

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra strojírenské technologie

Studijní program: B2301 - Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 - Strojní inženýrství
Zaměření: Tváření kovů a plastů

Návrh rozměru drážky v přípravku pro kontrolu
vícenásobného ohybu trubek.

Proposal of dimension of groove in jig for check
multiple bending pipes.

Kamila Nádvorníková

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Roman Zdeněk

Rozsah práce: 57

Obrázků: 40

Přílohy: 3

Liberec
2016



Návrh rozměru drážky v přípravku pro kontrolu vícenásobného ohybu trubek

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství
Autor práce: **Kamila Nádvorníková**
Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kamila Nádvorníková**
Osobní číslo: **S14000252**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojní inženýrství**
Název tématu: **Návrh rozměru drážky v přípravku pro kontrolu vícenásobného ohybu trubek**
Zadávací katedra: **Katedra strojírenské technologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznámení se s technologií ohýbání. Základní způsoby a mezní stavy při ohýbání trubek.
2. Seznámení se s metodikou provádění a vyhodnocení kontroly přesnosti ohybu trubek ve firmě DENSO Air Systems Czech. Analýza nedostatků současného stavu.
3. Variantní návrh přípravku s různou velikostí drážky pro kontrolu kvality vícenásobného ohybu trubky.
4. Experimentální výroba vícenásobného ohybu trubky a testování vhodnosti jednotlivých variant kontrolního přípravku pro jejich kontrolu.
5. Vyhodnocení experimentálních měření a na základě výsledků stanovení vhodného rozměru drážky v kontrolním přípravku.
6. Závěr.

Rozsah grafických prací: **grafy, tabulky**
Rozsah pracovní zprávy: **cca 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

- [1] PTÁČEK, L. et al. *Nauka o materiálu I. 2. opr. a rozš. vyd.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. s. 516. ISBN 80-7204-283-1.
[2] ASM HANDBOOK. *Volume 8 - Mechanical Testing and Evaluation.* 10th ed. Materials Park: ASM International, 2000. s. 998. ISBN 0-87170-389-0.
[4] PÓHLANDT, K. *Materials Testing for the Metal Forming Industry.* Berlin: Springer-Verlag, 1989. s. 226. ISBN 3-540-50651-9.
[4] POLMEAR, I. *Ligth Alloy - From traditional Alloys to Nanocrystals.* 4th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006. s. 421. ISBN 0-7506-6371-5.
[5] VÍTEK, A. *Ohýbání trubek.* Praha: SNTL, 1966. s. 159.
[6] KŘÍŽ, R., P. VÁVRA. *Strojírenská příručka - Tváření.* 1. vyd. Praha: Scientia 1998. sv.8. s. 255.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.**
Katedra strojírenské technologie

Datum zadání bakalářské práce: **1. února 2016**
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. května 2017**


prof. Dr. Ing. Větr Lenfeld
děkan




Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. února 2016

Prohlášení

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

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

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

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

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych zde poděkovala rodičům, za jejich mnohaletou trpělivost a podporu při mých studiích, firmě Denso Air Systems Czech za možnost zpracování této bakalářské práce a poskytnutí všech důležitých dokumentů a podkladů, vedoucímu bakalářské práce a všem, kteří mě podporovali a měli se mnou trpělivost.

Anotace

Obsahem bakalářské práce je návrh rozměru drážky v přípravku, ve kterém se kontroluje vícenásobný ohyb trubky. V první řadě byl vyhotoven návrh trubky v 3D programu, následovalo vyhotovení výkresu a poté byl kontrolní přípravek specifikován pro externího výrobce ohýbacích forem. Ve firmě Denso Air Systems Czech došlo k naohýbání trubek a k následnému testování v ohýbacích formách. Závěrem bylo provedeno experimentální měření, během něhož jsem došla k výsledkům, které nám umožní stanovit vhodný rozměr drážky pro kontrolní přípravek.

Klíčová slova

Trubka, ohýbací forma, drážka, ohýbání, měření.

Annotation

There is proposal of groove dimension for jig in this Bachelor's thesis . This jig is checking several bends of pipes. First of all the model of pipe was constructed by 3D program, secondly drawings were drawn and finally specifications of checking jigs were prepared for Producer of jigs. Pipes were bent and measured by Bending Pattern at Denso Air Systems Czech. Conclusion was experimental measurement to reach results which provides an appropriate size of groove for Checking jig.

Key words

Pipe, bending pattern, groove, bending, measurement.

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam příloh.....	10
Seznam zkratk.....	11
1. Úvod	12
2. Teoretická část	14
2.1. Technologie ohýbání	14
2.1.1. Neutrální osa	15
2.1.2. Odpružení	16
2.1.3. Defekty	20
2.2. Rozdělení ohýbání	22
2.3. Mezní stavy při ohýbání trubek.....	23
2.3.1. Mechanické vlastnosti materiálů	23
2.3.2. Stav napjatosti a přetvoření	24
3. Experimentální část	26
3.1. Příprava podkladů pro výrobu forem	27
3.2. Příprava trubek.....	43
3.3. MSA analýza	44
3.3.1. Podstata MSA	44
3.3.2. MSA analýza – srovnávací metoda	44
4. Vyhodnocení výsledků.....	51
5. Závěr	52
6. Literatura a použité zdroje	53
7. Přílohy.....	55

Seznam obrázků

Obr. 1: Deformace průřezu během ohýbání. [2]	14
Obr. 2: Princip ohýbání s průběhem napětí na vnější a vnitřní straně materiálu. [5]	15
Obr. 3: Rozložení a velikost napětí v materiálu. [2]	15
Obr. 4: Hodnoty součinitele ν . [2]	16
Obr. 5: Odpružení materiálu pro ohyb tvaru V a U. [2]	17
Obr. 6: Hodnoty úhlu odpružení. [2]	17
Obr. 7: Princip odpružení materiálu. [5]	18
Obr. 8: Odpružení trubek. [4]	19
Obr. 9: Vznik zvlnění.	20
Obr. 10: Příklad zvlněných trubek ve firmě Denso Air Systems.	20
Obr. 11: Limitní vzorky zvlnění ve firmě Denso Air Systems.	21
Obr. 12: Rozdělení ohýbání. [8]	23
Obr. 13: Schéma napětí a deformace při ohýbání. [1]	24
Obr. 14: Napjatost a deformace v ohýbaném materiálu. [2]	25
Obr. 15 Návrh trubky v 3D programu SolidWorks.....	27
Obr. 16 Výkres trubky.....	28
Obr. 17 Specifikace pro dodavatele 1/6.....	29
Obr. 18 Určení souřadného systému.....	30
Obr. 19 Specifikace pro dodavatele 2/6.....	31
Obr. 20 Specifikace pro dodavatele 3/6.....	32
Obr. 21 Specifikace pro dodavatele 4/6.....	33
Obr. 22 Specifikace pro dodavatele 5/6.....	33
Obr. 23 Specifikace pro dodavatele 6/6.....	34
Obr. 24 Materiál WB-1404.	36
Obr. 25 Materiál Ebaboard 60-1.	36
Obr. 26 Kontrolní přípravek č. 1.	37
Obr. 27 Kontrolní přípravek č. 2.	37
Obr. 28 Kontrolní přípravek č. 3.	37
Obr. 29 Velikost drážek.	38
Obr. 30 Romer Absolut Arm 7320.	39
Obr. 31 Průběh kontrolního měření.....	39
Obr. 32 Kalibrační protokol formy č. 1.	40
Obr. 33 Kalibrační protokol formy č. 2.	41
Obr. 34 Kalibrační protokol formy č. 3.	42
Obr. 35 Délka trubky dle 3D dat.....	43
Obr. 36 CNC ohýbací stroj.	43
Obr. 36 Protokol formy No. 1.....	45
Obr. 37 Vyhodnocení operátorů vůči referenčnímu rozhodnutí pro formu No. 1.....	47
Obr. 38 Vyhodnocení pomocí křížových tabulek (mezi operátory) pro formu No. 1.....	48
Obr. 39 Vyhodnocení pomocí křížových tabulek (mezi operátory a referenčním rozhodnutím) pro formu No. 1.	49

Obr. 40 Výsledná hodnota Kappa pro formu No. 1..... 50

Seznam příloh

Příloha 1. Výsledný formulář formy No. 1.....	55
Příloha 2. Výsledný formulář formy No. 2.....	56
Příloha 3. Výsledný formulář formy No. 3.....	57

Seznam zkratek

ρ	poloměr neutrální vrstvy	[mm]
R	vnitřní zaoblení	[mm]
x	součinitel posunutí neutrální vrstvy	[-]
t	tloušťka ohýbaného materiálu	[mm]
γ	úhel odpružení	[°]
α	úhel ohybu	[°]

1. Úvod

Proces ohýbání trubek je ve firmě Denso Air Systems Czech, která je na českém trhu již od roku 2002, standardní výrobní technologický proces. Jen velmi malé množství trubek ve firmě touto technologií neprojde. Ohýbají se zde trubky ze slitin hliníku různých průměrů i délek. Nejčastější vnější průměr ohýbaných trubek je \varnothing 8mm.

