání je technologická operace (obr. 3.17), při které vlivem působení ohybového momentu od ohybové síly dochází k trvalé změně tvaru polotovaru. Při ohýbání dochází k pružně-plastické deformaci materiálu. Na velikost deformace při ohýbání materiálu mají vliv: kvalita materiálu a jeho tloušťka v místě ohybu, poloměr ohybu a velikost ohybových momentů.

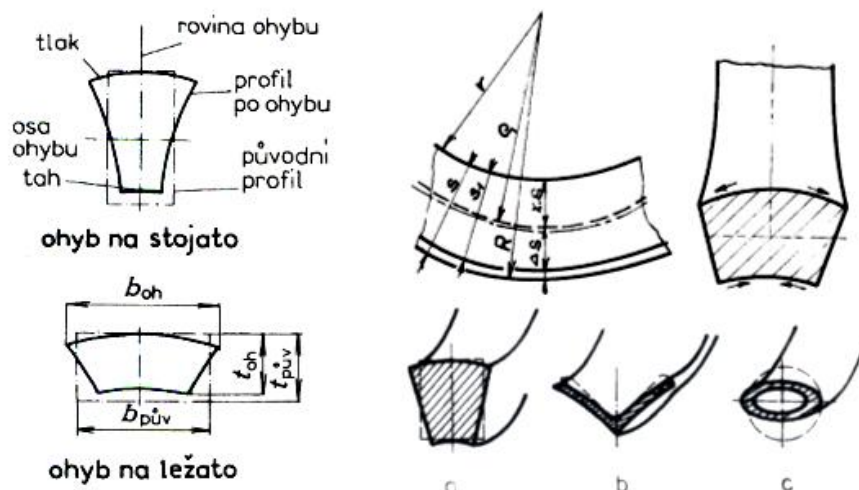
Při ohýbání plošných materiálů se rozlišuje ohýbání úzkých polotovarů ($b < 3 \cdot t$) a širokých polotovarů ($b > 3 \cdot t$), kde b je šířka polotovaru a t je tloušťka polotovaru v mm.

Při ohýbání úzkých polotovarů se deformuje příčný průřez více než při ohýbání polotovarů širokých. Při ohýbání širokých tenkých plechů a pásů dochází k zeslabení tloušťky materiálu v místě ohybu, avšak v příčném směru se průřez téměř nedeformuje.

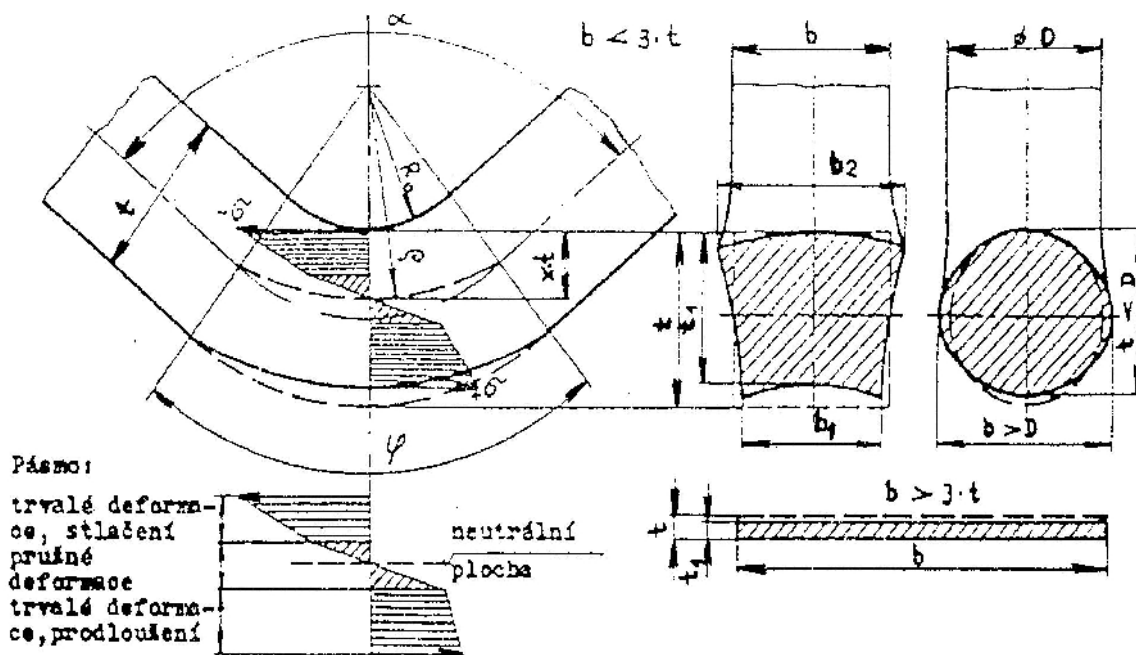
Z obrázku je zřejmé, že v místě, kde se mění tahové napětí je vrstva bez napětí a též i bez deformace. Tato neutrální plocha je důležitá při zjišťování délky výchozího polotovaru ohýbané součásti.

U velkých poloměrů ohybu (tab. 1.), $R_o \geq 12 \cdot t$ se předpokládá, že neutrální plocha je uprostřed tloušťky t a její polohu lze vypočítat $\Rightarrow \rho = R_o + \frac{t}{2} [mm]$ (3.16)

Se zmenšujícím se poloměrem ohybu se vlivem působení napětí a deformace průřezu neutrální plocha posouvá směrem ke stlačeným vláknům a její poloha se vypočte ze vztahu $\rho = R_o + x \cdot t [mm]$, kde x je součinitelem polohy neutrální plochy. Velikost součinitele x je poměrná a je závislá na poměru velikosti poloměru ohybu a tloušťce ohýbaného polotovaru.



Obr. 3.17 - Deformace průřezu během ohýbání pro rozdílné výšky a profily



Obr. 3.17a – Průběh napětí a deformace průřezu $b \times t$ a ϕD [3]

R/t													
t	0,1	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	15,0	20,0
x	0,32	0,35	0,38	0,42	0,455	0,47	0,475	0,478	0,48	0,424	0,486	0,492	0,498

Tab. 1. - poloměr ohybu

Hodnoty součinitele x pro úhel ohybu 90° ocelí třídy 11 a 12 jsou uvedeny v tabulce. Přibližně lze použít i pro oceli ostatních tříd.

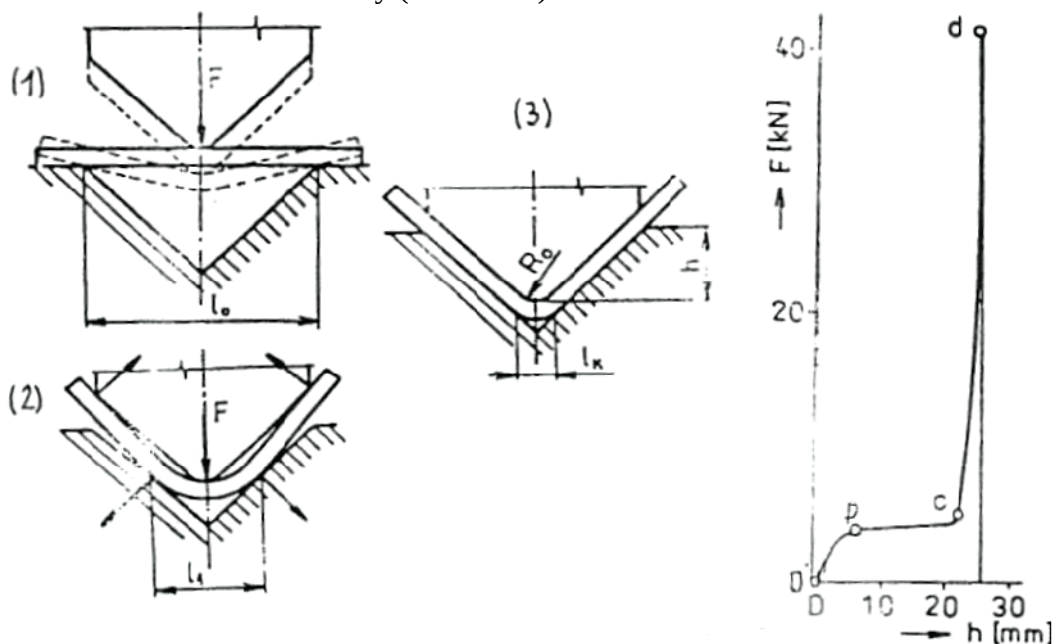
Z délky neutrální osy v ohýbaných částech a z délek rovných úseků se určuje rozvinutá délka polotovaru před ohybem. U tenkých plechů není tento rozdíl patrný, ale při ohýbání tlustých plechů se však s tímto musí počítat. Vzdálenost x , která charakterizuje polohu neutrální osy, závisí na poměru R/t – viz. tabulka 1., a poloměr ohybu neutrální osy je potom

$$r = R + x \cdot t$$

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

3.4.2 Průběh ohýbání, síla a práce při ohybu [2]

Průběh ohýbání (obr. 3.18). V průběhu má polotovar vnitřní zaoblení větší než je R_0 ohybníku. Toto zaoblení se v průběhu ohýbání postupně zmenšuje a přibližuje hodnotě R_0 a na konci pracovního zdvihu ohybníku přilehne polotovar úplně k němu a dojde ke kalibrování poloměru ohybu R_0 a přilehlých rovinných ploch s příslušným enormním vzrůstem tvářecí síly (obr. 3.18a).

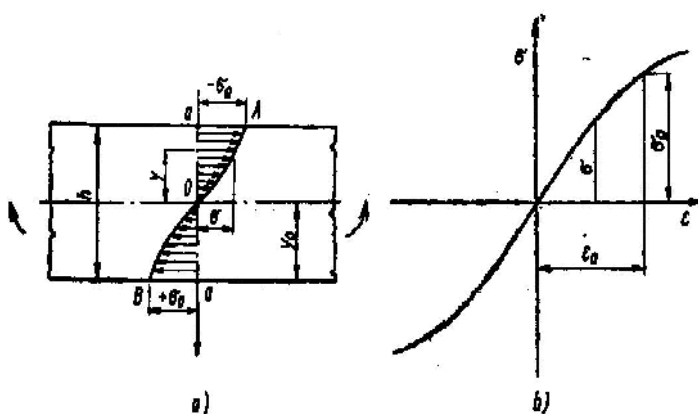


Obr. 3.18 - Průběh ohýbání a ohýbací síly

Ohýbací sílu lze přibližně vyjádřit pro V-ohyb např.:

$$F_0 = \frac{R_e \cdot s \cdot t^2}{2 \cdot R_0} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad [\text{N}] \quad (3.17)$$

kde: F_0 – ohýbací síla [N]
 R_e – mez kluzu [Mpa]
 s – šířka materiálu [mm]
 t – tloušťka materiálu [mm]
 R_0 – poloměr zaoblení ohybníku [mm]
 α – úhel ohybu $[\circ]$



Obr. 3.18a
a – průběh napětí
b – křivka napětí – deformace

3.4.3 Stanovení délky polotovaru [2]

Délka polotovaru pro ohýbanou součást je rovna součtu délek rovných úseků finálního výrobku a délek oblouků v místě ohybu. Délka neutrální plochy l_n v ohnutém úseku závisí na úhlu oblouku neutrální vrstvy, na poloměru ohybu R_o a tloušťce ohýbaného materiálu t .

$$l_n = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot (R_o + x \cdot t) \quad [\text{mm}] \quad (3.18)$$

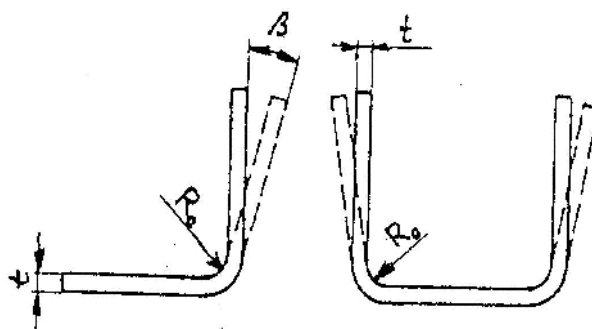
kde: l_n – neutrální plocha [mm]
 x – součinitelem polohy neutrální plochy [-]
 t – tloušťka materiálu [mm]
 R_o – poloměr zaoblení ohybníku [mm]
 φ – úhel ohybu [$^\circ$]

Úhel ohnutého úseku φ se rovná úhlu ohybu α jen při 90° . Ve všech ostatních případech je $\varphi = 180^\circ - \alpha$, kde α je sevřený úhel ramen ohnuté součásti, tedy úhel ohybu.

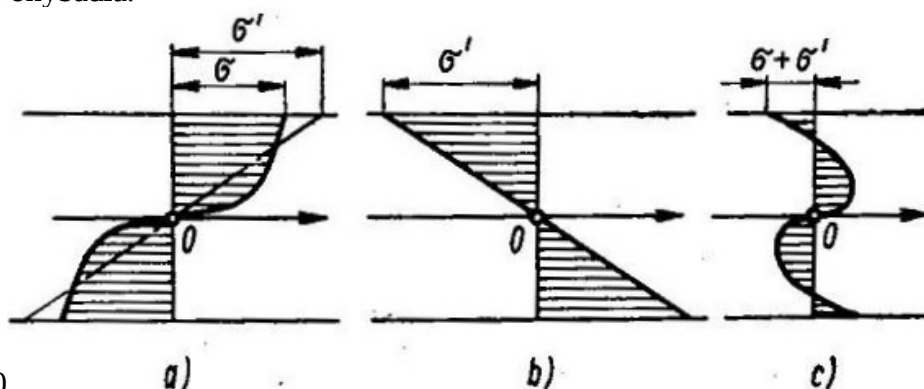
3.4.4. Odpružení [2]

Ohyb je pružně tvárnou deformací a jakmile na materiál přestane působit deformační síla, zruší se i pružná deformace a tím se mění úhel ohybu (obr. 3.19. a 3.20)

Obr. 3.19



Na velikosti odpružení mají vliv mechanické vlastnosti ohýbaného materiálu, jeho tloušťka, poměr poloměru ohybu k tloušťce materiálu, velikost úhlu ohybu a konstrukce ohýbadla.



Obr. 3.20

a – napětí při plastické deformaci

b – napětí po odlehčení

c – zbylá napětí

3.4.5 Přibližný výpočet velikosti odpružení [2]

$$\text{Ohýbání do tvaru V:} \quad \operatorname{tg} \beta = 0,375 \cdot \frac{l_v}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \quad (3.19)$$

$$\text{Ohýbání do tvaru U:} \quad \operatorname{tg} \beta = 0,75 \cdot \frac{l_u}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \quad (3.20)$$

kde: l_v – vzdálenost mezi opěrami ohybnice [mm]

$l_u = R_m + R_o + 1,2 \cdot s$ [mm]

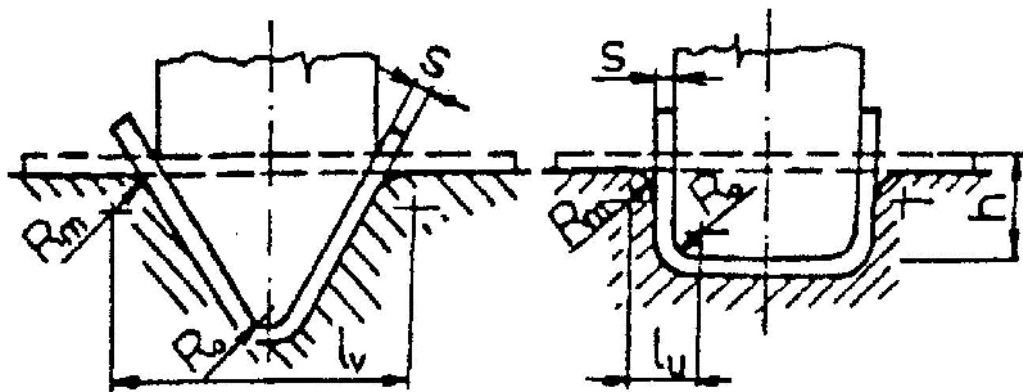
β – úhel odpružení [$^\circ$]

E – modul pružnosti v tahu [MPa]

s – tloušťka ohýbaného plechu [mm]

R_e – mez kluzu ohýbaného plechu [MPa]

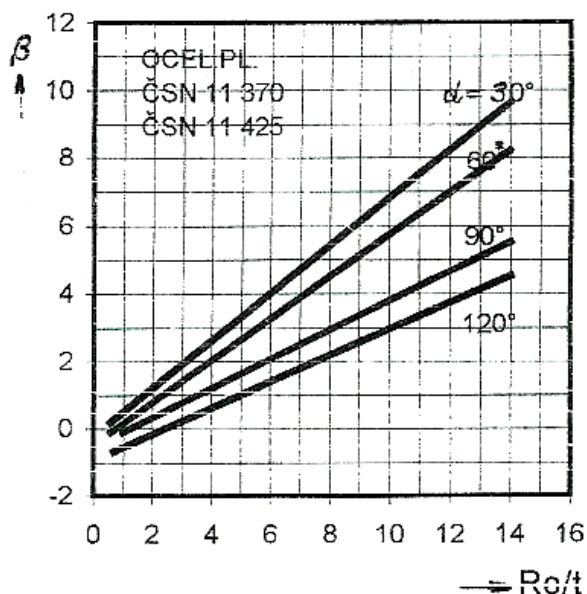
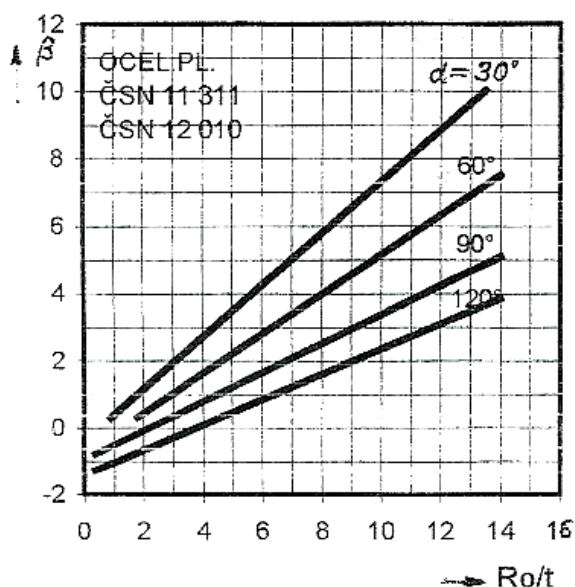
K – součinitel určující polohu neutrální plochy v závislosti na poměru R_o/s , $k=0,5$ ČSN 22 7340 [-]