Trubky po ohýbání projdou řadou dalších technologických procesů, jako jsou např. pájení, vrtání, řezání, tváření koncovek apod. Jednotlivé ohýbané polotovary trubek převážně \varnothing 8mm se dále pájí k dalším trubkám a vznikají poměrně velké sestavy.

S trubkou je po ohnutí dále pracováno a může být případně vystavena i teplotním vlivům a to buď již při zmiňovaném pájení, tak i při sušení, pokud v procesu přišla do kontaktu s vodou či při vypékání nečistot. Nečistotou může být např. zbytek oleje, který na trubce zůstane po tváření koncovek. Při těchto procesech jsou trubky vystaveny teplotám přesahujících 150°C.

Výše popsané procesy, které jsou samozřejmě nevyhnutelnou součástí technologického procesu výroby trubek, vedou k následné změně tvaru trubek. Z tohoto důvodu je nutné každý polotovar po ohybu kontrolovat s tolerančním rozmezím 2/3 předepsané tolerance na výkrese. Zbývající 1/3 tolerance je možno využít jako rezervu pro následné technologické operace. V případě využití celého tolerančního pole při ohybu je vysoké riziko zhotovení neshodného dílu a na tuto skutečnost by se přišlo až na konci celého procesu výroby → velké finanční ztráty.

A poněvadž si firma velmi zakládá na kvalitě svých výrobků, provádí se zde 100% kontrola všech ohýbaných trubek v kontrolních přípravcích i po procesu ohýbání.

Ve firmě se vyrábí velké množství (v řadě stovek) dílů různých tvarů a každý díl musí mít svůj vlastní kontrolní přípravek.

Z rozměrů trubek vycházejí i rozměry kontrolních drážek v kontrolních přípravcích. Tyto rozměry jsou již léta dané a původně převzaté z mateřské firmy se sídlem v Japonsku. Pro trubku, která má vnější průměr \varnothing 8mm, je rozměr drážky dán hodnotou 8,4mm. Uvedený rozměr kontrolní drážky používaný ve firmě vychází z praktických zkušeností a nebyl podroben žádné analýze, která by tuto skutečnost potvrdila. Protože tento rozměr je ve firmě standardem a již léta používán, dostala jsem možnost během této práce prověřit, zda rozměr kontrolní drážky vyhovuje interním požadavkům 2/3 tolerance, popř. zda by bylo

možno tento rozměr zmenšit a tím i docílit požadavku vyšší přesnosti výroby ohýbaných polotovarů při zachování 2/3 tolerance.

Ověřování kontrolních přípravků bude prováděno pomocí MSA analýzy, která je ve firmě běžně používána a je upravena přímo pro potřeby firmy.

Ve firmě je tato analýza používána spíše pro ověřování kontrolních kalibrů na kontrolu koncovek trubek, ale na námi navržené kontrolní přípravky může být také provedena.

Ukázka dílů vyráběných ve firmě Denso Air Systems:



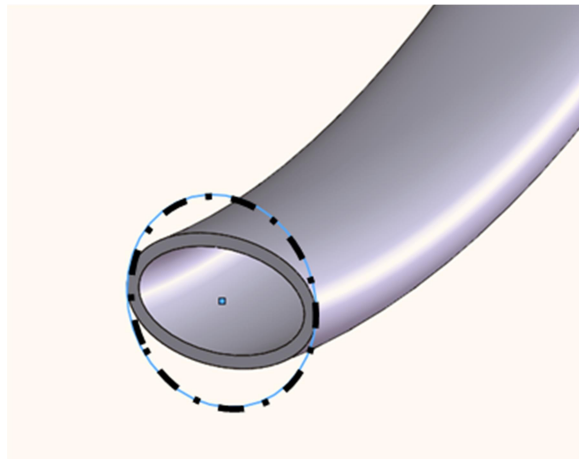
2. Teoretická část

2.1. Technologie ohýbání

Ohýbání je technologický proces tváření, při kterém je materiál vzniklým napětím trvale deformován. Materiál mění tvar v poměrně malém objemu, ve kterém napětí i deformace mění svoji velikost. Materiál je trvale deformován do různých úhlů ohybu. [1, 2]

Při ohýbání vzniká nejprve lokální elastická deformace, která přechází v nehomogenní plastickou deformaci. [3]

Pokud je výchozím polotovarem pro ohýbání trubka, jako je tomu v našem případě, tak může dojít k významné změně (deformaci) průřezu. [3]

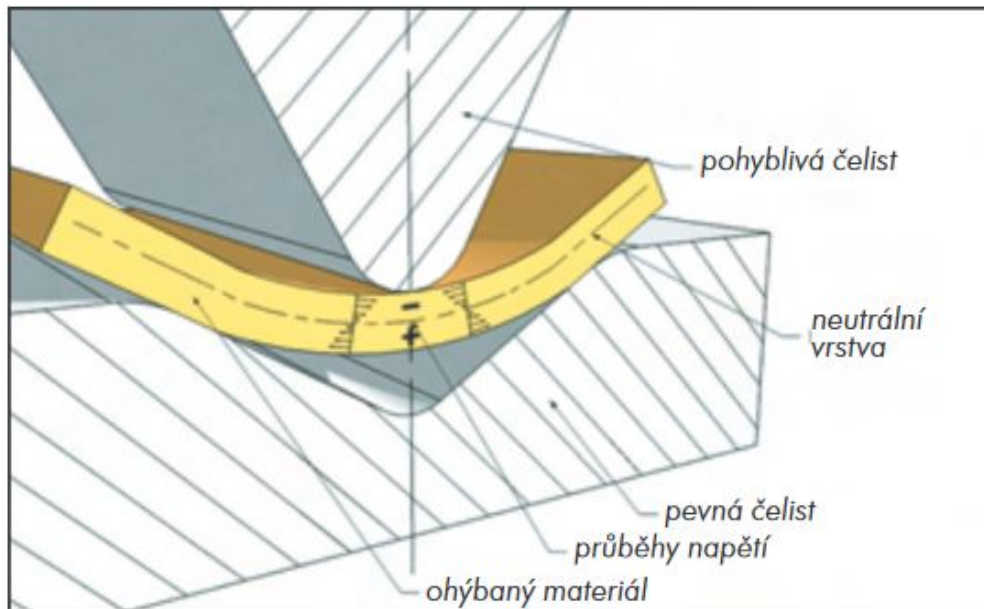


Obr. 1: Deformace průřezu během ohýbání. [2]

Z technologického hlediska je ohýbání charakterizováno vznikem neutrální osy, deformací příčného průřezu, odpružením a dalšími defekty jako je např. zvlnění stěny na vnitřní straně ohybu při ohýbání trubek. [3]

2.1.1. Neutrální osa

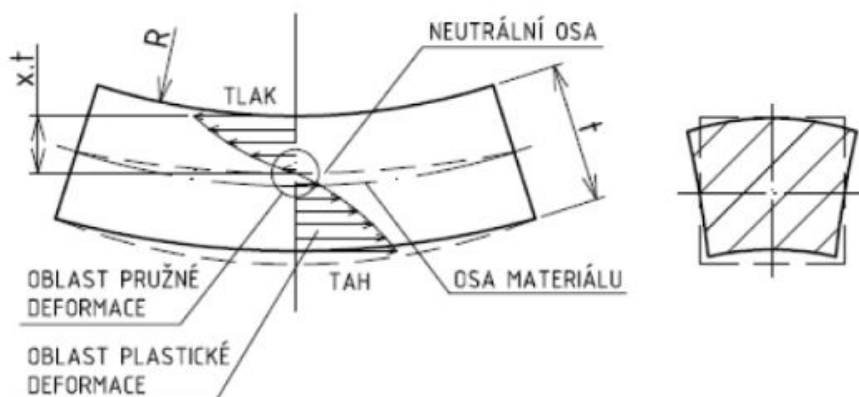
Ve střední části průřezu ohýbaného materiálu jsou tahová napětí malá a mají nižší hodnoty, než je mez kluzu daného materiálu. [2]



Obr. 2: Princip ohýbání s průběhem napětí na vnější a vnitřní straně materiálu. [5]

Mezi tahovým a tlakovým napětím existuje vrstva bez napětí (bez deformace), tato vrstva se nazývá neutrální osa a při ohybu se neprodlužuje ani nezkracuje. [5]

Tato neutrální osa není přímo v ose, jak by se dalo vzhledem k pojmenování předpokládat, ale je posunutá k vnitřní straně ohybu.



Obr. 3: Rozložení a velikost napětí v materiálu. [2]

U tenkých profilů není tento rozdíl mezi osou těžiště a neutrální osou patrný, ale při ohýbání tlustých plechů se s touto okolností musí počítat. [6]

Poloha neutrální osy závisí na poměru poloměru zaoblení a tloušťce materiálu R/t . [7]

Pomocí neutrální osy určujeme rozvinutou délku polotovaru před ohybem. [5]

$$\rho = R + x \cdot t \quad (1)$$

ρ ... poloměr neutrální vrstvy [mm]

R ... vnitřní zaoblení [mm]

x ... součinitel posunutí neutrální vrstvy [-]

t ... tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

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

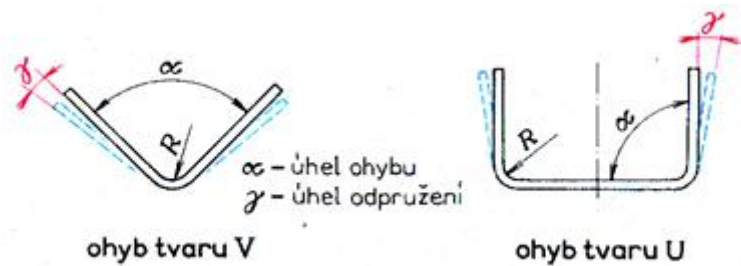
Obr. 4: Hodnoty součinitele x . [2]

2.1.2. Odpružení

Při ohýbání se odpružení projevuje jako úhlová odchylka γ , jejíž význam roste s délkou ramen. Zpětné odpružení je způsobeno vlivem elastické deformace materiálu kolem neutrální osy. [5]

Odpružení je ovlivněno řadou parametrů a faktorů. Mezi ty nejdůležitější patří vlivy materiálových vlastností, konstrukční řešení ohýbacího nástroje nebo okrajové podmínky vstupující do procesu tváření. Můžeme říct, že s rostoucí tloušťkou materiálu a zmenšujícím se poloměrem ohybu se odpružení zmenšuje. [5]

U běžných materiálů bývá odpružení obvykle v rozsahu 3 až 15°. [5]



Obr. 5: Odpružení materiálu pro ohyb tvaru V a U. [2]

Při ohýbání do tvaru V se úhel rozevření (úhel ohybu) α zmenší o úhel odpružení γ . [7]

Při ohýbání do tvaru U se provádí buď konstrukční úpravy nástroje, nebo kalibrování bočními čelistmi. [7]

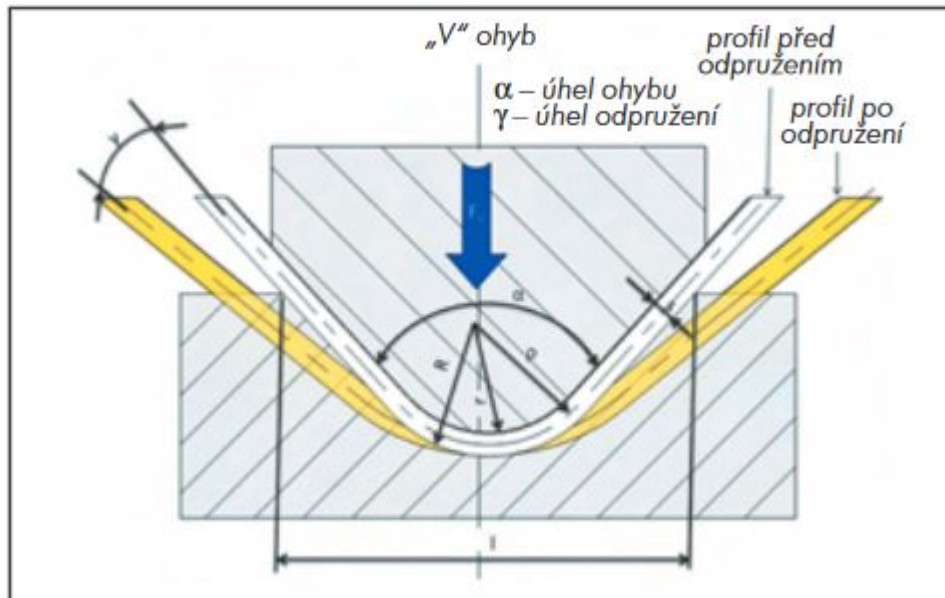
Odpružení lze většinou omezit těmito postupy:

- Ohýbaný materiál se přetvoří víc, než je hodnota úhlu odpružení, ten lze určit např. podle empirických vzorců nebo z tabulek. [5]

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

Obr. 6: Hodnoty úhlu odpružení. [2]

- Použije se kalibrace, tj. zvětší se lisovací síla na konci lisovacího cyklu, dochází k místní plastické deformaci v místě ohybu a hodnota odpružení se snižuje, až případně vymizí úplně. [5]
- Použije se prolisů na výlisku, kdy se odpružení odstraní téměř úplně. [5]

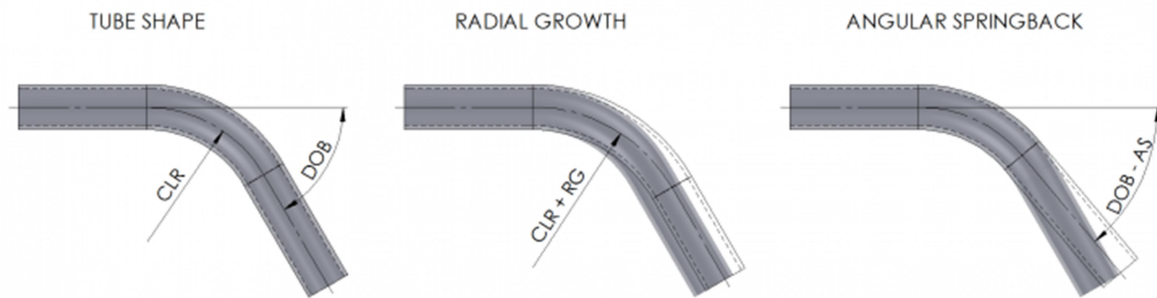


Obr. 7: Princip odpružení materiálu. [5]

Odpružení při ohybu je možné vyloučit např. těmito opatřeními:

- Podbroušením pohyblivé čelisti, zaoblením dolní strany pohyblivé čelisti a přidržovače poloměrem R .
- Zpevněním materiálu v rozích rázem.
- Vylisováním vyztužovacího žebra v místech ohybu.
- Postupným ohýbáním s odlehčením pevné čelisti o tloušťku materiálu.
- Zpevněním materiálu deformačním poloměrem v pevných čelistech. [2]

Při ohybu trubek je nutné rozlišovat radiální odpružení či nárůst (radial growth) a úhlové odpružení (angular springback). [4]



Obr. 8: Odpružení trubek. [4]

Radiální odpružení – nárůst – jde o nárůst poloměru ohybu oproti poloměru. K významnému nárůstu dochází především při velkých relativních poloměrech ohybu a při ohybu vysoko-pevnostních materiálů. V těchto případech je nutné snížit poloměr nástroje tak, aby po ohnutí měla trubka požadovaný tvar. [4]

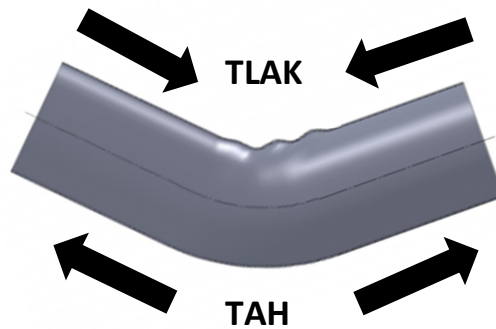
Úhlové odpružení – jedná se o odpružení trubky ve směru ohybu, kdy je nutné vždy provádět ohyb s větším úhlem ohybu, než je požadovaný úhel (tzv. přehýbat), neboť právě vlivem pružných deformací dojde k mírnému navrácení trubky zpět. [4]

2.1.3. Defekty

- Zvlnění stěny trubky na vnitřní straně ohybu

Jedná se o ztrátu stability stěny na vnitřním poloměru ohybu vlivem tlakových napětí působících během ohybu. [4]

Potlačení či omezení vzniku zvlnění lze zamezit použitím vhodných výplní trnů a vhodného vyhlazovače a jeho správného nastavení. [4]



Obr. 9: Vznik zvlnění. [4]



Obr. 10: Příklad zvlněných trubek ve firmě Denso Air Systems.