Ohýbání do tvaru V

Obr. 3.21

Ohýbání do tvaru U



Tab. 2 - Nomogram 1. - Pro určení odpružení

3.4.6 Velikost síly a práce při ohybu do tvaru V a U [3]

Pro výpočet síly a práce při ohybu do tvaru V a U (obr. 3.22) je celá řada způsobů, např. stanovení velikostí z nomogramů nebo výpočtem. Způsob výpočtu nebo dosazovaných veličin se může lišit podle autorů vzorců. Pro zadanou součást volím tyto vzorce:

Velikost potřebné síly a práce při ohybu do tvaru V

$$\text{Síla: } F_{ov} = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{2\rho} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} [N] \quad \text{kde: } b - \text{šířka plechu } [mm] \quad (3.21)$$

t – tloušťka plechu $[mm]$

R_e – mez průtažnosti $[mm]$

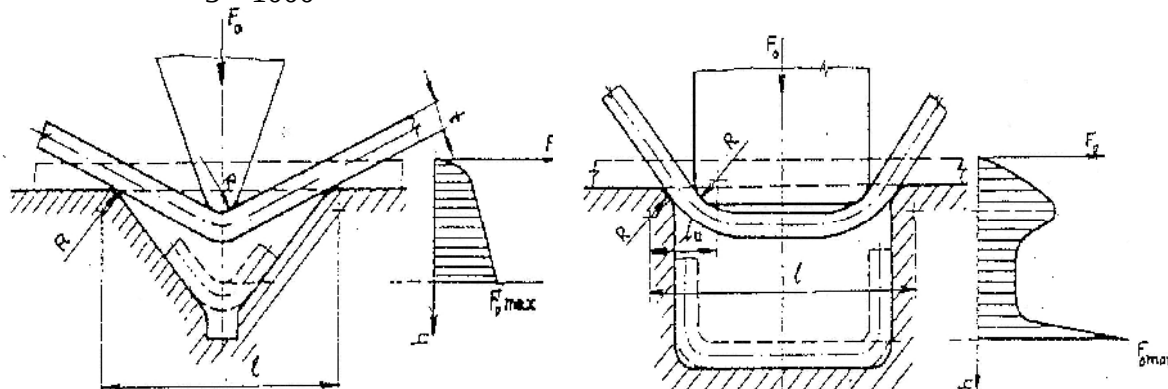
α – úhel ohybu $[^\circ]$

ρ – poloměr zaoblení středního vlákna $[mm]$

Poznámka:

- velikost síly na konci zdvihu vzroste až na dvojnásobek F_o

$$\text{Práce: } A_{ov} = \frac{1}{3} \cdot \frac{F_{ov} \cdot L}{1000} [J] \quad \text{kde: } L \text{ je vzdálenost mezi podporami } [mm] \quad (3.22)$$



Ohyb do tvaru V

Obr. 3.22

Ohyb do tvaru U

Velikost potřebné síly a práce při ohybu do tvaru U

$$\text{Síla: } F_{ou} = (1 + 7\mu) \cdot \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{\rho_1 + t} [N] \quad \text{kde: } b - \text{šířka plechu } [mm] \quad (3.23)$$

t – tloušťka plechu $[mm]$

R_e – mez průtažnosti $[mm]$

μ – součinitel tření $[-]$

ρ_1 – poloměr ohybu $[mm]$

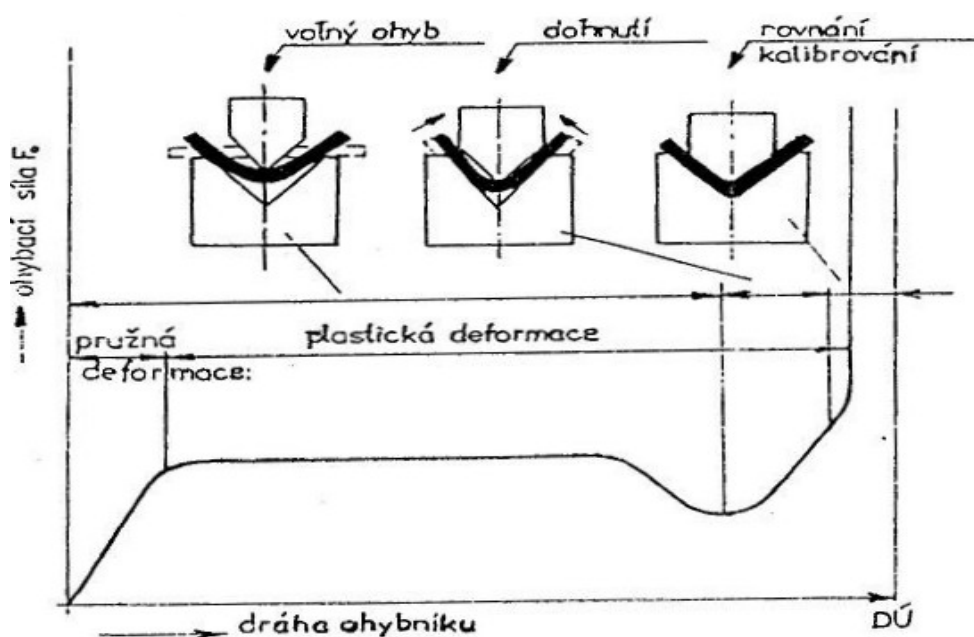
Poznámka:

- velikost síly na konci zdvihu vzroste až na dvojnásobek F_o

$$\text{Práce: } A_{ou} = \frac{2}{3} \cdot \frac{F_{ou} \cdot Z}{1000} [J] \quad \text{kde: } Z \text{ je potřebný zdvih } [mm] \quad (3.24)$$

3.4.7. Celková ohýbací síla [3]

$$F_{\text{celková}} = F_{\text{ohyb}} + F_{\text{kalibrace}} \quad [\text{N}] \quad (3.25)$$



Obr. 3.23 - Průběh ohýbací síly v závislosti na dráze ohybníku

Kalibrační síla

$$F_k = S \cdot p \quad [\text{N}] \quad (3.26)$$

kde: S – kolmý průmět plochy ke směru pohybu ohybníku
 p – měrný tlak pro kalibrování [Mpa]
 - pro ocel třídy 12: 60-100 MPa do tloušťky 10 mm
 - pro Al: 30-60 MPa do tloušťky 10 mm

3.4.8. Minimální poloměr ohybu [3]

Minimální poloměr ohybu se stanovuje teoreticky nebo se určuje z empirického vztahu:

$$R_{O \min} = k \cdot t \quad [\text{mm}] \quad \text{kde: } \begin{aligned} k &= 1,3 \text{ pro žíhaný dural} \\ k &= 0,50 \text{ až } 0,55 \text{ pro ocel} \\ k &= 0,30 \text{ pro mosaz} \\ k &= 0,25 \text{ pro měď} \end{aligned} \quad (3.27)$$



Obr. 3.24 – Porušení materiálu při ohybu

- hodnoty koeficientu k byly stanoveny pro případ, že osa ohybu je kolmá na směr vláken materiálu.
- je-li osa ohybu rovnoběžná se směrem vláken, $R_{O \min}$ se zvětšuje dvakrát.
- u vystřižené součásti je třeba ohýbat, aby otřep s příčnými trhlínkami byl na straně tlakových napětí a aby nedošlo k porušení materiálu při ohybu (obr. 3.24)

3.5 LISOVÁNÍ, TAŽENÍ

3.5.1 Lisování [4]

Lisováním za studena se uskutečňuje trvalá změna materiálu bez odběru třísek působením vnější síly – proces probíhá pod rekrystalizační teplotou materiálu. Dosahuje se požadovaného tvaru výlisku bez podstatné změny tloušťky výchozího materiálu a patří do skupiny plošného tváření. Ze strojů pro tuto technologii se užívají nejčastěji mechanické lisy dvojčinné i vícečinné, lisy postupové a v některých případech i lisy hydraulické a speciální zařízení. Podle průběhu deformace rozlišujeme:

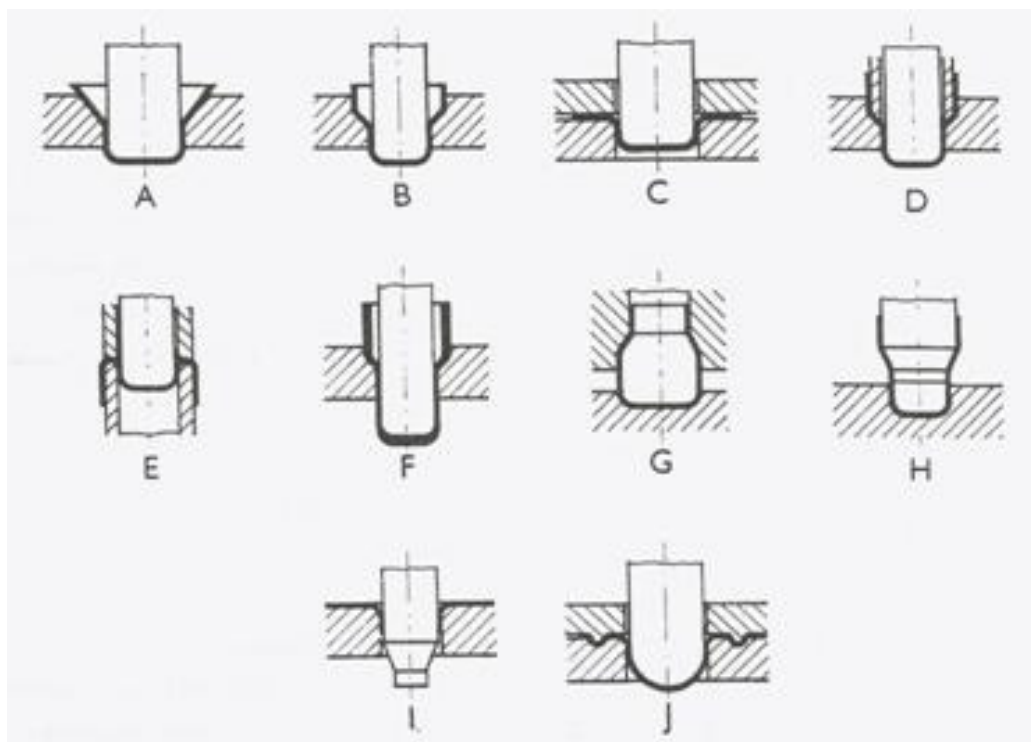
tváření plošné – žádaný tvar součásti (zejména plechu) se dostane bez podstatné změny průřezu nebo tloušťky výchozího materiálu – mechanické vlastnosti se nemění

tváření objemové - zadaný tvar součásti se dosáhne změnou průřezu nebo tvaru výchozího materiálu

- objem materiálu zůstává konstantní, nastává však zpevnění a pokles tažnosti materiálu čímž je ovlivněn rozsah tvářecích operací

3.5.2 Tažení [6]

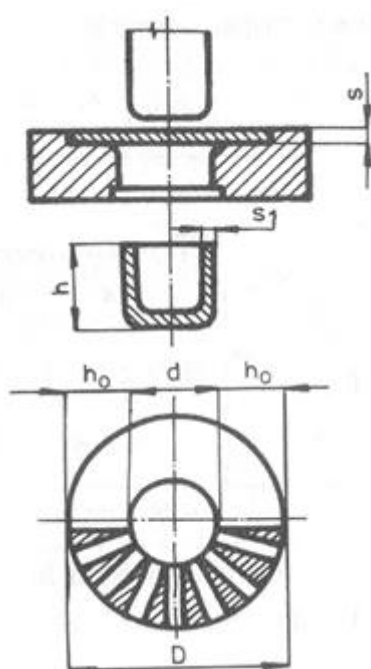
Tažením plechů a pasů vzniká prostorový výlisek nerozvinutelného tvaru. Podle tvaru výlisku můžeme proces tažení dělit na tažení mělké a hluboké, tažení bez a se ztenčením stěny, tažení rotačních a nerotačních tvarů a dále tažení nepravidelných tvarů (tzv. karosářské výlisky). Výchozím polotovarem je přístřih plechu, pás plechu nebo již jinak zpracovaný polotovár, který lze zpracovávat následujícími technologiemi: prostým tažením, tažením se ztenčením stěny, zpětným tažením, žlábkováním, rozšiřováním a lemováním, zužováním, přetahováním, napínáním a speciálními způsoby (obr. 3.25).



Obr. 3.25 - Technologické způsoby tažení;

A, B - tažení bez přidržovače, 1. a 2. tah, C, D - tažení s přidržovačem, 1. a 2. tah, E – zpětné tažení (obracení), F – tažení se ztenčením stěny, G – zužování, H – rozšiřování, I – lemování (přetahování), J – napínání;

Tažení je takový technologický způsob tváření, při kterém se jedním a nebo v několika tazích vyrobí z rovného plechu (přístřihu) duté těleso - polouzavřená nádoba. Někdy se tento technologický proces nazývá hluboké tažení. Nástrojem je tažidlo, které se skládá z tažníku a tažnice a ostatních konstrukčních částí, výrobkem je výtažek.



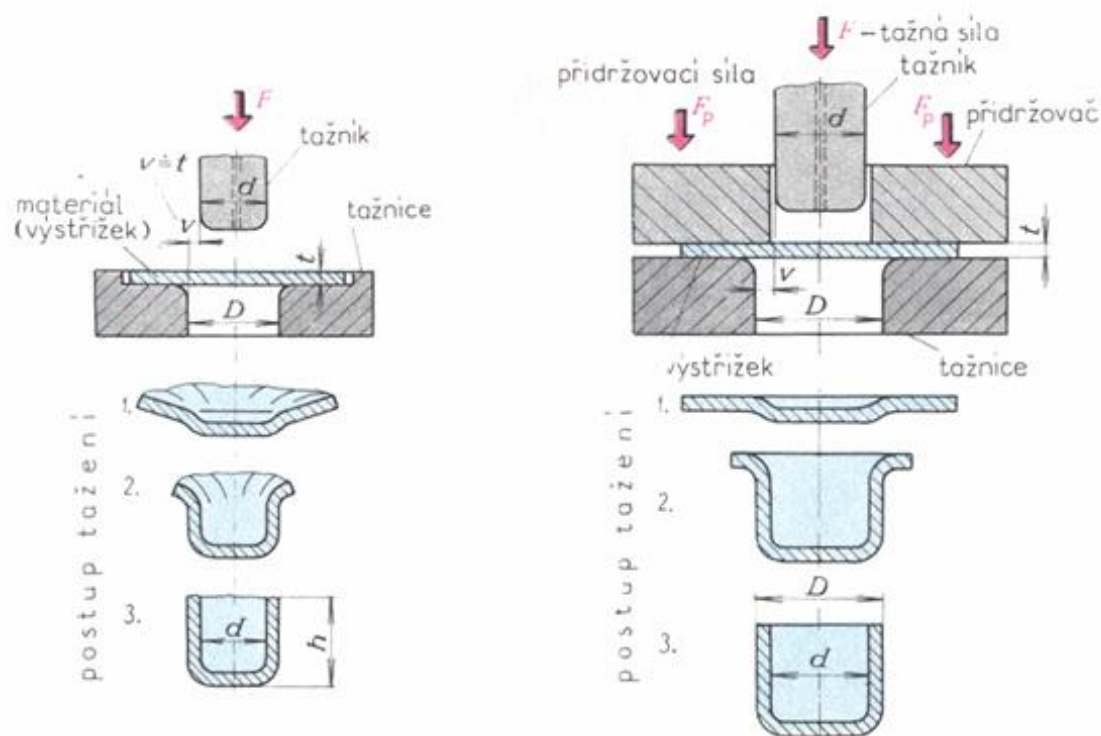
Princip tažení je ideální vysvětlit na tažení jednoduchého válcového tvaru se dnem. Potom obdobným způsobem lze získané výsledky aplikovat i na výtažky hranatých nebo nepravidelných tvarů. Zatláčujeme-li tažník do tažnice, posunuje se plech přes tažnou hranu, která se z celého nástroje nejrychleji opotřebuje. Síla potřebná k tažení se kontroluje z podmínky pevnosti válcové části nádoby, která se nesmí při tažení přetrhnout. Je nutné uvažovat vliv tření a zpevnění materiálu.

Při tažení se mezikruží přístřihu ($D - d$) změní na válec s průměrem d a výškou h z dřívějšího rozměru přístřihu D . V důsledku platnosti zákona stálosti objemu se objem kovu během procesu nemění a proto výška h bude větší, než šířka mezikruží $D - d$.

Obr. 3.25a - Princip tažení válcového tvaru

Vznik vln

Tažení je technologický proces, při kterém se přesouvá značná část, značný objem materiálu. Tento přesunutý objem je schematicky na obrázku znázorněn v podobě vyšrafovaných trojúhelníků. Tento objem materiálu se během tažení vytlačuje, zvětšuje výšku nádoby, mění tloušťku stěny. Je patrné, že vyšrafované plochy (trojúhelníčky) přebývají. Protože při tažení postupuje materiál z příruby do válcové části, má plech v místě příruby snahu se vlnit, a to hlavně při vysokém stupni deformace. Při malém stupni deformace a při velké tloušťce materiálu se vlny netvoří, protože nejsou vysoké a vyhlazují se otvorem tažnice. Zabránit vzniku vln lze přidržovačem, ovšem za cenu pěchování materiálu pod přidržovačem a růstu tloušťky. V případě použití přidržovače je nutné znát velikost měrného tlaku p přidržovače. Měrný tlak přidržovače závisí na tloušťce plechu, poměru výchozí tloušťka plechu ku průměru nádoby, jakosti plechu a součiniteli tažení. Celková síla přidržovače je součinem měrného tlaku a činné plochy přidržovače. K určení měrného tlaku přidržovače se používá např. graf.



Obr. 3.25b - Tvorba vln u tažení bez přidržovače (vlevo) a s přidržovačem (vpravo)

Technologické zásady, mazání

Z hlediska technologie je nutné dodržovat určité zásady, mezi které patří:

- výška výtažku má být co nejmenší,
- upřednostňovat výtažku rotačního tvaru s rovným dnem,
- rohy hranatých výtažků velmi zaoblit,
- příruby na výtažku používat jen v nevyhnutelných případech,
- tolerovat rozměry tak, aby se výtažky již nemusely kalibrovat,
- volit materiály s dobrými tažnými vlastnostmi.