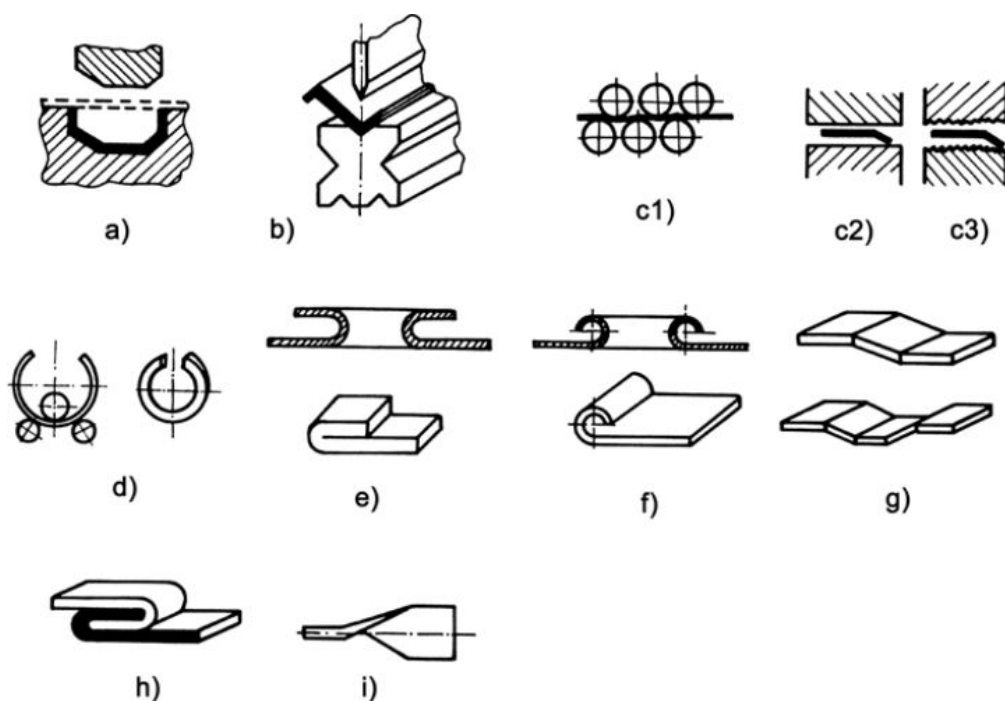


Obr. 11: Limitní vzorky zvlnění ve firmě Denso Air Systems.

Kontrola zvlnění trubek, jak je vidět na obr. 11 je ve firmě Denso Air Systems prováděna vizuálně a dle předložených limitních vzorků. Toto zvlnění se kontroluje v QA laboratoři vždy při uvolňování výroby (první vyrobený kus na začátku směny).

2.2. Rozdělení ohýbání

- **Prosté ohýbání** – tváření rovinné plochy v plochy různě vůči sobě orientované, nástroj se nazývá ohýbadlo, ohýbá se na lisech, a to bez přidržení, nebo s přidržením (obr. 11. a) [8]
- **Ohraňování** – ohýbání plechu v jednoúčelových, tzv. ohraňovacích lisech, nástroj se nazývá ohraňovadlo (obr. 11. b) [8]
- **Rovnění** – dodatečné vyrovnání plechů, trubek a profilů, rovnání plechů se provádí mezi rovnacími válci, rovnání menších polotovarů se provádí v rovnadlech mezi čelistmi rovnými, nebo rýhovanými, nástroj se nazývá rovnadlo (obr. 11. c1, c2, c3) [8]
- **Zakružování** – tváření rovinné nebo členité plochy v plochu válcovou, kuželovou nebo i části těchto ploch, nástroj se nazývá zakružovadlo (obr. 11. d) [8]
- **Lemování** – ohýbání rovinné nebo prostorové plochy k získání lepšího vzhledu, k vyztužení okrajů, k odstranění ostrých hran, apod., nástroj se nazývá lemovadlo (obr. 11. e) [8]
- **Obrubování** – vyztužování okrajů rovinné nebo prostorové plochy k zvýšení jakosti okraje, nástroj se nazývá obrubovadlo (obr. 11. f) [8]
- **Osazování** – někdy též prosazování, ohnutí plechu promáčknutím na okraji nebo uvnitř rovinné plochy, nástroj se nazývá osazovadlo (obr. 11. g) [8]
- **Drápkování** – pevné spojení předehnutých okrajů plechu tím, že se do sebe vzájemně zaklesnou a společně ohnou, nástroj se nazývá drápkovadlo (obr. 11. h) [8]
- **Zkrucování** – natáčení plochého nebo profilového polotovaru vzhledem k sousední části kolem společné osy o určitý úhel, nástroj se nazývá zkručovadlo (obr. 11. i) [8]



Obr. 12: Rozdělení ohýbání. [8]

2.3. Mezní stavy při ohýbání trubek

2.3.1. Mechanické vlastnosti materiálů

Mechanické vlastnosti vyjadřují chování materiálu při mechanickém namáhání. Mechanické namáhání způsobuje deformaci, případně porušení. [9]

Jestliže na materiál působí síla, materiál mění svůj tvar a dochází k deformaci. [8]

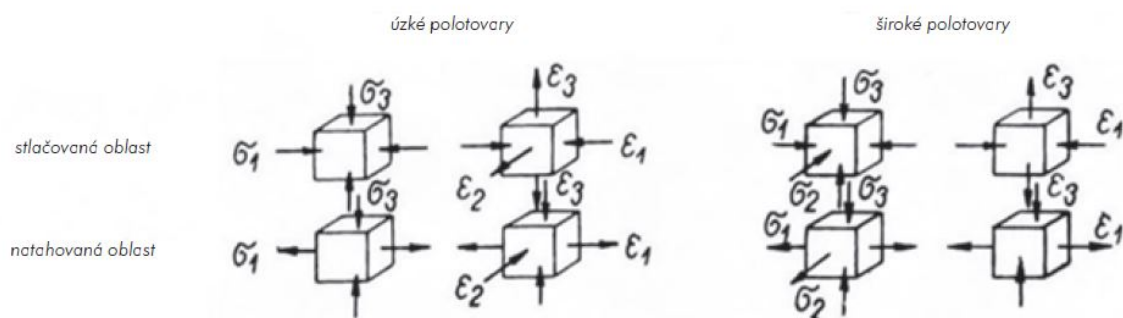
Nejdříve dochází k pružné deformaci (vratná, elastická), tzn., že při odlehčení se materiál vrací do svého původního stavu. Pokud nedojde k odlehčení, dochází k trvalé (plastické) deformaci. V případě trvalé deformace zůstane materiál deformován, i když dojde k odlehčení.

Pokud je materiál nadále zatěžován, působící síla se zvyšuje a materiál se stále deformuje, až dojde k porušení materiálu – nastane lom.

2.3.2. Stav napjatosti a přetvoření

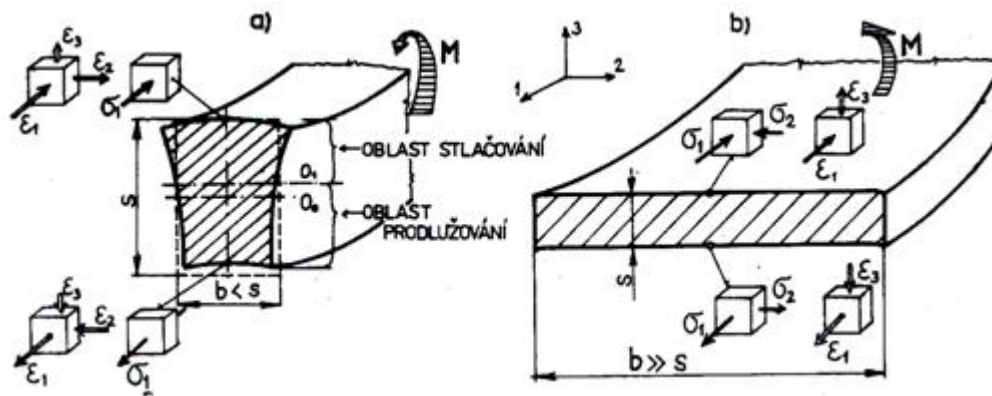
Při ohýbání nastává pružně plastická deformace materiálu. Napětí (tah a tlak) v krajních vláknech materiálu mají opačný smysl. Materiál se na vnitřní straně ohybu stlačuje, tím dochází k tlakovému napětí v podélném směru a venkovní strana ohybu, tedy v příčném směru, se rozšiřuje vlivem takových napětí. [2]

Mezi těmito dvěma vrstvami existuje již dříve zmiňovaná vrstva – neutrální osa. Zde je tangenciální napětí nulové a délka se při ohybu nemění. [8]



Obr. 13: Schéma napětí a deformace při ohýbání. [1]

K trvalé deformaci (např. vznik trhlin na vnější straně ohybu) dochází v okamžiku, kdy dojde k překročení kritické hodnoty poloměru ohybu, což může být způsobeno zpevněním materiálu, stavem materiálu (žíhaný, tvářený za studena apod.) nebo průběhem vláken. [1]



Obr. 14: Napjatost a deformace v ohýbaném materiálu. [2]

Osa ohybu by proto měla být kolmá na směr vláken materiálu, což ovšem zapříčiní, že odpružení bude větší, nebo by osa ohybu měla být minimálně pod úhlem 30°. [2]

Obecně se součásti vyráběné technologií ohýbání vyznačují malou tuhostí, tu je však možné zvýšit technologickými prvky, jako jsou např. dodatečná ohnutí. [1]

3. Experimentální část

Nevyhnutelnou součástí technologického procesu výroby trubek jsou i procesy, které mohou vést k menší změně tvaru trubek, může to být tváření koncovek, vrtání děr do trubky, nebo procesy, při nichž jsou trubky vystaveny působení vysokých teplot, jako je pájení, sušení, vypékání nečistot, apod.

Protože tyto procesy jsou nevyhnutelnou součástí výroby trubek, navrhuje se kontrolní přípravky na 2/3 výkresové tolerance. Zbývající 1/3 tolerance je ponechána jako případná rezerva pro následné technologické operace. Pokud by bylo využito celé toleranční pole, je zde velké riziko zhotovení neshodného dílu a tato skutečnost by byla zjištěna až na konci celého výrobního procesu trubky.

Pro trubku, která má vnější průměr \varnothing 8mm, je rozměr kontrolní drážky 8,4mm. Uvedený rozměr kontrolní drážky vychází z praktických zkušeností a nebyl podroben žádné analýze, která by tuto skutečnost potvrzovala. Protože tento rozměr je ve firmě standardem a již léta používán, dostala jsem možnost prověřit, zda rozměr kontrolní drážky vyhovuje interním požadavkům 2/3 tolerance, popř. zda by bylo možno tento rozměr zmenšit a tím i docílit požadavku vyšší přesnosti výroby ohýbaných polotovarů při zachování 2/3 tolerance.

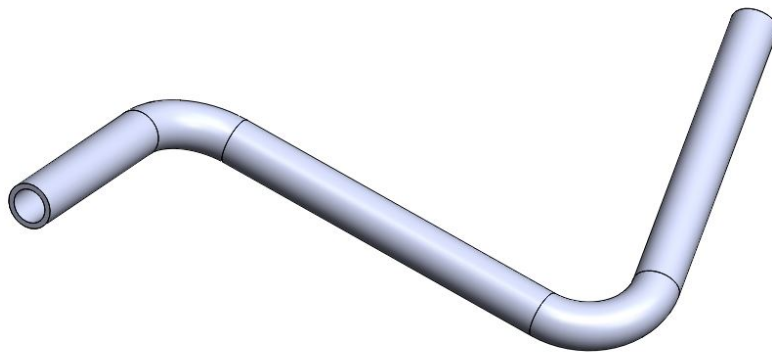
Proto byly vyrobeny dle firemních specifikací 3 kontrolní přípravky (formy), které měly odlišný rozměr kontrolní drážky a následně v těchto přípravcích bylo testováno 50 ks trubek.

3.1. Příprava podkladů pro výrobu forem

Při návrhu kontrolního přípravku jsem nejdříve musela navrhnout samotný tvar trubky. Samozřejmě by se zde nabízelo řešení vzít nějakou standardně vyráběnou trubku ve firmě Denso Air Systems, ale to jsem bohužel nemohla kvůli neposkytnutí souhlasu zákazníka, který je vlastníkem všech výkresů trubek ve firmě Denso Air Systems.

Proto musela být trubka mnou navržená, ale její rozměry a tvar jsou srovnatelné s běžně vyráběnými kusy.

Zvolila jsme ve firmě nejčastěji používaný průměr trubky, \varnothing 8mm a ve 3D programu SolidWorks byl vytvořen model trubky a následně i výkres.



Obr. 15 Návrh trubky v 3D programu SolidWorks.

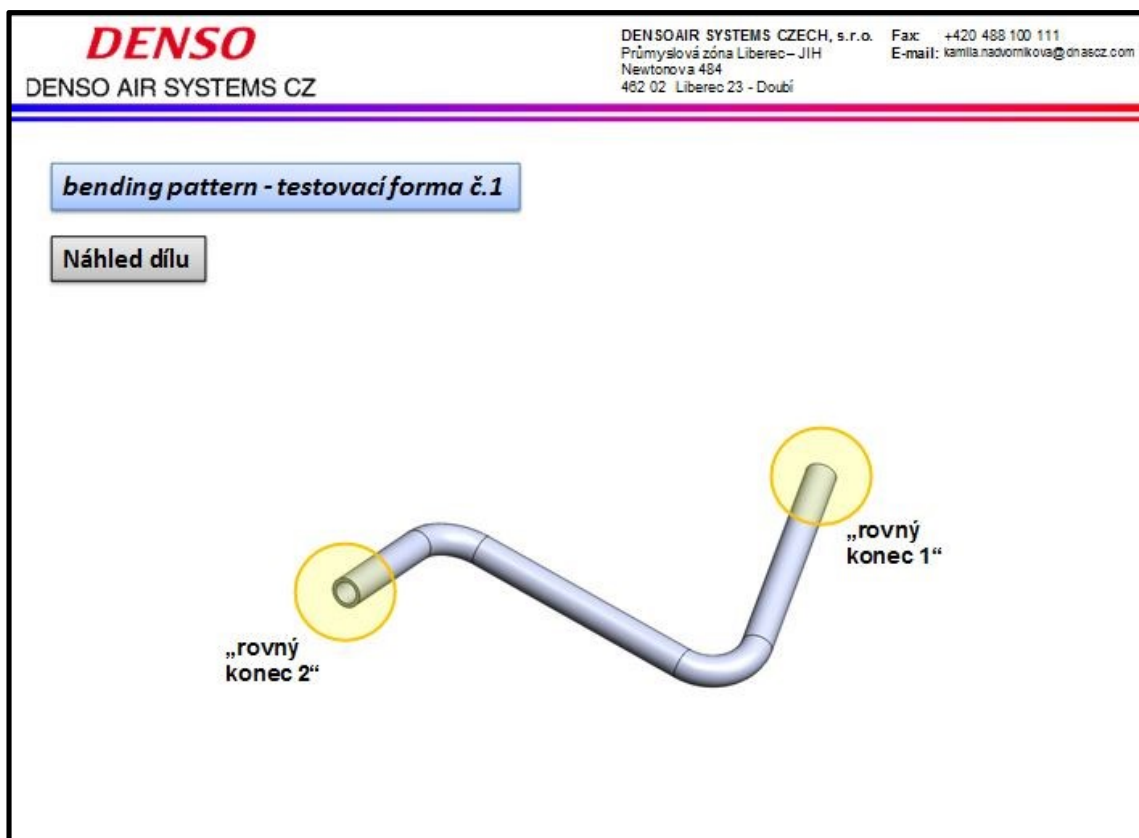
Na základě 3D dat a výkresu byla vytvořena specifikace kontrolních přípravků a tato specifikace byla zaslána externímu dodavateli.

Specifikace byla vytvořena dle standardů ve firmě Denso Air Systems.

Celkem byly vytvořeny tři specifikace, kde každá specifikace se rovná jednomu kontrolnímu přípravku, tedy každý přípravek má rozdílný rozměr kontrolní drážky.

Kontrolní přípravek č. 1 má šířku drážky $8,40^{+0,1}_{-0,0}$ mm, kontrolní přípravek č. 2 má šířku drážky $8,30^{+0,1}_{-0,0}$ mm a přípravek č. 3 má rozměr drážky $8,20^{+0,1}_{-0,0}$ mm. Rozměr drážky č. 1 je standardní rozměr kontrolní drážky ve firmě Denso Air Systems.