Ke snížení tření (a tedy i tažné síly), ke zlepšení kvality povrchu se používá mazání. Nemaže se celý přístřih. Ze strany tažníku je výhodné mít tření co nejvyšší, ze strany tažnice je potřeba tření co nejvíce snížit. Mezi přidržovačem a materiálem je potřeba co nejlepší mazání. Prostředky, které se používají pro mazání nesmí poškozovat povrch nástroje a výrobku, musí přilnout a vytvořit rovnoměrnou vrstvu.

3.6 POVRCHOVÁ ÚPRAVA [10]

Předúprava povrchu je důležitou součástí celého nátěrového systému. Je na místě tvrdit, že předúprava povrchu má významný vliv na přilnavost barvy k povrchu součásti. Tím se podílí na celkovém vzhledu, odolnosti a životnosti laku. Z kovových materiálů se odstraňují nečistoty (např. odmaštění), upravuje přilnavost (např. tryskání) nebo prodlužuje antikorozi ochrana (např. fosfátování).

3.6.1 Čištění povrchu

Z předcházejících procesů výroby, skladování, nebo svařování apod. mohou na dílci přetrvávat okuje, rez, struska apod., které je nezbytné před lakováním z povrchu odstranit. Nejčastěji používané způsoby čištění povrchu:

Tryskání - pískování

Otryskáváním je povrch vystaven tryskacímu materiálu, který je unášen silným proudem vzduchu. Povrch je pak zbaven koroze, nečistot, ale také dochází k jeho zdrsnění, což výrazně zlepšuje přilnavost pro barvy a tím snižuje náchylnost ke korozi. Přílišné zdrsnění je ovšem taky nežádoucí, pak jsou vrcholky struktury tryskaného podkladu zakryty jen malou vrstvou barvy z důvodu vytvoření Faraday klece ve výčnělcích nerovností. Materiálem pro tryskání se používá křemičitý písek, ocelové broky, korund, ale mohou to být taky drtě z ovocných pecek, plasty, sklo, struska, apod. Jejich použití je různé a také mají své omezení např. nedoporučuje se ocelový tryskací materiál k tryskání hliníku (mohl by nastartovat korozi hliníku) Pro tryskání hliníku je nejvhodnější korund a dá se použít i písek. Velikost částic tryskacího materiálu je 0,4-0,8 mm a používáním se zmenšuje. Proto jsou drobné částice oddělovány spolu s otryskaným odpadem v cyklonech.

Pro srovnání, předúpravou kartáčováním lze dosáhnout životnosti nátěru 2,9 roku, stejný nátěr, ale předúprava chemickým mořením pak umožní životnost 10 let, tryskání 11 let a více.

Moření

Moření je chemické odstraňování korozních produktů a okují z ocelí, hliníku, zinku a jiných kovů pomocí kyselin či hydroxidů. Kromě nečistot se mořením rozpouští i samotný kov, ale také dochází k nežádoucímu vnikání vodíku a rozpustných solí do povrchu dílce. Soli se odstraňují oplachem a pasivací, ale atomární vodík vniká mj. do krystalické mřížky mořeného materiálu, koncentruje se a může se následně uvolňovat při vypalování barev. Tlak nahromaděného vodíku může činit i několik set atmosfér.

Moření trvá podle použité kyseliny (na ocel, měď, zinek) či hydroxidu (pro zinek, hliník) několik sekund až minut. Většinou dochází mořením k naleptání povrchu, na kterém mají lakované systémy lepší přilnavost. Problém zůstává s unikáním vodíku (při zahřátí součásti) a riziko vzniku rychlé koroze na mořených materiálech. Proto po moření následuje ve většině případech pasivace.

3.6.2 Předpovrchová úprava pro zvýšení antikorozní ochrany

Někdy je samotná aplikace barev na očištěné a odmaštěné podklady nedostatečná z hlediska antikorozní ochrany a každé zvýšení této ochrany má značné ekonomické přínosy.

Fosfátování

Fosfátování se používá pro ocelové, zinkové, ale i hliníkové povrchy. Při fosfátování se využívá schopnosti některých kovů (Fe, Zn, Mn) vytvářet primární, sekundární nebo terciární fosforečnany těchto kovů ve dvojmocné formě. Trojmocný existuje pouze fosforečnan železitý, který je ze všech nejméně rozpustný. Fosfatizace probíhá působením kyseliny fosforečné na kov, kdy vznikají nerozpustné fosforečnany chemicky vázané do krystalické mřížky kovu. Chemické složení fosfatizačních lázní se liší podle kovu, který se má takto upravovat. Pro úspěšné fosfátování je nutné dodržovat předepsanou teplotu v rozmezí $\pm (5-8)^\circ\text{C}$ a koncentraci roztoku. Proces fosfátování oceli, ať železitého nebo zinečnatého by sám osobě probíhal při teplotě 90°C asi 20-30 minut, proto se urychluje různými oxidačními činidly (dusičnany, chlorečnany) v jejichž důsledku se při teplotě $30-70^\circ\text{C}$ může zkrátit potřebná doba při ponoru na 5-10 minut, při postřiku na 1-3 minuty. Množství vyloučeného fosfátu se pohybuje v rozmezí 0,5-8,0 gramů fosfátu na m^2 , tedy cca 0,25-4,0 (mikro)m. Vyšší vrstvy mohou být křehké a způsobit tak horší přilnavost barvy u mechanicky namáhaných výrobků.

Chromátování

Chromátování je účinné pro úpravu téměř všech kovů, nejčastěji zinku a hliníku. Reakcí roztoku šestimocného chromu s kovem se chrom redukuje, povrch kovu oxiduje, a vzniklá nerozpustná sloučenina chromu a daného kovu. Pro toxicitu šestimocného chromu se dnes nahrazuje jinými způsoby, např. u předúpravy hliníku tzv. titanování.

Titanování - předúprava v roztoku kyseliny tetrafluortitaničité.

Zinkování

Povrchová úprava je prováděna ve stabilním zařízení definovaným způsobem. To snižuje pravděpodobnost výskytu vad. Na ostrých hranách a rozích vzniká stejně silný nebo silnější povlak než na rovném povrchu. Zinkovaný povlak je schopen odolávat mechanickému namáhání během transportu, skladování a montáže. Poškození během manipulace je vyjimečné a oprava laku je nutná jen velmi zřídka. Tyto povlaky často zaručují protikorozní ochranu po dobu životnosti výrobku.



Obr. 3.26 – Postup při technologii zinkování



Obr. 3.26a – Povlak nátěru vs. povlak technologie zinkování

3.6.3 Lakování

Předpovrchová úprava fosfátováním nebo pískováním

Povrch dokonale odmastíme a zvýšíme jeho přilnavost. Kvalitní podpovrchová úprava je dobrým předpokladem pro dlouhou životnost a odolnost naneseného laku.

Mokrý lakovna

Provádíme lakýrnické práce, lakování zámečnických výrobků a nátěry konstrukcí. K mokrému lakování používáme podle požadavků zadavatele barvy vodouředitelné, syntetické, epoxidové a polyuretanové. V rámci ochrany životního prostředí používáme speciální lakovací boxy – box s vodní stěnou a box s uhlíkovými filtry, které zabraňují nežádoucím únikům barvy do ovzduší.

Prášková lakovna

Práškové lakování je moderní a ekologickou metodou úpravy kovů. Je založeno na principu statického náboje. Elektricky nabitá prášková směs je pomocí stlačeného vzduchu nanášena na uzemněný předmět, což zaručuje velmi dobrou přilnavost. Po nanesení práškové barvy následuje transport do vypalovací pece, kde se prášek při teplotách 180 – 200 °C slije a vytvrdí v kompaktní hladký povrch.

Tato metoda má řadu výhod. Nalakovaný výrobek má velmi dobré vlastnosti jako odolnost vůči otěru, korozi a zvětrání.

K nabíjení částic dochází dvěma způsoby:

- 1) elektrostatickým nabíjením
- 2) tribostatickým (kinetickým) nabíjením

3.7 NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ [11]

3.7.1 Povlakoměry a tloušťkoměry (obr. 3.27)

Měření tloušťky povlaků patří k základní kontrole kvality povrchové úpravy. Měří se tloušťky galvanických, organických, plastových a jiných povlaků zejména na kovech, ale i na ostatních podkladových materiálech, jako jsou plasty, dřevo, beton, sklo a mnohé jiné. K měření tloušťky povlaků na kovech se využívá elektromagnetických metod, pro měření na nevodivých materiálech se uplatní ultrazvuková metoda.

K dalším důležitým metodám zkoušení povlaků patří kontrola jejich celistvosti a zkouška přilnavosti. Ke zjišťování celistvosti se využívá vysokonapěťová metoda odhalující i ty nejmenší póry povlaku. Přilnavost se snadno zjišťuje odtrhovou metodou, která se využitím digitální techniky stala velice účinným zkušebním postupem.

Pro zabezpečení správného provádění povrchových úprav je nutné dodržovat technologické podmínky. Jedním z důležitých technologických parametrů je rosný bod, jehož elektronické měření umožňuje jeho nepřetržité sledování. Správné nastavení povlakoměru podle uznávaných standardů povlaků je nezbytným předpokladem pro dokladování věrohodnosti měření.

Nejen kvalita povlaku, ale i dostatečná tloušťka podkladového materiálu ovlivňuje kvalitu a bezpečnost udržované kovové konstrukce. Proto je nutné měřit i tloušťku stěny potrubí, tlakových nádob a stavebních profilů při opravách jejich povrchové úpravy.



Obr. 3.27 – Digitální povlakoměr a tloušťkoměr

4. ZHODNOCENÍ A NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

4.1 Zhodnocení technologičnosti konstrukce, výroby a užití krytky

Krytka má mít takový tvar, aby se dal zhotovit při nejnižších výrobních nákladech a přitom splňoval svoji funkci.

Krytka, která je zadána splňuje z hlediska funkčnosti všechny vlastnosti, jako je například druh zvoleného materiálu pro výrobu, který je 11 321. Ten je dostatečně lehký a pevný. Celková tuhost (tzn. pevnost a odolnost vůči ohybu) krytky je ještě zvýšena dodatečným vytvořením prolisu na boku krytky.

Výroba krytky je poměrně jednoduchá a spočívá v přesném stříhání (například, aby nebylo nutné řešit odjehlení), dále pak v prolisování a ohybu.

Povrchová úprava krytky se běžně nedělá, protože z hlediska vzhledového není zapotřebí a z důvodu koroze je zanedbatelná, jelikož se běžný počítač neumísťuje do vlhkého prostředí, takže prakticky žádná nevzniká. Samozřejmě na přání zákazníka je možné krytku fosfátovat, chromátovat, případně lakovat.

Celkový tvar krytky slouží především k zakrytování nevyužitých děr pro AGP a PCI sloty, které jsou umístěny na zadní straně počítačové skříně a odpovídá k jednoduchému použití jako je vsunutí, uchycení a přišroubování do počítačové skříně.

Není již potřeba dalšího těsnění, krytka sama o sobě dostatečně zabraňuje vnikání prachu do počítače a narušování hardwaru.

4.2 Zhodnocení stávající výroby

Je mnoho variant výroby dané krytky. Na spoustě faktorů závisí správné zvolení technologie výroby. Jedním z hlavních faktorů je například vyráběné množství krytek, dané možnosti ve výrobě, požadovaná kvalita a přesnost strojů a také v neposlední řadě finanční náročnost na výrobu, tzn. zajistit takovou technologičnost(výrobu) krytky, aby byla vyrobena při co možno nejnižších nákladech.

Při kusové výrobě se výroba krytky provádí na ručním pracovišti s použitím jednoduchého nářadí nebo univerzálních strojů. Obvod součásti je vystřižen pomocí nůžek na plechy, ohyb je pak vykonán na ohýbačce. Mělký prolis je zhotoven pomocí jednoduchého přípravku.

Tato výroba je však časově náročná, neproduktivní, tím i finančně náročná a stupeň mechanizace a automatizace je na velmi nízké úrovni a vzhledem k požadovanému množství krytek nereálná. Je vhodná pro výrobu pár kusů krytek nebo pro jejich opravu.

Stávající výroba není realizována se žádnými předpovrchovými a povrchovými úpravami. Vzhledem k tomu, že se v minulosti se vyskytly připomínky k tomu, že docházelo k lokální korozi, přestože se počítač nachází v suchých místnostech. Proto se v nové technologii výroby bude řešit i tato problematika.

4.3 Návrh nové technologie výroby

Pro zadané množství výroby 500 000ks krytek za rok, tzn. při velkosériové výrobě se výroba krytky může provádět pomocí postupového stříhání z pásu plechu. Vyrábí se ve velké sérii a požadavek na přesnost výroby není velký, takže většina rozměrů je netolerovaných.

Existují dvě možnosti výroby:

Z tabule plechu o rozměrech 2000x1000x1 [mm] se na tabulových nůžkách stříhají pásy o rozměrech 142x2000x1 [mm].

Tyto pásy pak ručně podáváme do postupového stříhadla. Na postupovém stříhadle se postupně prostříhne očko pro dotažení krytky šroubkem a v dalším kroku se prolisuje prolis a následně se vystříhne celá krytka. Ohyb krytky se provede na samostatné ohýbačce pokud není realizován přímo v postupovém stříhadle.

Ze svitku plechu o rozměrech v rozvinutém stavu 800000x142x1 [mm], který se odvíjí z odvíjecího zařízení s rovnačkou a jde přes válečkový podavač s vlastním pohonem do postupového stříhadla vystřihují (případně ohýbají) požadované krytky, ty propadnou do palety. Prostříhaný pas plechu pak pokračuje jako odpad do rotačních nůžek. Pokud není ohyb proveden přímo v postupovém stříhadle, tak se pak převážejí krytky v paletách na pracoviště ohýbaček, kde se ohybem dokončí výroba krytky.

Tato výroba vyhovuje zadané sériovosti krytky za rok, protože je rychlá a přesná.

4.4 Výhody a nevýhody nové technologie výroby

Nevýhody:

- vyšší cena postupového stříhadla, tato investice se však vyplatí, při použití této technologie na požadovanou velkou výrobní sérii (500 000 ks/rok)
- nutnost použití většího lisu.

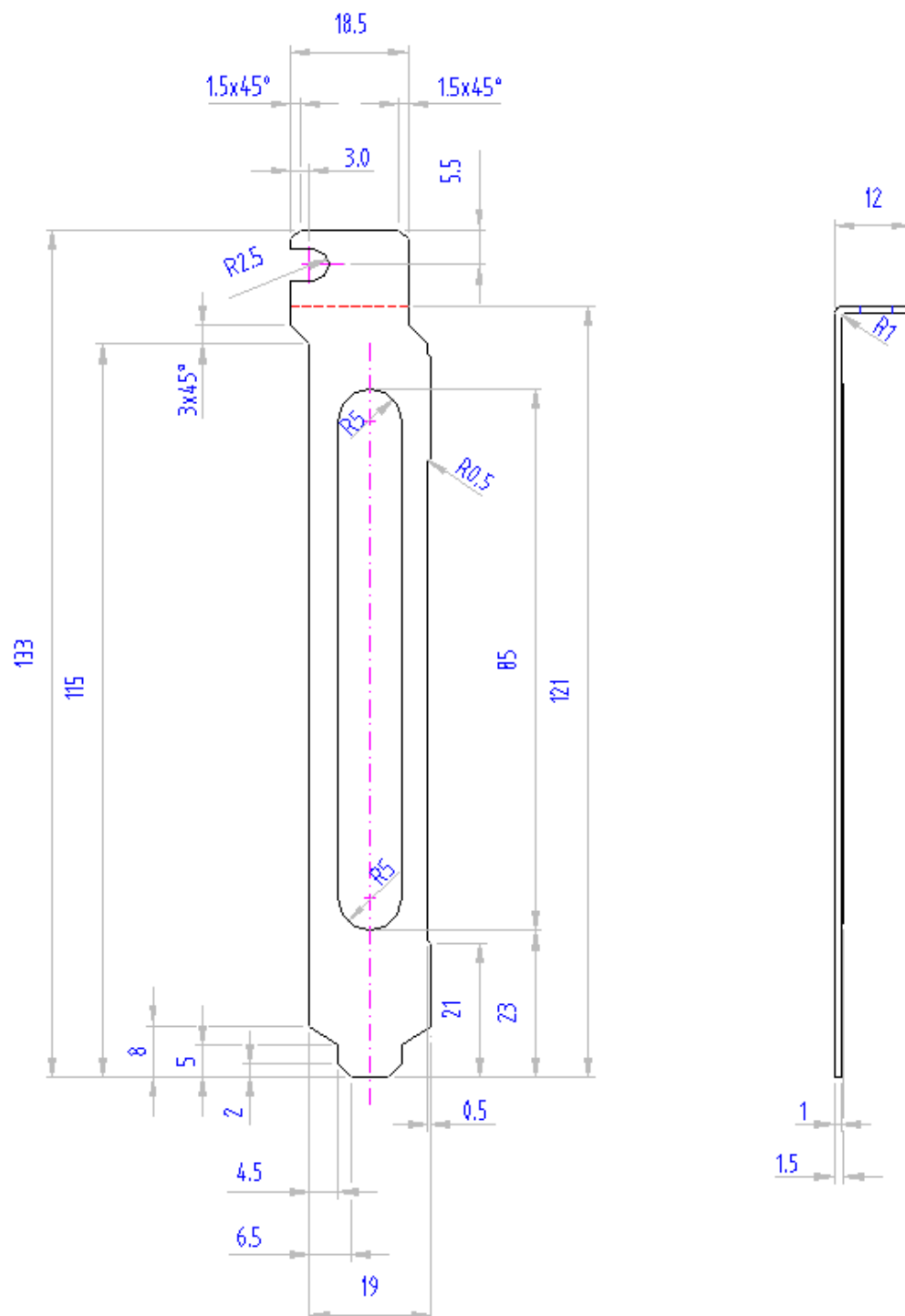
Výhody:

- zvýší se produktivita práce
- sníží se riziko pracovního úrazu
- sníží se náklady na mzdy pracovníků
- součást bude vyráběna ve vyšší kvalitě a přesnosti