Specifikace pro dodavatele obsahuje následující údaje:

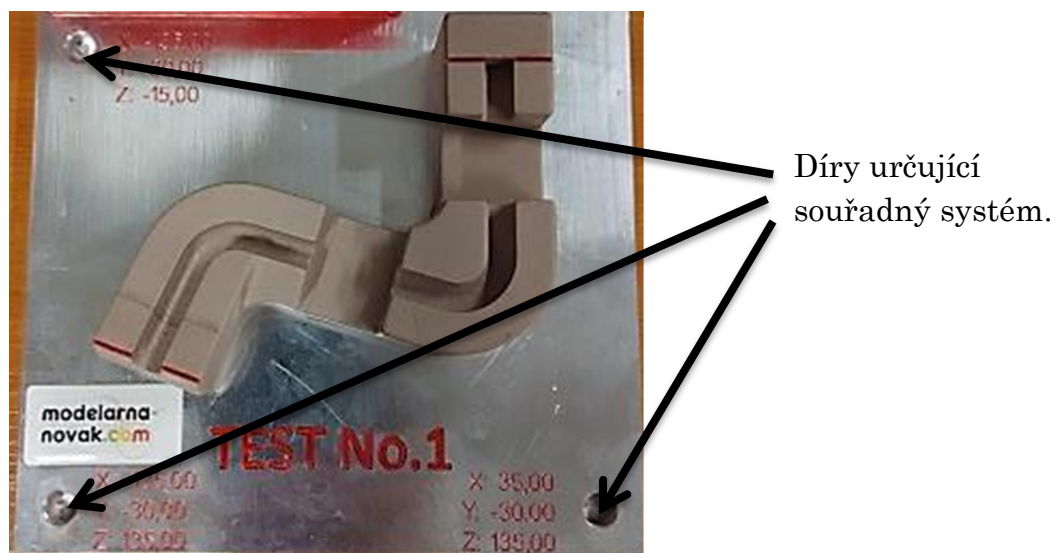


Obr. 17 Specifikace pro dodavatele 1/6.

Popis specifikace základní desky spočívá v popisu použitého materiálu a tloušťky desky. Každý kontrolní přípravek musí být opatřen madlem pro lepší manipulaci s přípravkem.

Dále bylo specifikováno natočení modelu, tedy specifikace, jak se bude díl do kontrolního přípravku zakládat. Toto natočení bylo zvoleno dle souřadného systému výkresu.

Pro jednodušší určení souřadného systému po dodání kontrolních přípravků od dodavatele jsem nechala na základní desku vyvrtat tři díry, u každé díry jsou napsány souřadnice – ulehčení následného přeměření (přípravky se musí ověřit, že jsou vyrobeny dle výkresu), proto je důležité, aby dodavatel umístil madla dále od těchto děr, aby byl umožněn lepší přístup měřicímu zařízení.



Obr. 18 Určení souřadného systému.

DENSO
DENSO AIR SYSTEMS CZ

DENSO AIR SYSTEMS CZECH, s.r.o. Fax: +420 488 100 111
Průmyslová zóna Liberec – JIH E-mail: kamila.nadomkova@dnascz.com
Newtonova 484
462 02 Liberec 23 - Doubí

bending pattern - testovací forma č.1

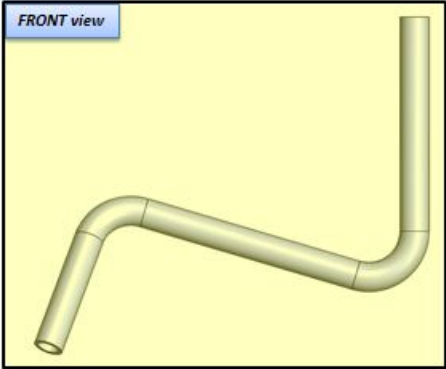
Specifikace základní desky

- Materiál - A5052
- Tloušťka - 8mm
- Přidat madlo pro snadnější manipulaci (nesmí překážet při kontrole)

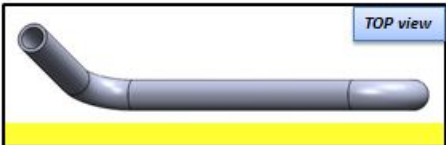
Natočení modelu

- Model bude ve formě natočen dle souřadného systému výkresu
- Součástí formy budou vyvrtány 3 díry určující souřadný systém výkresu (díry umístit dál od madla)

FRONT view



TOP view



Obr. 19 Specifikace pro dodavatele 2/6.

Specifikace těla formy specifikuje materiál, ze kterého bude přípravek vyrobený, v tomto případě byl zvolen materiál Ebaboard 60-1, je zde specifikován také rozměr kontrolní drážky, mantinely a rádius. Dodavateli jsem také specifikovala umístění drážek pro jednodušší vyjmutí dílu z přípravku a toleranci polohy bodů trajektorie, která je $\pm 0,2$ mm vůči výkresu. Vždy se uvádí tolerance vůči výkresu, protože výkres je prioritní a má tedy přednost před 3D daty.

DENSO
DENSO AIR SYSTEMS CZ

DENSO AIR SYSTEMS CZECH, s.r.o. Fax: +420 488 100 111
Průmyslová zóna Liberec – JIH E-mail: kamila.nadomnikova@dnascz.com
Newtonova 484
462 02 Liberec 23 - Doubí

bending pattern - testovací forma č.1

Specifikace těla formy

- Materiál - Ebaboard 60-1
- Drážka dle přiložené skici (obr. 1)
- Mantinel MIN 12mm
- Rádiusy R12,5

Specifikace drážek pro vyjmutí

- viz. (obr. 2)

Tolerance

- Tolerance polohy bodů trajektorie $\pm 0,2\text{mm}$ vůči výkresu

obr. 1

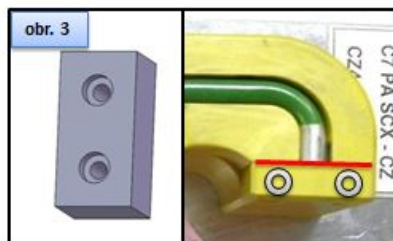
obr. 2

Obr. 20 Specifikace pro dodavatele 3/6.

Na dalších dvou obrázcích je popsána kontrola koncovek. Koncovky trubky budou kontrolovány opět dle standardů ve firmě Denso Air Systems.

bending pattern - testovací forma č. 1**Specifikace kontroly koncovky - „rovný konec 1“**

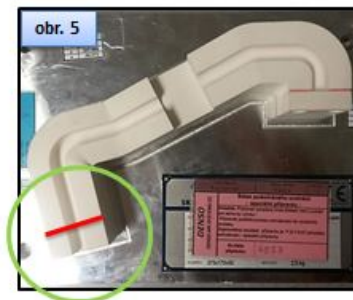
- Materiál - Ebaboard 60-1
- Orientace děr pro šrouby dle modelu kontrolní kostky (obr. 3)
- Šrouby M4
- Před čelem koncovky 0,5mm vůle
- Konec tolerančního pole označit drážkou 1x1mm - označeno červeně (tolerance $\pm 0,5\text{mm}$) (obr. 4)



Obr. 21 Specifikace pro dodavatele 4/6.

bending pattern - testovací forma č. 1**Specifikace kontroly koncovky - „rovný konec“**

- Materiál - Ebaboard 60-1
- Před čelem koncovky 0,5mm vůle
- Konec tolerančního pole označit drážkou 1x1mm - označeno červeně (tolerance $\pm 0,5\text{mm}$)



Obr. 22 Specifikace pro dodavatele 5/6.

Závěrem specifikace jsou požadavky na dodání dokumentů pro interní schválení a popis obsahu měrového protokolu – dodavatel měřením přípravků ověří správnost výroby. Tento měrový protokol dodavatel zašle společně s vyrobenými kontrolními přípravky.

DENSO DENSO AIR SYSTEMS CZ	DENSO AIR SYSTEMS CZECH, s.r.o. Průmyslová zóna Liberec – JIH Newtonova 484 462 02 Liberec 23 - Doubí	Fax: +420 488 100 111 E-mail: kamila.nadomikova@dnasoz.com
--------------------------------------	--	---

bending pattern - testovací forma č. 1

Požadované dokumenty

- Zaslání návrhu designu - pro interní schválení
- Měrový protokol
- Finální model formy (v el. podobě - SolidWorks, popř. parasolid)

Měrový protokol bude obsahovat tyto náměry

- Ohybové body: A, B, C, D (souřadnice x, y, z) - tolerance $\pm 0,2\text{mm}$ vůči výkresu

Prosím o vyznačení čísla formy na základní desku.

OZNAČENÍ: TEST No. 1

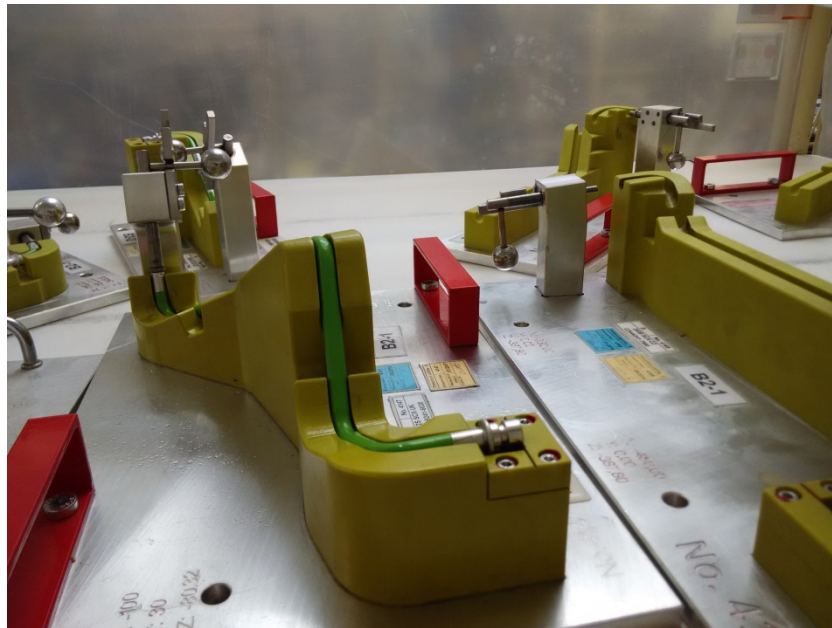
Obr. 23 Specifikace pro dodavatele 6/6.

V případě této práce byl zvolen jiný materiál pro výrobu kontrolních přípravků, než se běžně ve firmě Denso Air Systems používá.

Standardní materiál kontrolních přípravků je WB-1404, což je polyuretanový blokový materiál pro výrobu forem a nástrojů. Materiál má hustotu cca 1,4 g/cm³, tvrdost 85-90 Shore, dobrou obrobiteľnosť, vysokou otěruvzdornost, ale samozřejmě i vyšší cenu. [12]

V našem případě jsem potřebovala pouze testovací formy pro tuto bakalářskou práci, a proto jsem zvažovala i finanční stránku. Navrhla jsem materiál Ebaboard 60-1.

Tento materiál má tvrdost 57±3 Shore, hustotu při 20°C - 0,60 ± 0,02g/cm³, má jemnou strukturu a je velmi dobře obrobiteľný, protože neobsahuje žádná abrazivní plniva, ale protože je měkčí, dohodla jsem se dodavatelem, že po dokončení výroby opatří materiál lakem, abychom docílili lepší otěruvzdornosti materiálu. [13]



Obr. 24 Materiál WB-1404.



Obr. 25 Materiál Ebaard 60-1.

Ukázka dodaných kontrolních přípravků dle specifikace:



Obr. 26 Kontrolní přípravek č. 1.

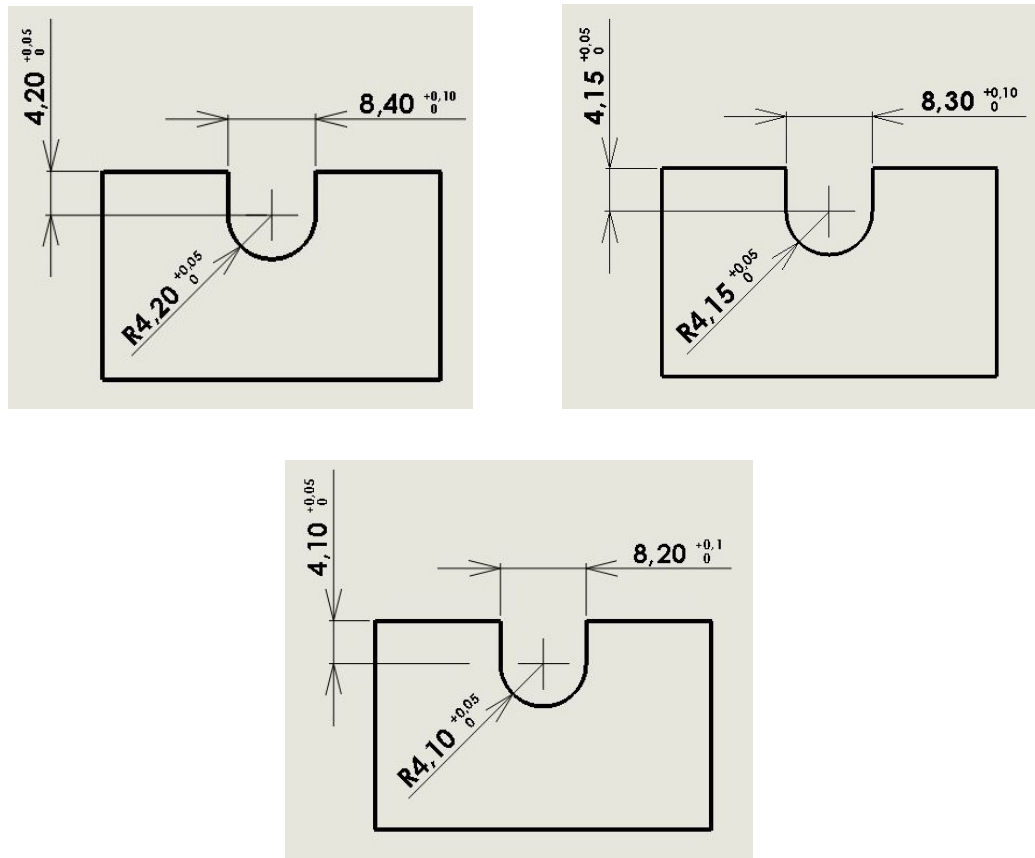


Obr. 27 Kontrolní přípravek č. 2.



Obr. 28 Kontrolní přípravek č. 3.

Po dodání forem proběhlo standardní ověřování rozměrů dle interních předpisů pro kalibraci nového přípravku (kontrola, že jsou formy zhotoveny na základě specifikace, která byla zaslána dodavateli a výkresu). Toto ověřování je důležité z hlediska následného testování, protože velikost drážek se liší jen v desetínách milimetrů.



Obr. 29 Velikost drážek.

Měření forem probíhalo v QA laboratoři ve firmě Denso Air Systems na měřícím rameni Romer Absolut Arm 7320.



Obr. 30 Romer Absolut Arm 7320.



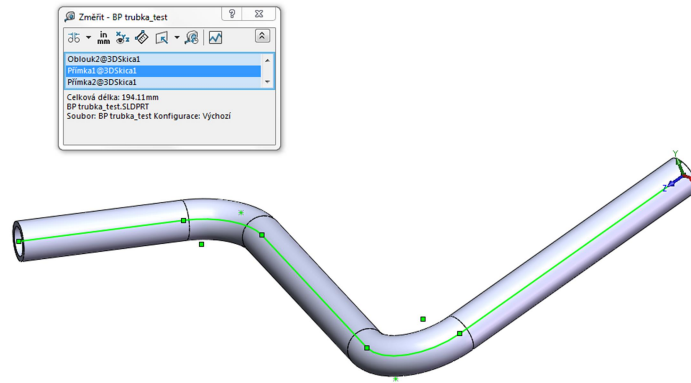
Obr. 31 Průběh kontrolního měření.

Na kontrolních přípravcích probíhalo standardní měření polohy ohybových bodů, tedy bodů A, B, C a D a následně i šířka a hloubka drážky na rovných válcích mezi body AB, BC a CD.

Naměřené hodnoty byly ve standardních tolerancích pro uvolnění přípravku do výroby.

3.2. Příprava trubek

Dle výkresové dokumentace a 3D dat byla zvolena experimentální délka, tedy teoreticky rozvinutá délka materiálu, v našem případě to bylo 194 mm.



Obr. 35 Délka trubky dle 3D dat.

Tato délka byla během nastavování ohýbacího stroje upravena na finální délku 193mm a bylo naohýbáno celkem 50 kusů trubek.



Obr. 36 CNC ohýbací stroj.

3.3. MSA analýza

Testování probíhalo pomocí analýzy systémů měření (MSA). Tuto metodu si firma Denso Air Systems upravila pro své interní potřeby na základě vlastních zkušeností a poznatků. Takto upravená metoda je schválena externími auditory.