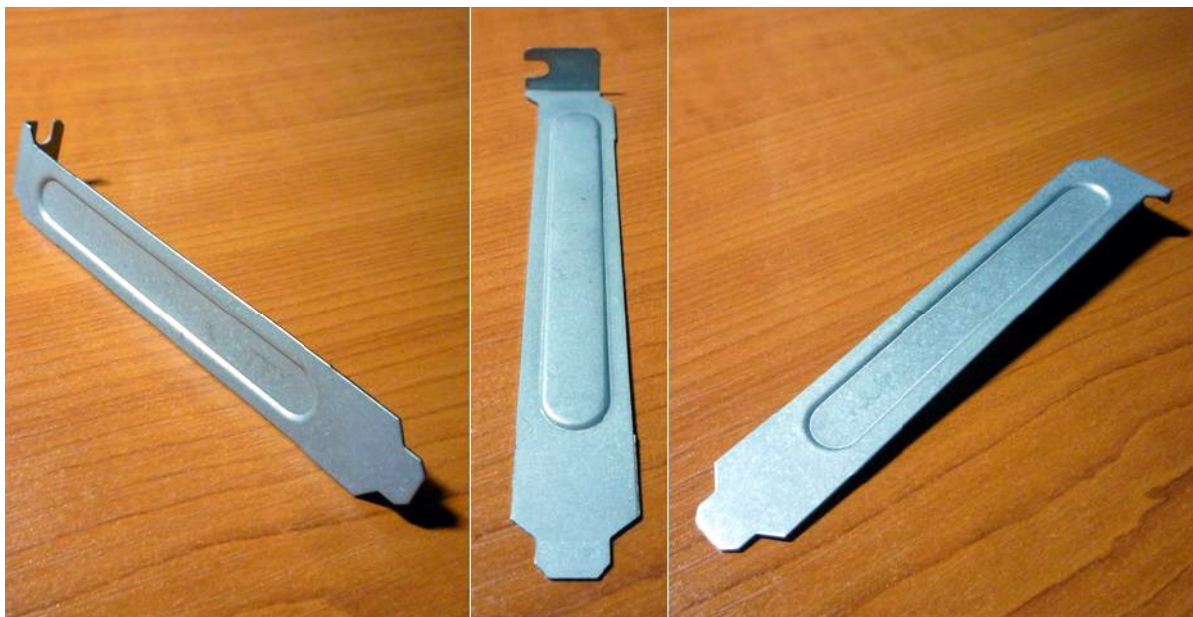
5. KONSTRUKČNÍ A TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY

5.1 Krytka počítače (obr. 5.1)

Výkresová dokumentace krytky je přiložena v příloze pod názvem výkresu:
DIPL – 50/62 - 06 - 2011 – 01



Obr. 5.1 – Krytka počítače



Obr. 5.2 – Fotografie krytky

5.2 Nástřihový plán

- před volbou nástřihových plánů musíme ještě vypočítat velikost kroku a šířku pásu

Výpočet velikosti kroku:

Varianta bez ohybu: $k = l_v + e = 19 + 1,5 = 20,5 \text{ mm}$ (28)

Varianta s ohybem: $k = l_v + e = 19 + 3 = 22 \text{ mm}$ (28)

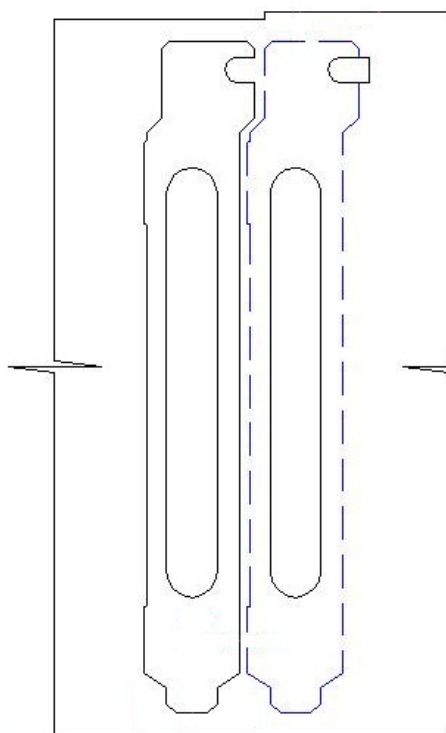
kde: e – volím z tabulek (1,5 a 3) [mm]
 l_v – šířka součásti [mm]

Výpočet šířky pásu: $\check{s} = lk + (2.f) + g = 133 + 9 = 142 \text{ mm}$ (29)

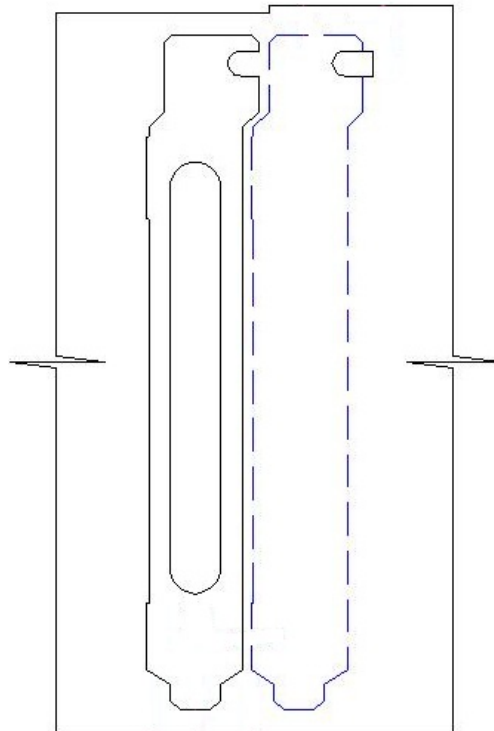
kde: f – volím z tabulek (4,5) [-]
 lk – délka krytky [mm]

- následující varianty jsou připraveny pro výrobu na postupovém stříhadle
- varianty nástřihového plánu jsou navrženy s ohybem(obr.5.7) a bez ohybu(obr. 5.3)
- vyráběná krytka (obr. 5.1 a obr. 5.2)

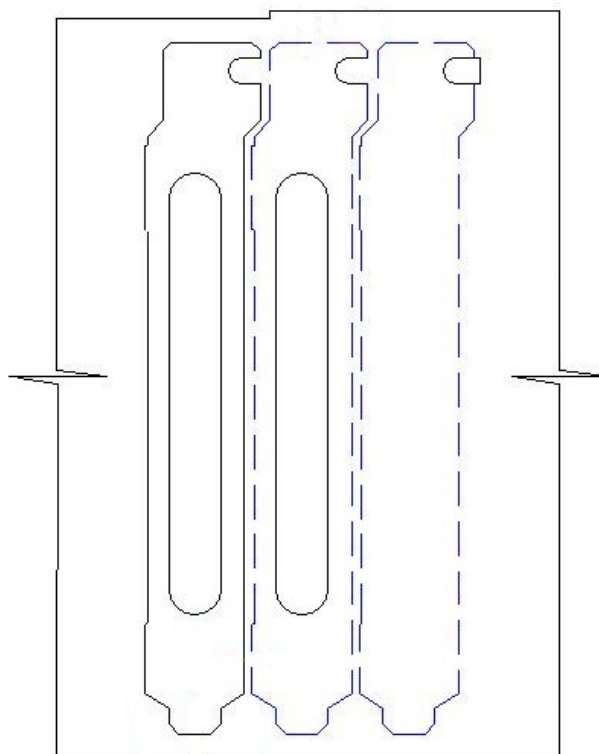
Varianty nástřihových plánů BEZ OHYBU



Varianta číslo 1.



Varianta číslo 2.



Varianta číslo 3.

Obr. 5.3 - Nástřihové plány – BEZ OHYBU v postupovém stříhadle

Z nástřihových plánů BEZ OHYBU volím variantu číslo 1.

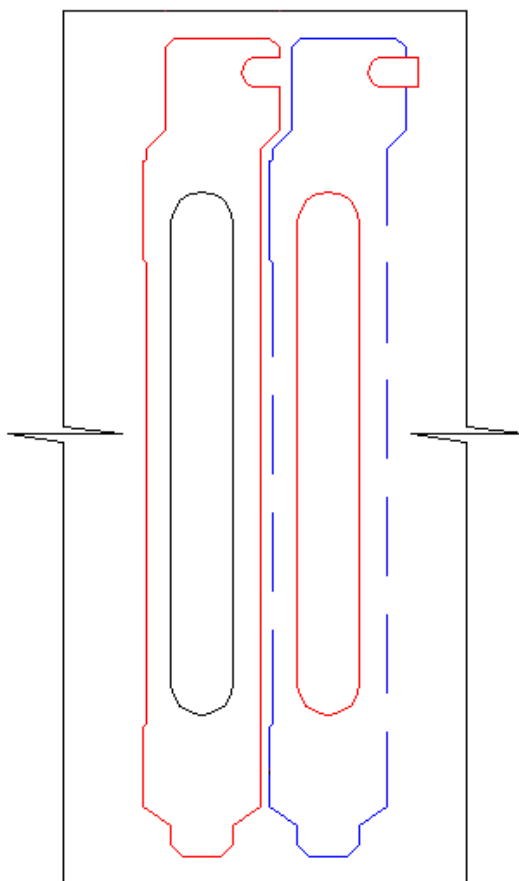
Popis jednotlivých operací u nástřihového plánu v postupovém stříhadle

1. operace:

- zasunutí pásu plechu mezi vodítko a střižnici do otvoru ohraničeného vodící lištou
- prostřížení otvoru(drážky) na utahování krytky a prolisování zpevňovacího prolisu

2. operace:

- posunout pás plechu (posun zajišťuje automatický podavač)
- vystřížení konečného tvaru součásti



Obr. 5.4 - Nástřihový plán – BEZ OHYBU v postupovém stříhadle.

Samotný ohyb volím realizovat na externí segmentové ohýbačce plechu:

Typ OSZ-1000

max, síla ohýbaného plechu: 1 mm

max. délka ohýbacích lišt: 1050
mm

max. zdvih přítlačné lišty 112 mm

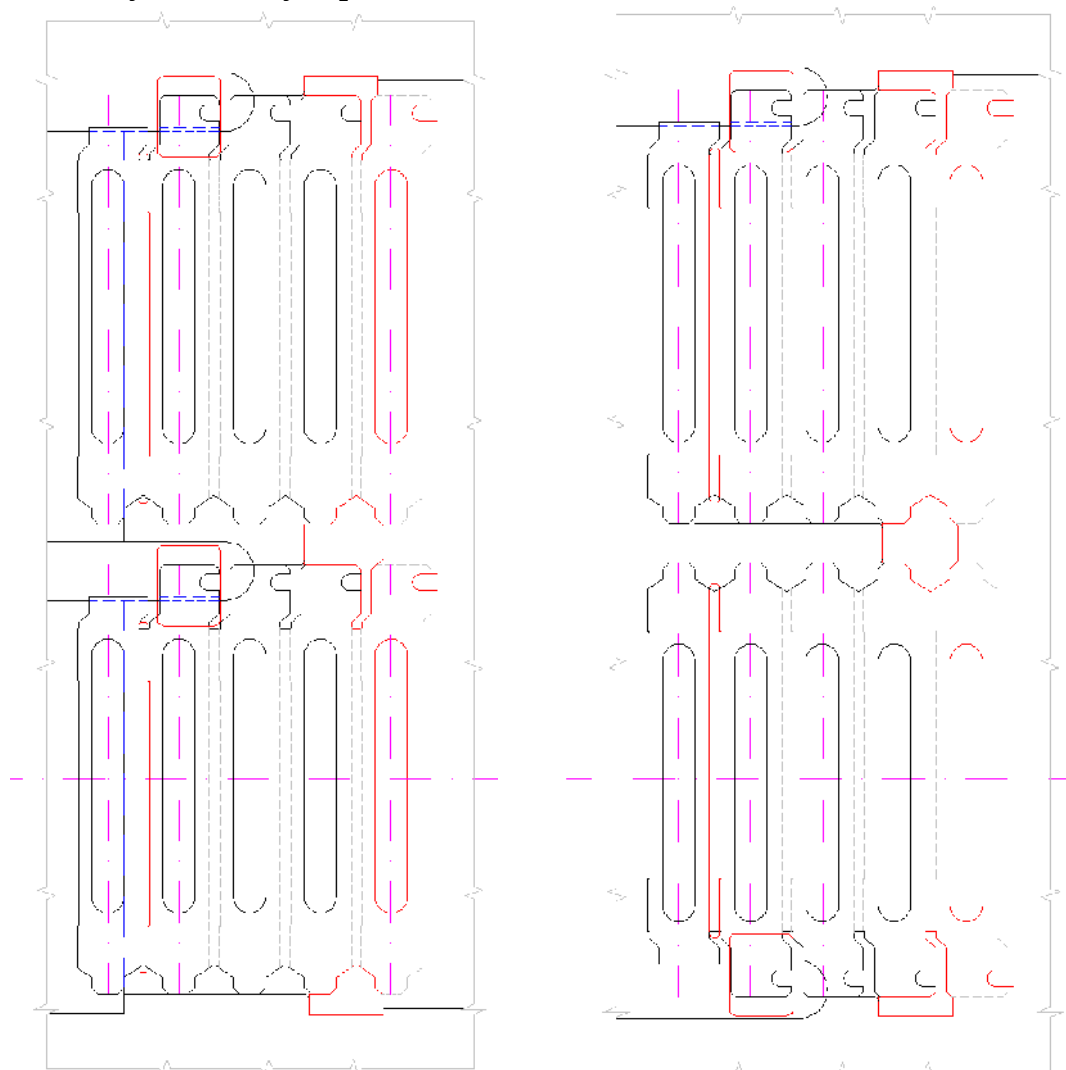
max. úhel ohybu: 145°

Rozměry ohýbačky: délka: 1290mm; šířka: 1030mm; výška: 1086mm; váha: 240kg



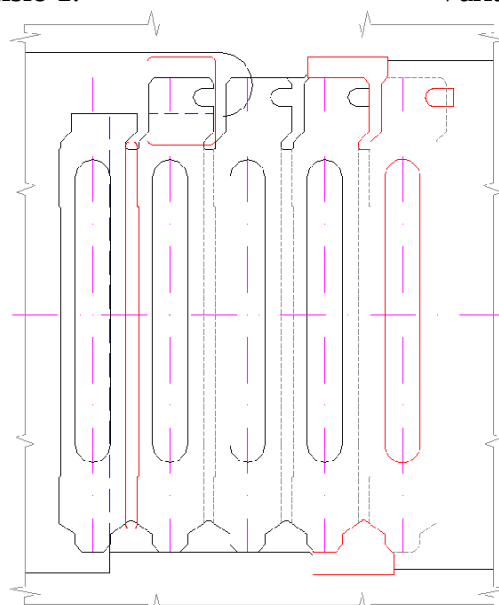
Obr. 5.6 – Segmentová ohýbačka plechu typ OSZ-1000

Varianty nástřihových plánů S OHYBEM



Varianta číslo 1.

Varianta číslo 3.



Varianta číslo 2.

Obr. 5.7 - Nástřihové plány – S OHYBEM v postupovém stříhadle

Z nástřihových plánů S OHYBEM volím variantu číslo 3.

Popis jednotlivých operací u nástřihového plánu v postupovém stříhadle

1. operace:

- zasunutí pásu plechu mezi vodičko a střížnici do otvoru ohraničeného vodičí lištou
- prostřížení otvoru(drážky) střížníkem na utahování krytky
- prolisování zpevňovacího prolisu lisovníkem
- ostřížení rohů krytky střížníkama

2. operace:

- posunutí pásu plechu (posun zajišťuje automatický podavač)
- ostřížení horního a spodního tvaru krytky střížníkama

3. operace:

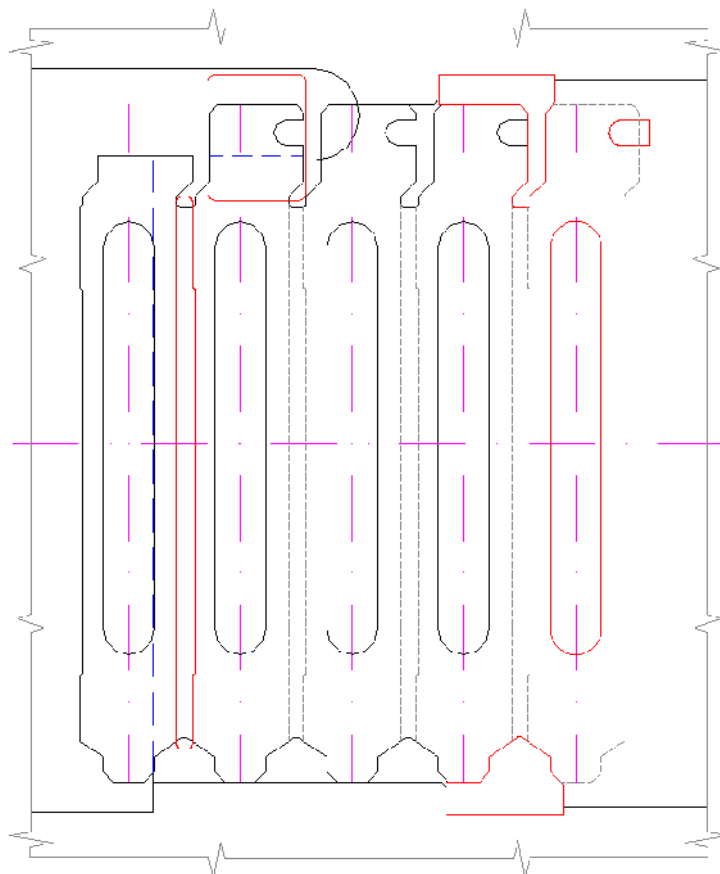
- posunutí pásu plechu (posun zajišťuje automatický podavač)

4. operace:

- posunutí pásu plechu (posun zajišťuje automatický podavač)
- ohnutí krytky ohybníkem do požadovaného tvaru

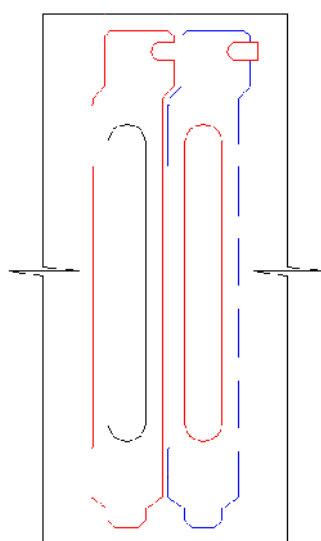
5. operace:

- posunutí pásu plechu (posun zajišťuje automatický podavač)
- ostřížení boku krytky střížníkem, tím dochází k vystřížení konečného tvaru součásti

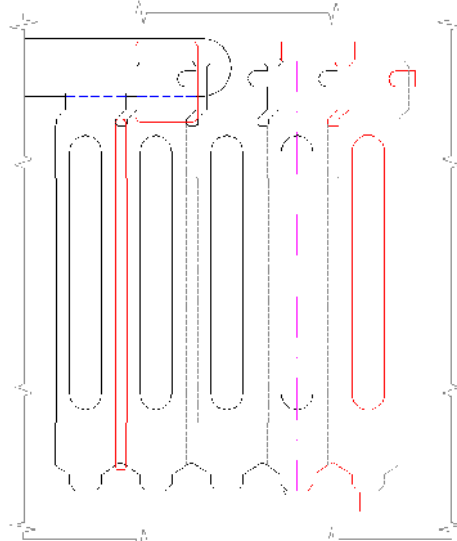


Obr. 5.8 - Nástřihový plán – S OHYBEM realizovaným v postupovém stříhadle

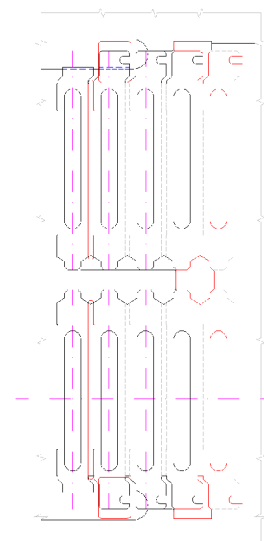
5.3 Výběr optimální varianty a hodnocení efektivnosti projektového řešení



Varianta 1 (bez ohybu)



Varianta 2 (s ohybem)



Varianta 3 (s ohybem)

Kr. číslo	Ukazatel kritéria	Var. 1	Var. 2	Var. 3
1	Časová náročnost na výrobu série (500.000ks/rok)	1	4	5
2	Nároky na vývoj postupového stříhadla	5	4	3
3	Náklady na pořízení postupového stříhadla	5	4	2
4	Náklady na opravy postupového stříhadla a jeho součástí	3	3	2
5	Složitost obsluhy postupového stříhadla a dalších prací	2	4	4
6	Náklady na pořízení odvíjecího zařízení, lisu, popř. ohýbačky atd.	2	3	2
7	Začlenění výroby krytky do stávající výrobní haly	3	3	3
8	Náročnost manipulace s materiálem	2	4	4
9	Množství odpadového materiálu	2	4	3
10	Náročnost a pracnost výroby krytky	2	4	4
Součet:		27	37	32

Počet bodů	Hodnocení vhodnosti
1	Nevyhovující
2	Méně vyhovující
3	Vyhovující
4	Velmi vyhovující
5	Vyjimečně vyhovující

Tab. 3 – Bodové hodnocení

Důvodem tohoto hodnocení byl požadavek firmy Valouch – Kovovýroba s.r.o. na případnou buď malosériovou výrobu, při které bude firma potřebovat vyrobít jenom pár stovek kusů krytek nebo velkosériovou výrobu, při které vznikne série 500.000ks pro jejich velkoodběratele.

Tudíž pro malosériovou výrobu se volí variantu 1., pro kterou mluví nižší pořizovací náklady a malá série výroby.

U velkosériové výroby se volí varianta 2., která oproti variantě 3. dostačuje množstvím výroby za zvolené časové období, nižšími vstupními náklady a případnými nižšími náklady na opravy.

5.4 Výpočty sil a volba lisu

Výpočet střížné síly:

Varianta bez ohybu:

$$F_{Sc} = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l_{stř} \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m = 1,2 \cdot 330,5 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 400 = 126912 \text{ N} \cong 127 \text{ kN} \quad (5.30)$$

$$l = 330,5 \text{ mm} \text{ viz Autocad 2002}$$

Varianta s ohybem:

$$F_{Sc} = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l_{stř} \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m = 1,2 \cdot 623,3 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 400 = 239347 \text{ N} \cong 240 \text{ kN} \quad (5.30)$$

$$l = 623,3 \text{ mm} \text{ viz Autocad 2002}$$

kde: S - plocha stříhu [mm^2]

$l_{stř}$ - délka stříhu (obvod všech stříhaných částí) [mm]

t - tloušťka stříhaného materiálu [mm]

τ_s - střížný odpor ($0,8 \cdot R_m$) [MPa]

n - koeficient zahrnující opotřebení nástroje (1 až 1,3) ČSN 22 6015 [-]

Výpočet střížné práce:

Varianta bez ohybu:

$$A = \frac{k \cdot F_{Sc} \cdot t}{1000} = \frac{0,55 \cdot 126912 \cdot 1}{1000} = 69,8 \text{ J} \quad (5.31)$$

Varianta s ohybem:

$$A = \frac{k \cdot F_{Sc} \cdot t}{1000} = \frac{0,55 \cdot 239347 \cdot 1}{1000} = 131,6 \text{ J} \quad (5.31)$$

kde: k - koeficient závislý na tloušťce a druhu materiálu (0,60 až 0,55) ČSN 22 6015 [-]

t - tloušťka stříhaného materiálu [mm]

F_{Sc} - střížná síla [N]

Jelikož během činnosti nástroje může docházet k různým přetížením a tím i zvětšování střížné síly, je vhodné tuto sílu pro další výpočty zvětšit o 20-25%. Střížná síla bude pro další výpočty zvětšena o 25%.

Varianta bez ohybu: $F_s = 1,25 \cdot F_{Sc} = 1,25 \cdot 126912 = 158640 \text{ N} \cong 159 \text{ kN} \quad (5.31.1)$

Varianta s ohybem: $F_s = 1,25 \cdot F_{Sc} = 1,25 \cdot 239347 = 299184 \text{ N} \cong 300 \text{ kN} \quad (5.31.1)$

Síla potřebná k setření materiálu ze střížníku:

Varianta bez ohybu: $F_u = k_{eu} \cdot F_s = 0,11 \cdot 158640 = 17450,4N$ (5.32)

Varianta s ohybem: $F_u = k_{eu} \cdot F_s = 0,11 \cdot 299184 = 32910,24N$ (5.32)

kde: k_{eu} – koeficient (0,10 až 0,13) ČSN 22 6015 [-]
 F_s – střížná síla [N]

Síla k vysunutí výstřížku ze střížnice:

Varianta bez ohybu: $F_v = k_{ev} \cdot F_s \cdot n = 0,05 \cdot 158640 \cdot 2 = 15864N$ (5.33)

Varianta s ohybem: $F_v = k_{ev} \cdot F_s \cdot n = 0,05 \cdot 299184 \cdot 2 = 29918,4N$ (5.33)

kde: k_{ev} – koeficient (0,05) ČSN 22 6015 [-]
 n – počet výstřížků v neodlehčené části stříhadla [-]
 F_s – střížná síla [N]

Volba lisu se odvíjí od síly vzhledem ke zvolené variantě [13]

- u varianty bez ohybu, kde je výsledná síla $F_s = 159kN$ volím tento lis:

Výstředníkový lis LEN 25 C

Technické údaje		LEN 25 C			MJ
jmenovitá síla lisu		250			kN
počet zdvihů – trvalý chod P/R		75/155			1/min
využitelný počet jednotlivých zdvihů P/R		60/-			1/min
max. tloušťka zpracovaného plechu P/R	trvalý chod	2,5/1,6			mm
	jednotlivé zdvihy	5/-			mm
maximální odebraná práce P/R	jednotlivé zdvihy	630/400			J
	trvalý chod	320/200			J
elektromotor	výkon	2,5/5			KW
	otáčky	720/1430			1/min.
elektrické napětí	síťové	380 V/50 Hz			V/Hz
	ovládací	24 V/50 Hz			
	osvětlení	24 V/50 Hz			
tlakový vzduch	pracovní tlak	0,5 ÷ 0,63			Mpa
	spotřeba vzduchu	0,005			m ³ /zdvih
	přípojka vzduchu	G 1/2 "			

Tab. 4

- u varianty s ohybem, kde je výsledná síla $F_s = 300kN$ volím tento lis:

Výstředníkový lis LEN 40 C

Technické údaje		LEN 40 C			MJ
jmenovitá síla lisu		400			kN
počet zdvihů – trvalý chod P/R		70/140			1/min
využitelný počet jednotlivých zdvihů P/R		35/-			1/min
max. tloušťka zpracovaného plechu P/R	trvalý chod	3,2/2			mm
	jednotlivé zdvihy	6,4/-			mm
maximální odebraná práce P/R	jednotlivé zdvihy	1040/-			J
	trvalý chod	800/425			J
elektromotor	výkon	3,5/7			KW
	otáčky	710/1450			1/min.
elektrické napětí	síťové	380 V/50 Hz			V/Hz
	ovládací	24 V/50 Hz			
	osvětlení	24 V/50 Hz			
tlakový vzduch	pracovní tlak	0,5 ÷ 0,63			Mpa
	spotřeba vzduchu	0,006			m ³ /zdvih
	přípojka vzduchu	G 1/2 "			

Tab. 5

Oba zvolené výstředníkové lisy řady LEN 25 C a 40 C jsou určeny pro všechny práce lisováním za studena, jako je stříhání, vystřihování, děrování, ostřihování, ražení, ohýbání, rovnání, protlačování, jemné tažení apod. Pohon lisu zabezpečuje přepínatelný dvojotáčkový elektromotor, čím je daná možnost volit počet zdvihů beranu podle technologické potřeby. Na lisech je použita pneumaticky ovládaná lamelová spojka, mechanicky spřažená s lamelovou třecí brzdou.

Hlavní přednosti lisů jsou:

- přestavení beranu
- měnitelnost velikosti zdvihu
- pneumatické vyvažování beranu
- přesné, predloužené samomazné vedení beranu
- valivé uložení výstředníkového hřídele a ojnice
- třecí obložení spojky-brzdy, vyhovující hygienickým normám
- ulehčené a přesně určené nastavení řídicích a kontrolních vaček
- možnost použití mechanizačního a automatizačního příslušenství



Obr. 5.9 - lis řady LEN 40 C

Vůle mezi střížnicí a střížníkem:

- vůle se pro běžné stříhání volí z tabulek, kde pro tloušťku plechu 1mm je universální střížné vůle 0,1mm
- vůle můžeme stanovit také podle vzorců sestavených na základě praktických zkušeností

Varianta bez ohybu:

$$V = 2 \cdot m = 2 \cdot 0,070108 = 0,1402mm \quad (5.34)$$

$$m = \frac{v}{2} = c \cdot t \cdot 0,32\sqrt{k_s} = 0,010 \cdot 1 \cdot 0,32\sqrt{480} = 0,070108mm \quad (5.35)$$

$$k_s = \frac{F_s}{S_s} = \frac{158640}{330,5} = 480 \quad (5.36)$$

Varianta s ohybem:

$$V = 2 \cdot m = 2 \cdot 0,070108 = 0,1402mm \quad (5.34)$$

$$m = \frac{v}{2} = c \cdot t \cdot 0,32\sqrt{k_s} = 0,010 \cdot 1 \cdot 0,32\sqrt{480} = 0,070108mm \quad (5.35)$$

$$k_s = \frac{F_s}{S_s} = \frac{299184}{623,3} = 480 \quad (5.36)$$

kde: m – střížná mezera [mm]
v - střížná vůle [mm]
 k_s - střížný odpor [-]
t – tloušťka stříhaného materiálu [mm]
c – (0,005 až 0,025) – koeficient závislý na stupni stříhu. Pro dosažení jakostního povrchu se volí nižší hodnoty koeficientu.

Základní rozměry střížnice a střížníku dle ČSN 22 6015

Výpočet základních rozměrů střížnice při vystřihování dle ČSN 22 6015

$$REV = (JR - P) + TE \quad [\text{mm}] \quad (5.37)$$

kde: REV – rozměr střížnice při vystřihování [mm]
TE – výrobní tolerance střížnice [mm]
JR – jmenovitý rozměr součásti [mm]
P – přípustná míra opotřebení [mm]

Např. pro rozměr: 133 mm
 $REV = (133 - 0,38) + 0,160 = 132,62 + 0,160 = 132,78 \text{ mm}$

115 mm
 $REV = (115 - 0,35) + 0,140 = 114,65 + 0,140 = 114,79 \text{ mm}$

19mm
 $REV = (19 - 0,25) + 0,100 = 18,75 + 0,100 = 18,85 \text{ mm}$

Výpočet základních rozměrů střížníku při děrování dle ČSN 22 6015

$$RAD = (JR + P) - TA \quad [\text{mm}] \quad (5.38)$$

kde: RAD – rozměr střížníku při děrování [mm]
JR – jmenovitý rozměr součásti [mm]
P – přípustná míra opotřebení [mm]
TA – výrobní tolerance střížníku [mm]

Např. pro rozměr: 5mm
 $RAD = (5 - 0,025) + 0,005 = 4,975 + 0,005 = 4,98 \text{ mm}$

Těžiště počtetně:

Varianta bez ohybu: (5.7)

$$x = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3 + F_4 \cdot x_4 + F_5 \cdot x_5 + F_6 \cdot x_6 + F_7 \cdot x_7}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7}$$

$$x = \frac{27,5 \cdot 11 + 37,5 \cdot 11 + 251 \cdot 11,1 + 180 \cdot 31,5 + 45 \cdot 12,8 + 67 \cdot 14,3 + 25,5 \cdot 42,5}{27,5 + 37,5 + 251 + 180 + 45 + 67 + 25,5}$$

$$x = \frac{11788,95}{633,5}$$

$$x = \underline{\underline{18,6092 \text{ mm}}}$$

$$y = \frac{F_1 \cdot y_1 + F_2 \cdot y_2 + F_3 \cdot y_3 + F_4 \cdot y_4 + F_5 \cdot y_5 + F_6 \cdot y_6 + F_7 \cdot y_7}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7}$$

$$y = \frac{27,5 \cdot 7,3 + 37,5 \cdot 11 + 251 \cdot 66,5 + 180 \cdot 70 + 45 \cdot 121 + 67 \cdot 130 + 25,5 \cdot 132}{27,5 + 37,5 + 251 + 180 + 45 + 67 + 25,5}$$

$$y = \frac{47425,75}{633,5}$$

$$y = \underline{\underline{74,86306235 \text{ mm}}}$$

Varianta s ohybem: (5.7)

$$x = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3 + F_4 \cdot x_4 + F_5 \cdot x_5 + F_6 \cdot x_6 + F_7 \cdot x_7}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7}$$

$$x = \frac{221,65 \cdot 20,5 + 85,52 \cdot 34,75 + 68,61 \cdot 83,9 + 97,57 \cdot 82,6 + 180 \cdot 97,3 + 25,5 \cdot 109,25}{221,65 + 85,52 + 68,61 + 97,57 + 180 + 25,5}$$

$$x = \frac{41631,181}{678,85}$$

$$x = \underline{\underline{61,326 \text{ mm}}}$$

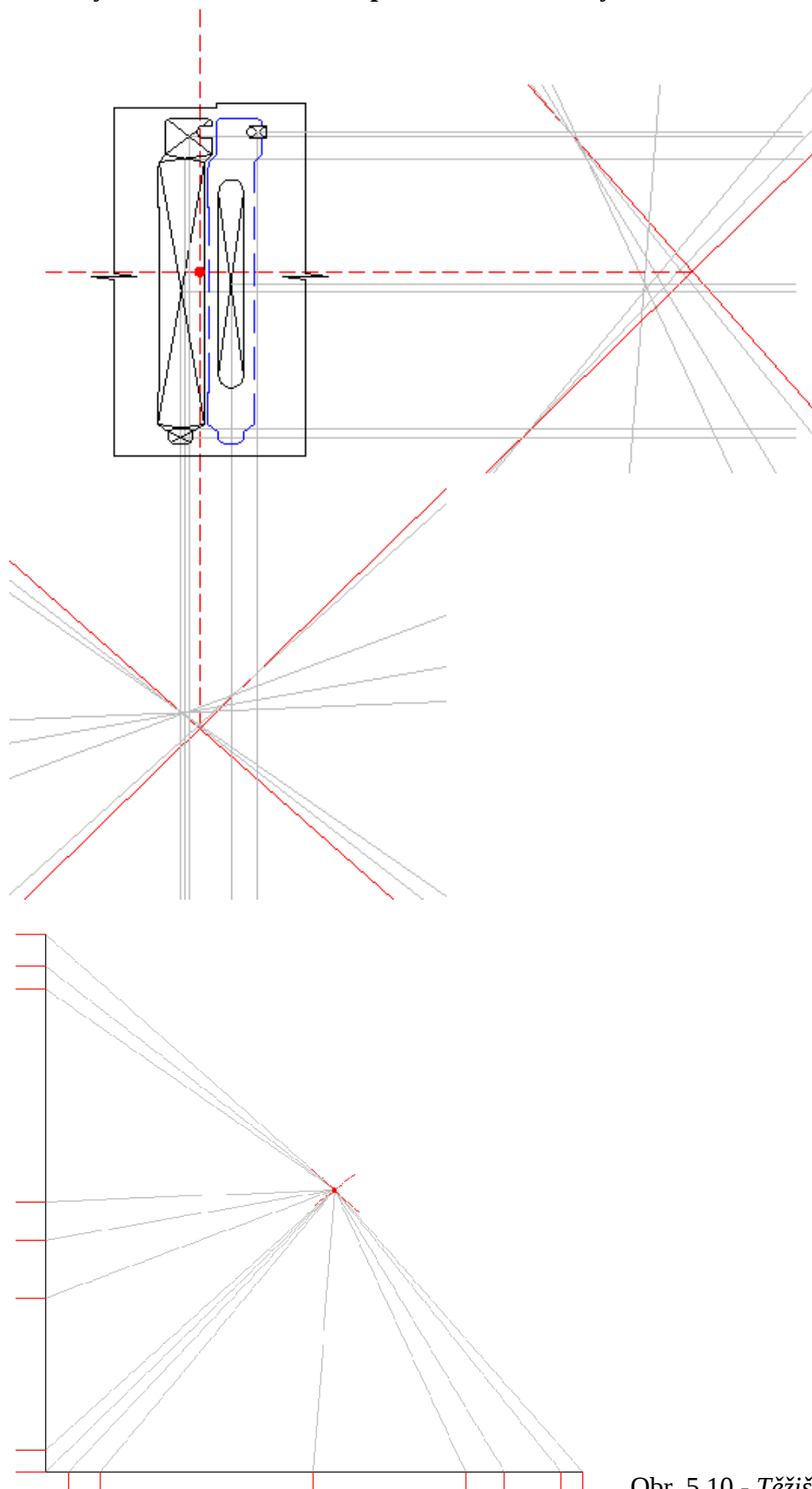
$$y = \frac{F_1 \cdot y_1 + F_2 \cdot y_2 + F_3 \cdot y_3 + F_4 \cdot y_4 + F_5 \cdot y_5 + F_6 \cdot y_6 + F_7 \cdot y_7}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7}$$

$$y = \frac{221,65 \cdot 72,75 + 85,52 \cdot 138,5 + 68,61 \cdot 14,39 + 97,57 \cdot 137,5 + 180 \cdot 78,5 + 25,5 \cdot 139,5}{221,65 + 85,52 + 68,61 + 97,57 + 180 + 25,5}$$

$$y = \frac{60059,9804}{678,85}$$

$$y = \underline{\underline{88,4731 \text{ mm}}}$$

Graficky zkonstruované těžiště pro variantu bez ohybu:



Obr. 5.10 - Těžiště

5.5 Technicko-ekonomické hodnocení

5.5.1 Výroba z tabule plechu

Plocha tabule 1000x2000mm $\Rightarrow S_v = 1000 \cdot 2000 = 2000000 = 2m^2$ (5.40)

Hmotnost jedné ocelové tabule plechu: (5.41)

$$h_{mot_1} = 2000 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot 7,85 = 15700000g \Rightarrow 15,7kg$$

Celková hmotnost tabulí ocelového plechu: (5.42)

$$h_{mot} = 802 \cdot 15,7 = 12591,4kg \Rightarrow 12,5914tun$$

Skutečná spotřeba plechu:

Varianta bez ohybu:

$$h_{motnost\ plechu} \cdot \% \text{ využití tabule} \quad (5.43)$$

$$12591,4 \cdot 0,788 = 9922,0232kg \Rightarrow 9,922tun$$

Varianta s ohybem:

$$h_{motnost\ plechu} \cdot \% \text{ využití tabule} \quad (5.43)$$

$$12591,4 \cdot 0,739 = 9305,0446kg \Rightarrow 9,305tun$$

Technologický odpad:

Varianta bez ohybu:

$$h_{motnost\ plechu} - \text{skutečná spotřeba} \quad (5.44)$$

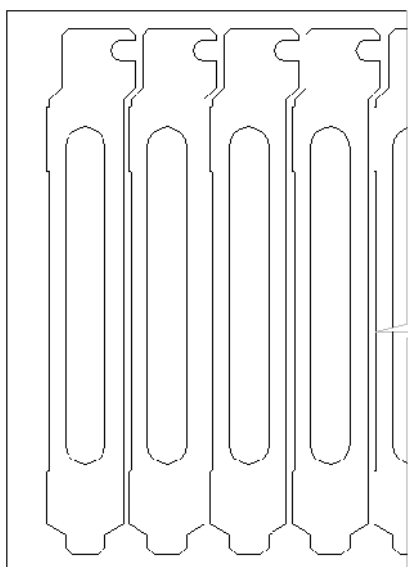
$$12591,4 - 9922,0232 = 2669,3768kg \Rightarrow 2,6693768tun$$

Varianta s ohybem:

$$h_{motnost\ plechu} - \text{skutečná spotřeba} \quad (5.44)$$

$$12591,4 - 9305,0446 = 3286,3554kg \Rightarrow 3,2863554tun$$

1. ZPŮSOB USPOŘÁDÁNÍ



Celkový počet kusů krytek na 1 kus tabule plechu 1000x2000

$$f = \frac{n_1}{u} = \frac{1000}{142} = 6,96 \Rightarrow 6ks \quad (5.45)$$

Varianta bez ohybu:

$$g = \frac{n_2}{v} = \frac{2000}{20,5} = 97,5 \Rightarrow 97ks \quad (5.46)$$

$$PC_{celk} = f \cdot g = 6 \cdot 97 = 582ks \quad (5.47)$$

Varianta s ohybem:

$$g = \frac{n_2}{v} = \frac{2000}{22} = 90,9 \Rightarrow 90ks \quad (5.46)$$

$$PC_{celk} = f \cdot g = 6 \cdot 90 = 540ks \quad (5.47)$$

Obr. 5.11

Varianta bez ohybu:

(5.48)

$$\text{Plocha všech výstřížků z tab. plechu} \Rightarrow S_{kr} = PC_{celk} \cdot S_v = 582 \cdot 0,002527 = 1,470714 m^2$$

$$\text{Procentní využití tabule plechu} \Rightarrow Pt = \frac{PC_{celk}}{2} = \frac{1,470714}{2} \cdot 100 = 73,5\% \quad (5.49)$$

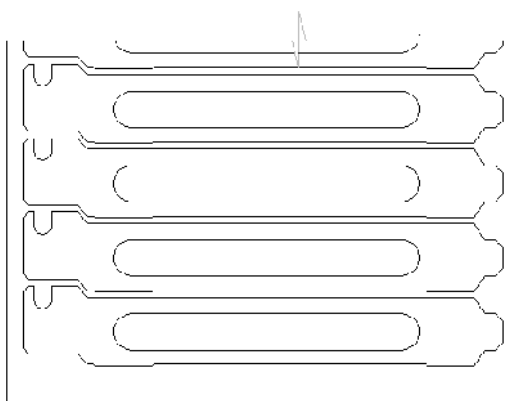
Varianta s ohybem:

(5.48)

$$\text{Plocha všech výstřížků z tab. plechu} \Rightarrow S_{kr} = PC_{celk} \cdot S_v = 540 \cdot 0,002527 = 1,36458 m^2$$

$$\text{Procentní využití tabule plechu} \Rightarrow Pt = \frac{PC_{celk}}{2} = \frac{1,36458}{2} \cdot 100 = 68,2\% \quad (5.49)$$

2. ZPŮSOB USPOŘÁDÁNÍ



Celkový počet kusů krytek na 1 kus tabule plechu 1000x2000

Varianta bez ohybu:

$$j = \frac{n_1}{v} = \frac{1000}{20,5} = 48,7 \Rightarrow 48ks \quad (5.50)$$

$$PC_{celk} = j \cdot q = 48 \cdot 13 = 624ks \quad (5.52)$$

Varianta s ohybem:

$$j = \frac{n_1}{v} = \frac{1000}{22} = 45,45 \Rightarrow 45ks \quad (5.50)$$

$$PC_{celk} = j \cdot q = 45 \cdot 13 = 585ks \quad (5.52)$$

Obr. 5.12

$$q = \frac{n_2}{u} = \frac{2000}{142} = 13,93 \Rightarrow 13ks \quad (5.51)$$

Varianta bez ohybu:

(5.53)

Plocha všech výstřížků z tab. plechu

$$\Rightarrow S_{kr} = PC_{celk} \cdot S_v = 624 \cdot 0,002527 = 1,576848 m^2 \quad (5.54)$$

Procentní využití tabule plechu

$$\Rightarrow Pt = \frac{PC_{celk}}{2} = \frac{1,576848}{2} \cdot 100 = 0,788424 \cdot 100 = 78,8\%$$

Varianta s ohybem:

(5.53)

Plocha všech výstřížků z tab. plechu

$$\Rightarrow S_{kr} = PC_{celk} \cdot S_v = 585 \cdot 0,002527 = 1,478295 m^2 \quad (5.54)$$

Procentní využití tabule plechu

$$\Rightarrow Pt = \frac{PC_{celk}}{2} = \frac{1,478295}{2} \cdot 100 = 0,739147 \cdot 100 = 73,9\%$$

Hodnocení variant výroby z tabule plechu z ekonomického hlediska [10]

Cena za 1 kus tabule plechu 1x1000x2000 vychází v současné době od firmy Feron na 397,92Kč bez DPH, (477,50Kč včetně 20% DPH).

Tloušťka		1,0 mm
Šířka		1000 mm
Délka		2000 mm
Hmotnost		7,85 kg/m ²
Mezní úchylka rovinnosti na délku 1000 mm		12 mm
Mezní úchylka šířky		5 mm
Mezní úchylka tloušťky		±0,09 mm
Mezní úchylka délky		10 mm
Úchylka pravoúhlosti může být pouze taková, aby bylo možné z dodávaných tabulí vystříhnout (vyřezat) pravoúhlé tabule objednávaných rozměrů		
Střední aritmetická odchylka profilu	Ra	0,63 – 2,00 µm
Jakost povrchu		.2
Stav povrchu		matný - po celé ploše od jemně zdrsňených válců
Stav a stupeň přetváření		plechy se dodávají rekrystalizačně žíhané s následným lehkým převálcováním za studena
Hrany		obstřížené
Poznámka Jakost povrchu .2 Pórovitost, rýhy, prohloubeniny, vyvýšeniny a poškrábání je dovoleno v rozsahu mezních úchylek tloušťky; počet chyb 5 na ploše 2 m ² , max. velikost jednotlivé chyby 5 mm ² . Náběhové zbarvení i zbarvení od válcovací emulze je dovoleno. Deformační čáry jsou dovoleny do vzdálenosti 60 mm od okraje. Natrhnutí je dovoleno do vzdálenosti 5 mm od okraje, ale nesmí zasahovat do jmenovité šířky plechu. Povrchová koroze (rovnoměrná i nerovnoměrná) je dovolena, pokud se rez dá odstranit mořením v 10% kyselině solné při normální teplotě po dobu 5 minut nebo vhodným drátěným kartáčem). U plechů dodávaných bez konzervace (olejování) je dovolena.		

Číslo položky	250161E
Značka oceli / materiál	11 321
TDP	ČSN 42 0117
Povrch	nemaštěný
Ceníková cena bez DPH	kg (24,87 Kč / kg)
	ks (397,92 Kč / ks)

Tab. 6 - Specifikace výrobku

1. ZPŮSOB USPOŘÁDÁNÍ

Potřebný počet kusů tabulí pro roční výrobu 500000 kusů krytek:

Varianta bez ohybu:

$$\frac{500000}{582} = 859,1 \Rightarrow \mathbf{860ks\ tabulí} \qquad 860ks \cdot 477,50Kč = \mathbf{410\ 650Kč}$$

Varianta s ohybem:

$$\frac{500000}{540} = 925,9 \Rightarrow \mathbf{926ks\ tabulí} \qquad 926ks \cdot 477,50Kč = \mathbf{442\ 165Kč}$$

Rozdíl mezi variantama činí **66** kusů tabulí plechu, tzn. **31 515Kč** za rok.

2. ZPŮSOB USPOŘÁDÁNÍ

Potřebný počet kusů tabulí pro roční výrobu 500000 kusů krytek:

Varianta bez ohybu:

$$\frac{500000}{624} = 801,2 \Rightarrow \mathbf{802ks\ tabulí} \qquad 802ks \cdot 477,50Kč = \mathbf{382\ 955Kč}$$

Varianta s ohybem:

$$\frac{500000}{585} = 854,7 \Rightarrow \mathbf{855ks\ tabulí} \qquad 855ks \cdot 477,50Kč = \mathbf{408\ 262,5Kč}$$

Rozdíl mezi variantama činí **53** kusů tabulí plechu, tzn. **25 307,5Kč** za rok.

Rozdíl mezi **1.** a **2.** způsobem uspořádáním krytek na plechu u varianty bez ohybu činí **58** kusů tabulí plechu, tzn. **27 695 Kč** za rok ve prospěch varianty **2.**

Rozdíl mezi **1.** a **2.** způsobem uspořádáním krytek na plechu u varianty s ohybem činí **71** kusů tabulí plechu, tzn. **33 902,5 Kč** za rok ve prospěch varianty **2.**

Z hlediska anizotropie materiálu při ohybu se jeví varianta číslo 1. jako vhodnější, avšak cenový rozdíl od varianty 2. je významný, anizotropie materiálu je zde sice vyšší než u varianty 1., ale s přihlédnutím na jednoduchost součásti je zanedbatelná, proto volím variantu **2.** z důvodu ekonomické výhodnosti.

5.5.2 Výroba ze svitku plechu

Hmotnost jednoho svitku plechu:

$$h_{mot_1} = 800000 \cdot 142 \cdot 1 \cdot 7,85 = 891760000 \text{ g} \Rightarrow 891,76 \text{ kg} \quad (5.41)$$

Celková hmotnost svitků plechu:

$$h_{mot} = 13 \cdot 891,76 = 11592,88 \text{ kg} \Rightarrow 11,592 \text{ tun} \quad (5.42)$$

Skutečná spotřeba plechu:

Varianta bez ohybu:

$$11592,88 \cdot 0,87 = 10085,8056 \text{ kg} \Rightarrow 10,085 \text{ tun} \quad (5.43)$$

Varianta s ohybem:

$$11592,88 \cdot 0,81 = 9390,2328 \text{ kg} \Rightarrow 9,39 \text{ tun} \quad (5.43)$$

Technologický odpad:

Varianta bez ohybu:

$$h_{motnost \text{ plechu}} - \text{skutečná spotřeba} \quad (5.44)$$

$$11592 - 10085 = 1507 \text{ kg} \Rightarrow 1,507 \text{ tun}$$

Varianta s ohybem:

$$h_{motnost \text{ plechu}} - \text{skutečná spotřeba} \quad (5.44)$$

$$11592 - 9390 = 2202 \text{ kg} \Rightarrow 2,202 \text{ tun}$$

Celkový počet kusů krytek na 1 kus svitku plechu 142x800000

$$gg = \frac{u_1}{v_1} = \frac{142}{133} = 1,067 \Rightarrow 1 \text{ ks} \quad (5.55)$$

Varianta bez ohybu:

$$hh = \frac{u_2}{v_2} = \frac{800000}{20,5} = 39024,39 \Rightarrow 39024 \text{ ks} \quad (5.56)$$

$$PC_{celk} = gg \cdot hh = 1 \cdot 39024 = \mathbf{39024 \text{ ks}} \quad (5.57)$$

Varianta s ohybem:

$$hh = \frac{u_2}{v_2} = \frac{800000}{22} = 36363,6 \Rightarrow 36363 \text{ ks} \quad (5.56)$$

$$PC_{celk} = gg \cdot hh = 1 \cdot 36363 = \mathbf{36363 \text{ ks}} \quad (5.57)$$

Hodnocení varianty výroby ze svitku plechu z ekonomického hlediska

Cena za 1 kus svitku 142 x 800000 x 1 je v současné době 25677,96Kč –
MONTAN OCEL spol s.r.o. [15]

Potřebný počet kusů svitků pro roční výrobu 500000 kusů krytek:

Varianta bez ohybu:

$$\frac{500000}{39024} = 12,81 \Rightarrow \mathbf{13 \text{ ks svitků}}$$

$$13 \text{ ks} \cdot 25677,96 \text{ Kč} = \mathbf{333 \text{ 813,48 Kč}}$$

Varianta s ohybem:

$$\frac{500000}{36363} = 13,75 \Rightarrow \mathbf{14 \text{ ks svitků}}$$

$$14 \text{ ks} \cdot 25677,96 \text{ Kč} = \mathbf{359 \text{ 491,44 Kč}}$$

5.5.3 Technicko-ekonomické porovnání – volba optimální varianty

Po propočítání obou způsobů upořádání krytek na pásu plechu, vychází výhodněji vždy varianta číslo 2. jak u varianty bez ohybu s cenou 382 955 Kč, tak u varianty s ohybem 408 262,5 Kč.

Při propočítání varianty výroby ze svitku plechu, vyšla cena u varianty bez ohybu na 333 813,48 Kč a u varianty s ohybem na 359 491,44 Kč

Výroba krytky vychází levněji při výrobě ze svitku plechu. Volím tedy výrobu ze svitku plechu, protože odpadá časté vkládání, rozstřihování a manipulace s plechem a náročnější obsluha, která ještě více zvyšuje náklady u řešení z pásu plechu.

Uvedený vyšší podíl automatizace (využití svitku) u velkosériové výroby znamená pro celkové řešení výroby zásadní úsporu pracnosti a tím i úspory mzdových prostředků a souvisejících provozních (manipulačních) nákladů. Z detailního propočtu bodu zvratu lze usuzovat, že uvedené úspory pracnosti, provozních nákladů, ale i nákladů na formátovaný materiál (tabule plechu) budou znamenat velmi příznivé vstupy na základě nichž lze očekávat, že realizace daného projektu bude velmi efektivní.

U zvolené výroby krytky ze svitku plechu budeme dále pokračovat variantou s ohybem, přestože oproti variantě bez ohybu vychází nákladněji. Její výroba, ale bude probíhat plynuleji a v konečném důsledku i ekonomičtěji, protože nebude zapotřebí zakoupení externí ohýbačky a také zajištění transferu vystřižených krytek z postupového stříhadla k ní, tak jak by to bylo nutné právě u varianty bez ohybu.

Ekonomické hodnocení stanovuje náklady související s výrobou součásti a následném určení od jakého množství výrobků se stane výroba zisková, stanoví se tzv. bod zvratu.

a) Náklady na materiál

Již byly stanoveny v kapitole 4.4.2

b) Náklady na mzdy

Přípravný čas $t_p = 0,5 \text{ hod}$ na směnu, výrobní čas $t_v = 6,5 \text{ hod}$ na směnu a kontrolní čas $t_k = 0,5 \text{ hod}$ na směnu.

Počet vyrobených součástí za hodinu

Počet zdvihů lisu je zvolen $n_z = 35 \text{ min}^{-1}$.

$$n_{sh} = n_z \cdot 60 = 35 \cdot 60 = 2100 \text{ ks / hod.}$$

Počet vyrobených součástí za směnu

$$n_{ss} = n_{sh} \cdot t_v = 2100 \cdot 6,5 = 13650 \text{ ks/směna}$$

Počet směn

$$n_{sm} = \frac{Q}{n_{ss}} = \frac{500000}{13650} = 36,63 \Rightarrow \text{pro výrobu součástí je potřeba 13 směn}$$

Počet hodin potřebných na výrobu

$$n_h = n_{sm} \cdot (t_p + t_v + t_k) = 37 \cdot (0,5 + 6,5 + 0,5) = 277,5 \text{ hod.}$$

Celkové náklady na mzdy

$$N_{mz} = n_h \cdot 120 = 277,5 \cdot 120 = 33200 \text{ Kč}$$

Přímé mzdy

$$P_m = N_{mz} \cdot SZ = 33200 \cdot 1,34 = 44622 \text{ Kč}$$

c) Náklady na spotřebovanou energii

Lis LEN 40 C má při max. zatížení příkon $P = 7 \text{ kW}$.

Cena energie: $4,8 \text{ Kč/kWh}$

Za hodinu se vyrobí 2100ks krytek při ceně :

$$\frac{7 \text{ kW} \cdot 4,8 \text{ Kč / kWh}}{35 \text{ ks / min} \cdot 60 \text{ min}} = 0,016 \text{ Kč / ks}$$

Celkový příkon strojů

$$P_C = P_L + P_p = 7 + 5 = 12 \text{ kW}$$

Náklady na spotřebovanou elektrickou energii

$$N_e = P_C \cdot n_h \cdot C_e = 12 \cdot 277,5 \cdot 4,8 = 15984 \text{ Kč}$$

d) Celkové náklady na mzdy a režii

Výrobní režie je 390% z $P_m \Rightarrow VR = 3,9$

Správní režie je 120% z $P_m \Rightarrow SR = 1,2$

$$N_{mr} = P_m \cdot (VR + SR) = 44622(3,9 + 1,2) = 227572,2 \text{ Kč}$$

e) Cena součásti

Náklady na materiál jedné součásti

$$N_{ml} = \frac{N_{mc}}{Q} = \frac{359492}{500000} = 0,72 \text{ Kč / ks}$$

Náklady na výrobu jedné součásti

$$N_{vl} = \frac{N_{mr} + N_n}{Q} + N_{ml} = \frac{227572 + 150000}{500000} + 0,72 = 1,475 \Rightarrow 1,48 \text{ Kč / ks}$$

Celková cena součásti – s uvažováním zisku

Je uvažován zisk 30% $\Rightarrow Z = 1,3$

$$C_c = N_{vl} \cdot Z = 1,48 \cdot 1,3 = 1,924 \text{ Kč / ks}$$

f) Určení bodu zvratu

Fixní náklady

$$FN = N_{mr} + N_n - P_m = 227572 + 150000 - 44622 = 332950 \text{ Kč}$$

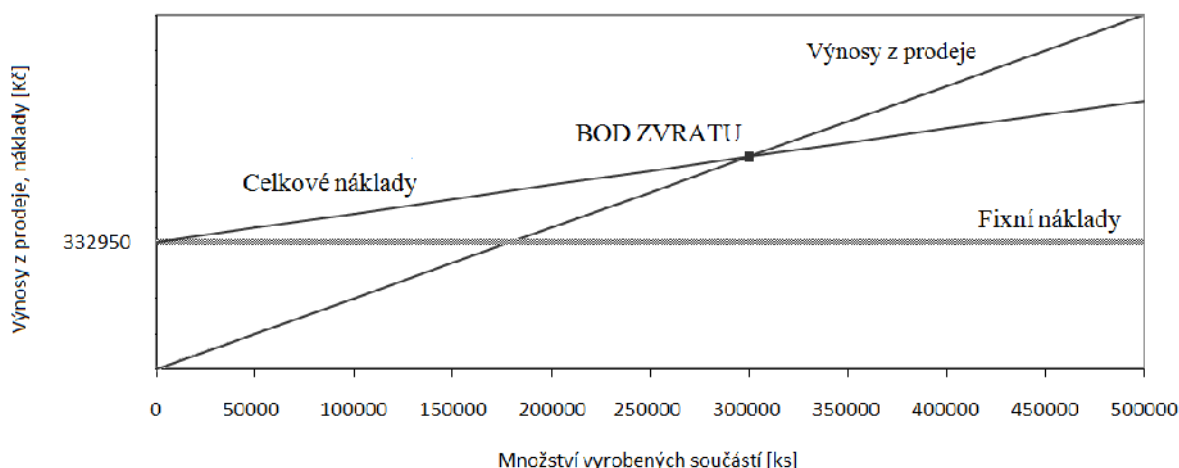
Variabilní náklady

$$VN = N_{ml} + \frac{P_m}{Q} = 0,72 + \frac{44622}{500000} = 0,809 \text{ Kč / ks}$$

Bod zvratu

$$Z = \frac{FN}{C_c - VN} = \frac{332950}{1,924 - 0,809} = 298609,86 \text{ ks} \Rightarrow 298610 \text{ ks}$$

Při vyrobení 298.610ks součástí nastává bod zvratu a další výroba součástí je potom již zisková. Vzhledem k celkovému počtu vyráběných součástí 500.000ks je tedy jasné, že výroba podle navržené technologie bude z ekonomického hlediska efektivní. Poloha bodu zvratu je pro názornost graficky určena na obrázku.



Graf. 7 – Určení bodu zvratu

5.5.4 Ocenění některých součástí postupového stříhadla

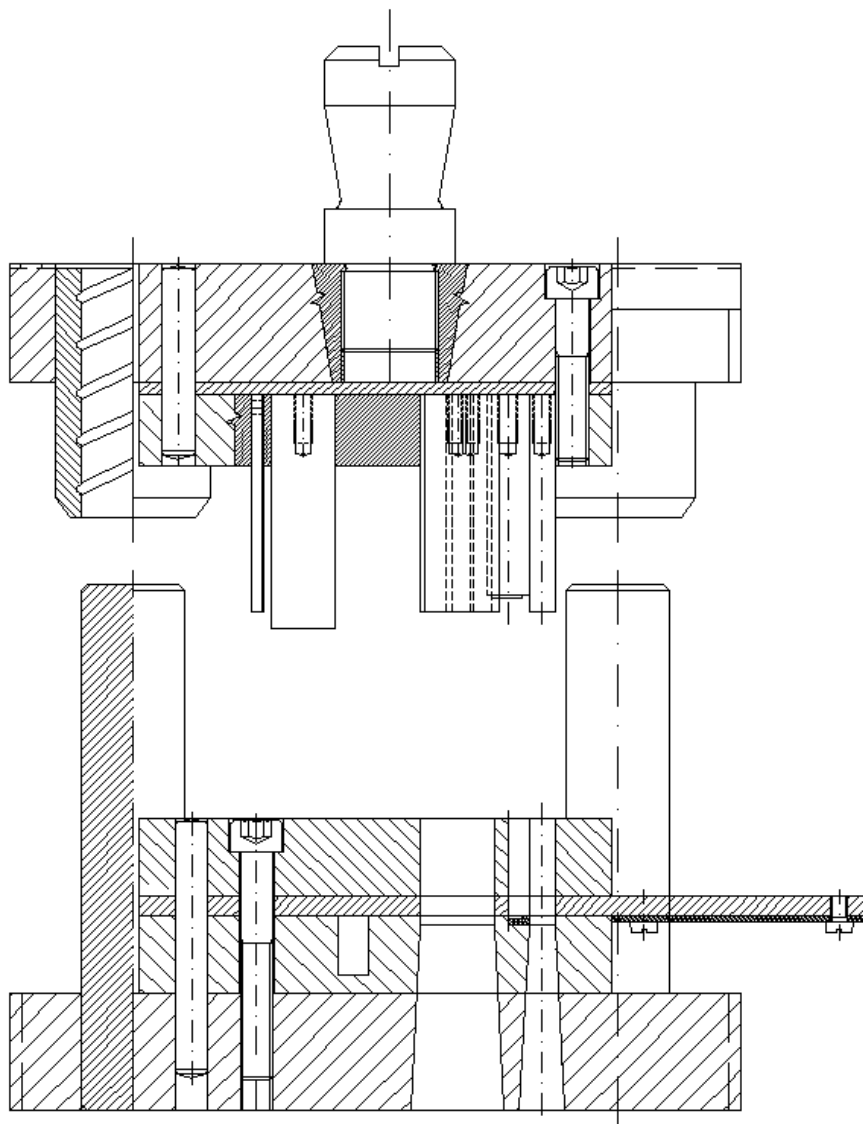
Cena celého nástroje činí cca 150 000 Kč.

Součást	Kusů	Cena [Kč]	Součást	Kusů	Cena [Kč]
Základní deska	1	9562	Střížník očko	1	3452
Opěrná deska	1	8756	Střížník vrch	1	5426
Střížnice	1	35123	Střížník spodní	1	5123
Vodící deska	1	18623	Střížník dělicí	1	4588
Kotevní deska	1	25423	Průtlačník	1	3995
Upínací deska	1	6425	Ohybník	1	4125
Podpěrný plech	1	395	Stopka	1	755
Vodící lišta	1	4485			

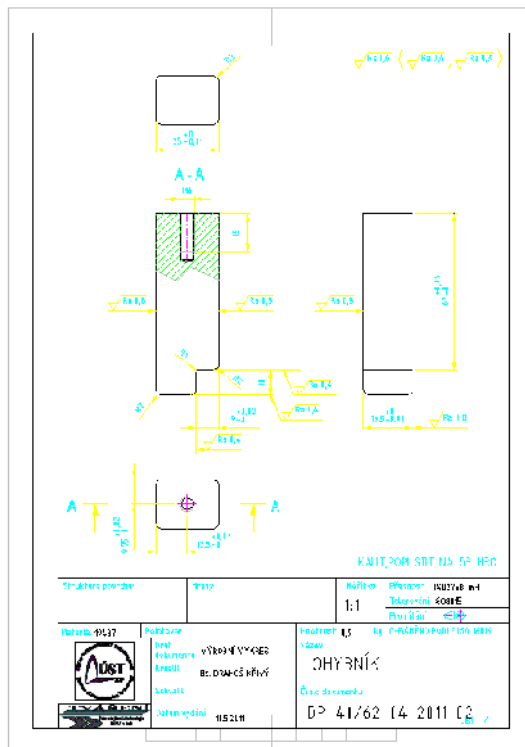
Tab.6 - Ocenění součástí nástroje (ceny jsou pouze orientační k datu 2.11. 2010)

5.6 Návrh postupového stříhadla

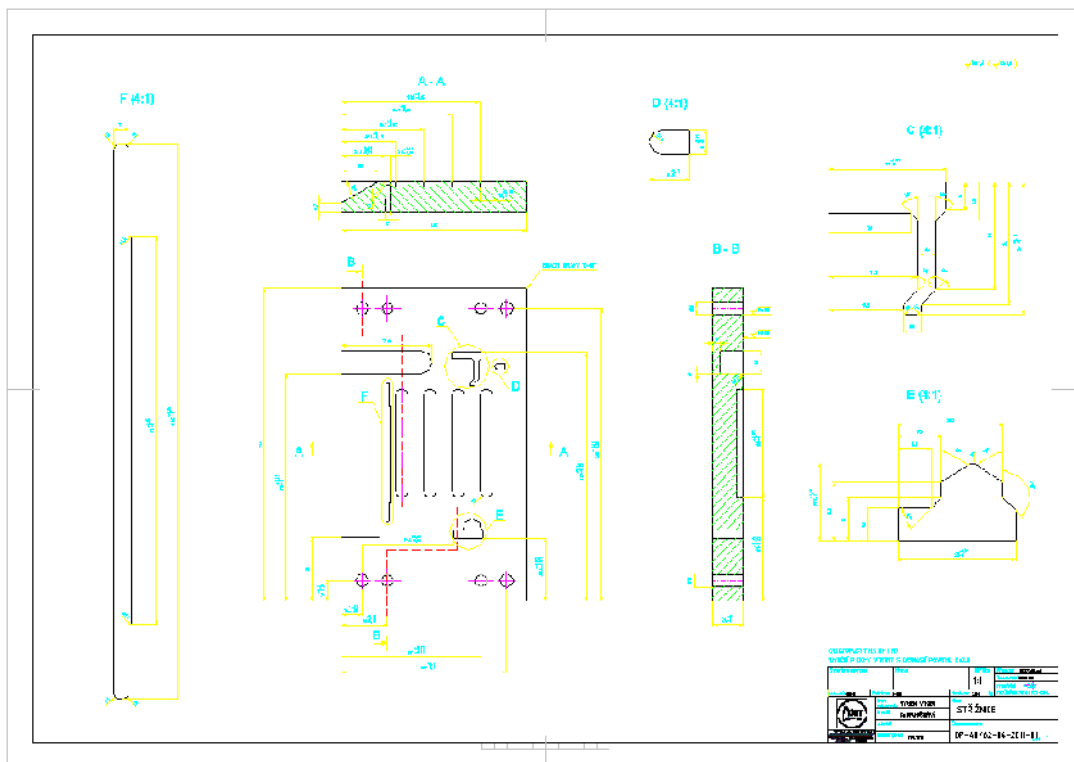
Výkres sestavy postupového stříhadla (DP-40/62-05-2011) je přiložen v příloze.



Obr.5.13 - Návrh sestavy postupového stříhadla



Obr. 5.15 - Výrobní výkres ohybníku
výkres: DP-40/62-04-2011-02



Obr. 5.13 – Výrobní výkres střížnice
výkres: DP-40/62-04-2011-04

5.7 Náklady spojené s povrchovou úpravou dílce

Pro širší nabídku variant a větší konkurence-schopnost krytek je možné do výroby zahrnout i povrchové úpravy v následujících cenových relacích:

Povrchová úprava mořením [12]

Ve spolupráci s firmou FK System Brno s.r.o., Chrlická 661, 664 42 Brno-Modřice.



název výrobku	podrobnosti	balení	cena/kg	cena/balení
ANTOX 3d	mořicí pasta na lesklé povrchy	2 kg	260,-	520,-
ANTOX 71 E	mořicí pasta	2 kg	223,-	446,-
ANTOX 71 E Extra	mořicí pasta	2 kg	232,-	464,-
ANTOX 73 E	mořicí gel	20 kg	188,-	3760,-
ANTOX 73 E Plus	mořicí gel	20 kg	193,-	3860,-
ANTOX 73 E Extra	mořicí gel	20 kg	198,-	3960,-
ANTOX 75 E Extra	čistič na hliník	30 kg	88,-	2640,-
ANTOX 80 E	mořicí lázeň	30 kg	86,-	2580,-
ANTOX 90 E	pasivační roztok	30 kg	61,-	1830,-

Tab.5 - Mořicí lázeň ANTOX 80 E od firmy FK System Brno s.r.o.

Plocha výstřižku je $2527mm^2 = 0,002527m^2$ (AutoCad 2005)

Celková plocha krytek za rok: $500000 \cdot 0,002527 = 1263,5m^2$

1kg mořicího roztoku vystačí na $20 \div 25m^2$

Potřebné množství mořicí lázně: $\frac{1263,5}{22,5} = 56,155 \Rightarrow 57kg$

Cena za sérii 500000ks krytek: $57kg \cdot 86Kč = 4902Kč$

Cena moření jedné krytky: $4902Kč \div 500000ks = 0,0098Kč$

Povrchová úprava fosfátováním a lakováním [13]

Ve spolupráci s firmou Turlak s.r.o., Komenského 1018, 664 53 Újezd u Brna



Ruční odmaštění *	25,- Kč/m ²
Základní nátěr*	60,- Kč/m ²
Dvousložkový nátěr*	90,- Kč/m ²
Zákl. + vrchní nátěr jednosložkovou barvou*	170,- Kč/m ²
Zákl. + vrchní nátěr dvousložkovou barvou*	250,- Kč/m ²

Tab.6 - Přehled cen mokré lakovny od firmy TURLAK

*) Cena jednotlivé zakázky se vypočítává individuálně - závisí na členitosti výrobku, zvolené barvě, náročnosti při manipulaci a celkovém množství. Uvedená cena je při síle nátěru 70 - 80 µm.

Cena za fosfátování a základní nátěr činí: $25 + 60 = 85 \text{ Kč} / \text{m}^2$

Cena za roční sérii krytek: $1263,5 \text{ m}^2 \cdot 85 \text{ Kč} = 107397,5 \text{ Kč}$

Cena úpravy jedné krytky: $107397,5 \text{ Kč} \div 500000 \text{ ks} = 0,22 \text{ Kč}$

Cena za fosfátování a dvousložkový nátěr: $25 + 90 = 115 \text{ Kč} / \text{m}^2$

Cena za roční sérii krytek: $1263,5 \text{ m}^2 \cdot 115 \text{ Kč} = 145302,5 \text{ Kč}$

Cena úpravy jedné krytky: $145302,5 \text{ Kč} \div 500000 \text{ ks} = 0,30 \text{ Kč}$

Cena za fosfát. a zákl.+vrchní nátěr jednosložk. barvou: $25 + 170 = 195 \text{ Kč} / \text{m}^2$

Cena za roční sérii krytek: $1263,5 \text{ m}^2 \cdot 195 \text{ Kč} = 246382,5 \text{ Kč}$

Cena úpravy jedné krytky: $246382,5 \text{ Kč} \div 500000 \text{ ks} = 0,50 \text{ Kč}$

Cena fosfát. a zákl.+vrchní nátěr dvousložk. barvou: $25 + 250 = 275 \text{ Kč} / \text{m}^2$

Cena za roční sérii krytek: $1263,5 \text{ m}^2 \cdot 275 \text{ Kč} = 347462,5 \text{ Kč}$

Cena úpravy jedné krytky: $347462,5 \text{ Kč} \div 500000 \text{ ks} = 0,70 \text{ Kč}$

Bez povrchové úpravy: 0 Kč

Tryskání – pískování: 1000,- Kč/hod**

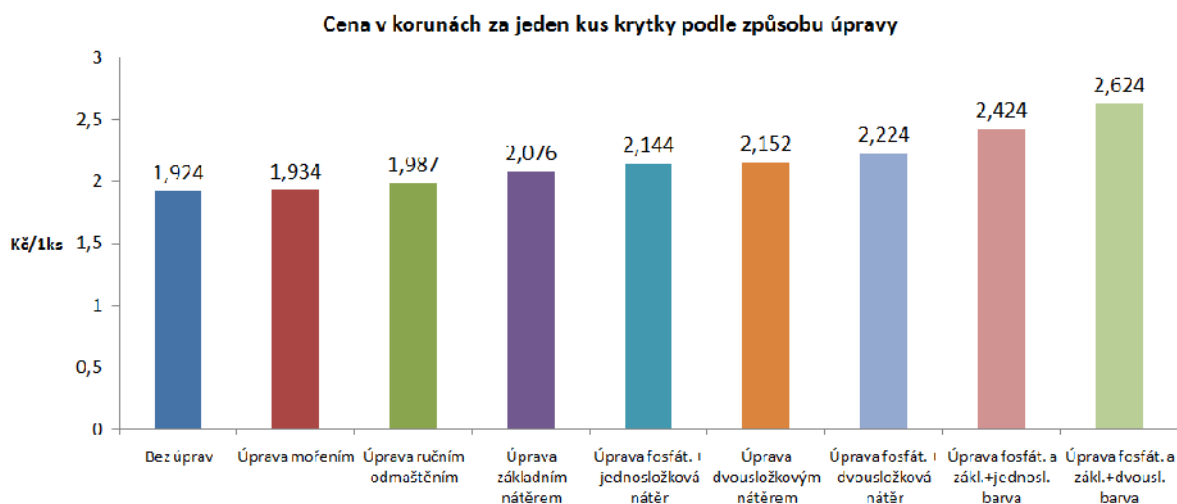
Fosfátování: 800,- Kč/hod**

Chromátování, titanování: 900,- Kč/hod**

**) Uvedené ceny jsou pouze orientační. Skutečná cena se vypočítá dle individuálních parametrů výrobku

Náklady na výrobu jednoho kusu krytky u vybraných povrchových úprav:

Cena bez úprav:	1,924Kč/ks
Cena včetně úpravy mořením:	1,934Kč/ks
Cena včetně úpravy základním nátěrem:	2,076Kč/ks
Cena včetně úpravy dvousložkovým nátěrem:	2,152Kč/ks
Cena včetně úpravy ručním odmaštěním:	1,987Kč/ks
Cena včetně úpravy fosfát. + jednosložková nátěr:	2,144Kč/ks
Cena včetně úpravy fosfát. + dvousložková nátěr:	2,224Kč/ks
Cena včetně úpravy fosfát. a zákl.+jednosl. barva:	2,424Kč/ks
Cena včetně úpravy fosfát. a zákl.+dvousl. barva:	2,624Kč/ks



Graf. 8 – Cena krytky pod povrchové úpravy

Konkurenční výrobce, jakým je například firma Redstar, která je provozovaná společností Starcom International. s.r.o. sídlící na adrese Štramberská 1049/20, 703 00 Ostrava-Vítkovice, (<http://www.redstar.cz>), prodává jednu krytku bez povrchových úprav za 4 Kč. [14]

Detail zboží



Záslepka - kovová PCI slot, 10 pack

Balení obsahuje: 10 x kovová záslepka do PCI slotu



Popis produktu

10 kusů kovových záslepek do PCI slotu

dodací lhůta: 1

záruka: 24 měsíců

Kód zboží: 04100100075

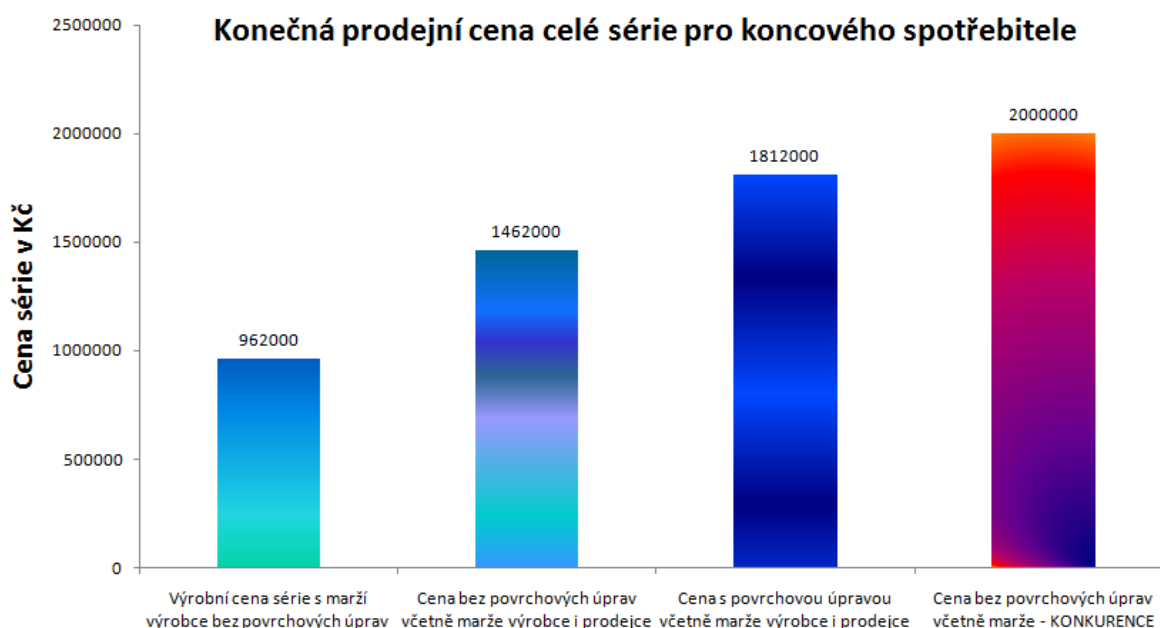
Skladem: Ano

Cena: 40 Kč s DPH

Obr. 5.14 – Cena krytky u konkurence [14]

Naše výrobní cena jedné krytky bez povrchových úprav včetně 30% marže vychází na 1,924Kč, náklady na celou sérii tedy vycházejí na 962.000Kč. Po připočtení balného, dopravného a marže prodejce se cena maximálně navýší na 2,924Kč a celá série pak přijde na 1.462.000Kč. Krytka vyrobená včetně 30% marže a nejdražší zmiňovanou variantou povrchově upravená stojí 2,624Kč. Po připočtení balného, dopravného a marže prodejce vychází na 3,624Kč a celá série na 1.812.000Kč.

Konkurenční prodejce prodává krytky bez povrchových úprav za 4Kč za kus. Celkově by zadaná série u konkurence vyšla na 2.000.000Kč a cena série s povrchovou úpravou ještě draže.



Graf. 9 – Konečná prodejní cena série pro koncového spotřebitele

6. TECHNOLOGICKÝ PROJEKT DÍLNY

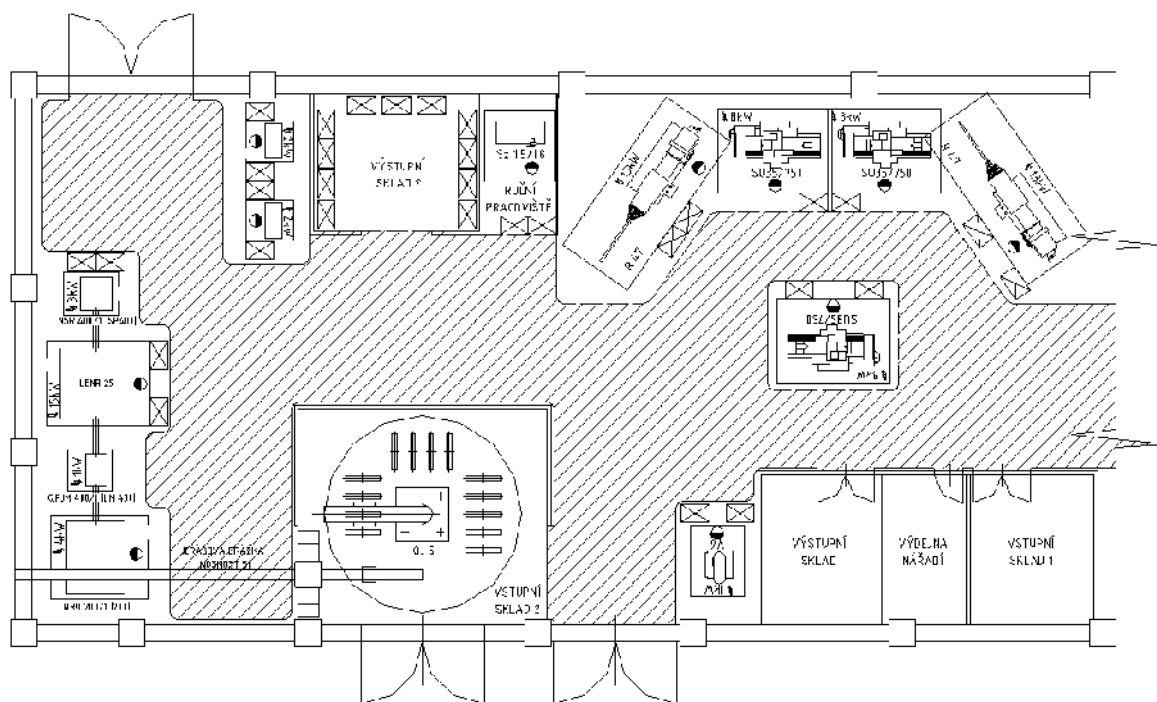
Při zpracování výrobní dispozice pro výrobu krytky a zachování současné výroby je již uvažováno s výstavbou nové haly, neboť stávající výrobní halu není možné dále rozšiřovat a bezpečnost práce a rozestupů strojů je na samotné hranici předpisů.

Současná plocha výrobní haly je cca 250 m² o rozměrech 6m x 41,5m (obr. 6.1).

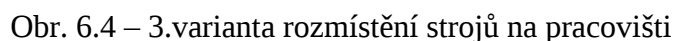
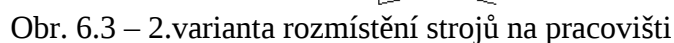


Obr. 6.1 – Stávající výrobní prostory

Z celkově tří variant (obr. 6.2; obr. 6.3; obr. 6.4) rozmístění strojů na pracovišti v nové výrobní hale, které byly jako možné hodnoceny, byl jako finální návrh po konzultaci s majitelem firmy, panem Valouchem a vedoucím práce, vybrán návrh varianty číslo 3 zobrazený na obrázku 6.4.



Obr. 6.2 – 1.varianta rozmístění strojů na pracovišti



Výkres finálního návrhu výrobní haly (DP-40/62-04-2011-01) je přiložen v příloze.

7. ZÁVĚR

Úkolem této práce bylo zpracovat literární studii, zhodnotit současný stav a technologičnost dílce, zpracovat návrh možných variant výroby, jejich ekonomické posouzení, pro vybranou variantu vyhotovit technologický projekt dílny a navržení nástroje (postupového stříhadla) pro výrobu krytky počítače pro firmu Jiří Valouch – KOVOVÝROBA.

Při navrhování technologie výroby bylo využito současných teoretických poznatků problematiky stříhání, ohýbání a lisování uvedených v dostupné literatuře a textech, případně z jiných zdrojů.

Sestava postupového stříhadla je navržena podle platných norem rozměrů i bezpečnosti a doplněna nezbytnými konstrukčními výpočty. Vzhledem k zadané velkosériovosti (500.000ks) bylo žádoucí oproti malosériové výrobě zařadit do výrobního procesu vyšší podíl automatizace, což je v rámci technologického projektu výroby řešeno odpovídajícím vybavením, které v konečném důsledku znamená i úsporu mzdových prostředků několika pracovníků. Technologickými výpočty a navazujícím technicko-ekonomickým hodnocením byla jako nejvhodnější varianta navržena výroba ze svitku plechu. Z tohoto důvodu je výrobní linka opatřena odvíjecím zařízením s rovnačkou, jednostranným válečkovým podavačem s vlastním pohonem, lisem a nůžkami na odpad.

Případné povrchové úpravy krytek, které mohou být realizovány na přání zákazníka, jsou řešeny ve spolupráci s firmou Turlak s.r.o., která provádí lakování, fosfátování, chromátování a firmou FK System Brno s.r.o., která zajišťuje povrchovou úpravu formou moření.

Výrobní cena jedné krytky bez povrchových úprav včetně 30% marže vychází na 1,924Kč, náklady na celou sérii tedy vycházejí na 962.000Kč. Po připočtení balného, dopravného a marže prodejce se cena maximálně navýší na 2,924Kč a celá série pak přijde na 1.462.000Kč. Krytka vyrobená včetně 30% marže a nejdražší zmiňovanou variantou povrchově upravená stojí 2,624Kč. Po připočtení balného, dopravného a marže prodejce vychází na 3,624Kč a celá série na 1.812.000Kč.

Konkurenční prodejce prodává krytky bez povrchových úprav za 4Kč za kus. Celkově by zadaná série u konkurence vyšla na 2.000.000Kč a cena série s povrchovou úpravou ještě draže.

To tedy znamená, že zvolená varianta výroby v této diplomové práci je oproti konkurenční výrobě ekonomicky úsporná, velice efektivní a tím zisková, což dokazuje i bod zvratu při vyrobení 298.610ks krytek. Firma tedy na výrobě krytky počítače v zadané sérii 500.000ks a při 30% marži vydělá 222.000Kč.

Stávající prostory výroby byly již pro zavedení nové výroby nedostatečné, proto bylo v technologickém projektu dílny počítáno s novou výrobní halou, která nabídne téměř 1000 m² o rozměrech 15m x 66m, kde část technologie zabývající se tvářením zadaného dílce zabírá včetně skladu pouze cca 200 m² a zbývajících 800 m² je využito pro stávající výrobu a její další brzké rozšíření.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] FREMUND, Přemysl; PODRÁBSKÝ, Tomáš: *Konstrukční oceli*. Vydání první. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1996. 261 s. ISBN – 8085867958.
- [2] DVOŘÁK, Milan; *Technologie II*, Vydání první. Brno: Nakladatelství VUT v Brně PC-DIR, 2000, 238 s. ISBN – 8085895242.
- [3] ŠPAČEK, Jindřich; *Technologické procesy – el. učení texty*. edit. Power Point. Brno: VUT přednášky, 2008. 175 s.
- [4] TONCR, Petr; *Strojírenská technologie*, edit. SPŠS. Brno: SPŠ Strojní Sokolská, 2003. 195 s.
- [5] RUMÍŠEK, Pavel; *Technologické projekty*. Vydání první. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3.
- [6] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I*. Vydání třetí. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6
- [7] PTÁČEK, Luděk; *Nauka o materiálu II.*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. 392 s. ISBN 80-7204-248-3
- [8] FOREJT, Milan; *Teorie tváření a nástroje.*. Vydání první. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6
- [9] CO JE CO: *Encyklopedie* [online]. 2010 [cit. 2010-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.cojeco.cz>> .
- [10] FERONA: *Sortimentální katalog* [online]. 2010 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.ferona.cz/cze/katalog/search.php>> .
- [11] TSI System: *Pavlakoměry, tloušťkoměry* [online]. 2010 [cit. 2010-03-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.tsisystem.cz/produkty/povlakomery-tloustkomery-a-porozimetry--266>> .
- [12] FK System Brno: *Mořící prostředky* [online]. 2010 [cit. 2010-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.fksystem.cz/prodej/morici-prostredky/antox-80-e>> .
- [13] TURLAK Ivo Turek: *Mokrý lakovna* [online]. 2010 [cit. 2010-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.turlak.brnensko.com/?cap=6070>> .
- [14] REDSTAR Multimedia: *Příslušenství - Záslepka* [online]. 2010 [cit. 2010-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.redstar.cz/katalog/zaslepka-kovova-pci-slot-10-pack-p119/>> .
- [15] Jiří Valouch - KOVOVÝROBA: *Zámečnické práce, obrábění a tváření* [online]. 2010 [cit. 2010-01-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.valouchkovovyroba.vyrobce.cz>> .

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
a, b, c, d	Vzdálenosti od osy y	[mm]
a_1, b_2, c_3, d_4	Vzdálenosti od osy x	[mm]
X	Vzdálenost výslednice sil od osy y	[mm]
Y	Vzdálenost výslednice sil od osy x	[mm]
F_1, F_2, F_3, F_4	Jednotlivé síly	[N]
D	Jmenovitý rozměr výrobku	[mm]
D_{min}	Minimální rozměr střižnice	[mm]
D_s	Jmenovitý rozměr střižnice	[mm]
T_E	Výrobní toleranci střižnice	[mm]
T_S	Dovolená úchylka výrobku	[mm]
d_{max}	Maximální rozměr střižníku	[mm]
$F_{stř}, F_s$	Střižná síla	[N]
S	Plocha průřezu střižníku	[m ²]
μ	Součinitel bezpečnosti	[-]
E	Modul pružnosti	[MPa]
l_s	Délka střižníku	[mm]
t	Tloušťka materiálu	[mm]
b, s	Šířka materiálu	[mm]
R_o	Poloměr ohybu	[mm]
ρ_{nt}, l_n	Neutrální plocha	[mm]
F_o	Ohýbací síla	[N]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
α, φ	Úhel ohybu	[°]
K	Součinitel určující polohu neutrální plochy	[-]
β	Úhel odpružení	[°]
l_v	Vzdálenost mezi opěrami ohybnice	[mm]
ρ	Poloměr zaoblení středního vlákna	[mm]
ψ	Součinitel tření	[-]
Z	Potřebný zdvih	[mm]
S_p	Kolmý průmět plochy ke směru pohybu ohybníku	[mm ²]
p	Měrný tlak	[MPa]

Označení	Legenda	Jednotka
lk	Délka krytky	[mm]
lv	Šířka součásti	[mm]
$l_{stř}$	Délka stříhu	[mm]
τ_s, k_s	Střížný odpor	[MPa]
n	Koeficient zahrnující opotřebení nástroje	[-]
m	Střížná mezera	[mm]
v	Střížná vůle	[mm]
c	Koeficient závislý na stupni stříhu	[-]
REV	Rozměr střížnice při vystřihování	[mm]
JR	Jmenovitý rozměr součásti	[mm]
P	Přípustná míra opotřebení	[mm]
TE	Výrobní tolerance střížnice	[mm]
RAD	Rozměr střížníku při děrování	[mm]
TA	Výrobní tolerance střížníku	[mm]
S_v	Plocha	[m ²]
S_v	Plocha všech výstřižků z tab. plechu	[m ²]
P_t	Procentní využití tabule plechu	[%]
PC_{celk}	Celkový počet kusů krytek	[ks]

SEZNAM PŘÍLOH

Seznam výkresové dokumentace:

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| 1. Postupové stříhadlo | DP-40/62-04-2011 |
| 2. Dispozice výrobní haly | DP-40/62-04-2011-01 |
| 3. Ohybník | DP-40/62-04-2011-02 |
| 4. Střížník | DP-40/62-04-2011-03 |
| 5. Střížnice | DP-40/62-04-2011-04 |

Multimediální příloha – CD

1. Křivý Drahoš, 53848, Návrh technologie komplexní výroby součásti „Krytka PC skříně“, DP, 2011