3.3.1. Podstata MSA

MSA je metodika, která poskytuje informace o zdrojích variability v systému měření. Poskytuje objektivní důkaz přijatelnosti (způsobilosti). A dále předpokládá, že byl proveden správný výběr měřidla a funguje metrologická konfirmace (především návaznost). [10, 11]

Pokud vstupujeme do MSA s problémy výběru měřidla a jeho návaznosti (kalibrací), nelze očekávat vyhovující výsledky. [10, 11]

Výběr měřidla a kalibrace jsou (mohou být) provedeny v předvýrobní etapě, MSA je určena k tomu, aby prověřila chování celého systému měření v podmínkách skutečné výroby (kontroly). [10, 11]

3.3.2. MSA analýza – srovnávací metoda

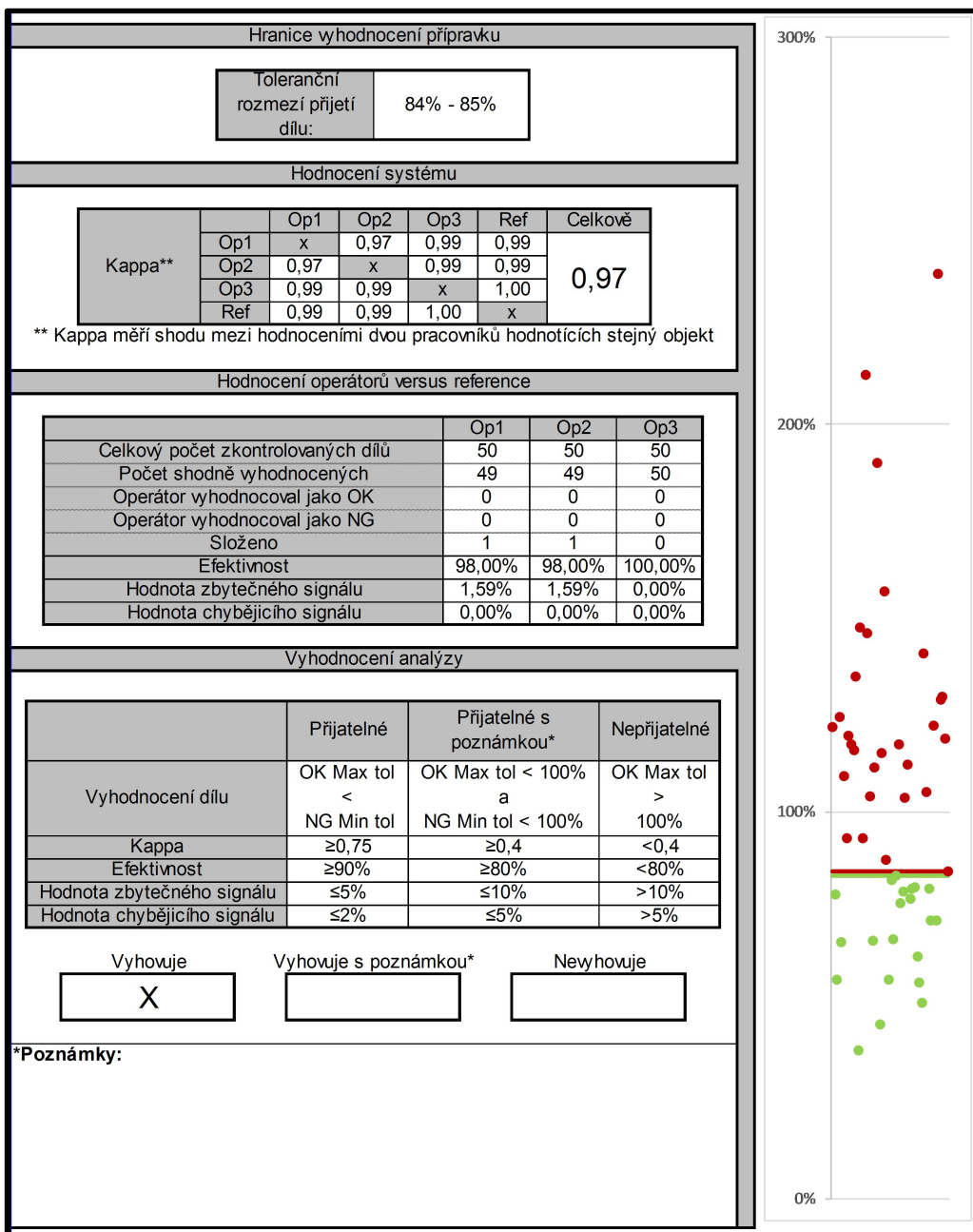
Testování v mém případě probíhalo pomocí srovnávací metody.

Tato metoda spočívá v tom, že ji provádí 3 operátoři a každý provede 3 rozhodnutí (každý musí udělat rozhodnutí pro 3 kontrolní přípravky), ale referenční (správná) rozhodnutí nejsou operátorům známa. [10]

Operátoři rozhodnou ve třech opakováních v náhodných pořadích, ale referenční rozhodnutí zná pouze osoba provádějící hodnocení studie. [10]

Rozhodnutí o způsobilosti (citace MSA):

Neexistují žádná teoreticky zdůvodněná kritéria při přijatelném riziku. Výše uvedené směrnice jsou heuristické a jsou vypracovány na základě „víry“ jednotlivců v to, co bude posouzeno jako přijatelné. Konečná rozhodovací kritéria by měla být založena na dopadu (tj. riziku) na zbývající proces a konečného odběratele. To je podstatou rozhodnutí, ne statistický test. [10]



Obr. 37 Protokol formy No. 1.

V protokolu je vidět graf, což je graf nejhorších rozměrů při měření trubek. Jsou to rozměry nejvzdálenější od nominální hodnoty a tyto rozměry jsou vyjádřeny v procentech. V grafu je tedy vidět 50 teček, což značí 50 ks testovaných dílů.

Graf je vyhotoven na základě měření trubek v QA laboratoři a referenčního rozhodnutí, zda jsou trubky OK nebo NG.

Mezi nejhorším OK kusem a nejlepším NG kusem (v grafu vyznačena červená čára = nejlepší NG kus a zelená čára = nejhorší OK kus) je tzv. toleranční rozmezí přijetí dílu. Čím užší toleranční rozmezí je, tím je menší nejistota přípravku.

Toleranční rozmezí přijetí dílu vychází v procentech [%]. Díly, které jsou do spodní hranice tolerančního rozmezí, tak jsou vyhodnoceny jako OK a díly co jsou nad horní hranicí tolerančního rozmezí tak jsou vyhodnoceny jako NG. Rozmezí mezi hranicemi je označováno jako chyba volby dílu a je to nedefinovatelné rozmezí, tzn., že nevíme, jestli v tomto rozmezí je díl OK nebo NG.

Hodnota tolerančního rozmezí musí být menší než 100%. Pokud hodnota přijetí dílu bude nad 100%, tak kontrolní přípravek nevyhovuje a v tu chvíli bychom neměli pokračovat v analýze dál.

Dalším krokem ve srovnávací analýze je rozhodnutí operátorů. Ti vyhodnocují díly jako OK nebo NG dle předem stanovených a jednoznačných pravidel. Všechny díly mají pouze tyto dva stavy (OK / NG). Tento krok by měli provádět operátoři, kteří na svém standardním pracovišti dělají stejnou činnost s obdobnými přípravky a díly.

Operátorům zajistíme klid na pracovišti, aby se mohli soustředit pouze na testování. I případné výkyvy teplot, či onemocnění operátorů mohou vést k tomu, že testování bude prováděno s chybou.

Sample	Ref	op1			op2			op3		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
3	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
19	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
26	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O
27	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
28	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
29	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
31	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
32	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
33	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
34	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
35	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
36	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
37	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
38	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
39	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
41	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
42	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
43	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O
44	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
45	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
46	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
47	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
48	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
49	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Obr. 38 Vyhodnocení operátorů vůči referenčnímu rozhodnutí pro formu No. 1.

Červeně označená rozhodnutí, jsou rozhodnutí operátorů, která se liší oproti referenčnímu rozhodnutí – liší se oproti mému rozhodnutí.

Nyní provedeme výpočet pomocí křížových tabulek. Tento výpočet se dělá pro všechny možné kombinace, tedy dochází k porovnání mezi sebou:

- rozhodnutí operátora č. 1 vs. rozhodnutí operátora č. 2
- rozhodnutí operátora č. 1 vs. rozhodnutí operátora č. 3
- rozhodnutí operátora č. 2 vs. rozhodnutí operátora č. 3
- rozhodnutí operátora č. 1 vs. referenční rozhodnutí
- rozhodnutí operátora č. 2 vs. referenční rozhodnutí
- rozhodnutí operátora č. 3 vs. referenční rozhodnutí

op1-op2		op2		celkem	Pop1o	88	po	0,99
		x	o					
op1	x	87	1	88	Pop2o	88	pe	0,52
	o	51,6	36,4	88,0	P		k	0,97
		1	61	62				
		36,4	25,6	62,0				
celkem		88	62	150				
		88,0	62,0	150,0				
op2-op3		op3		celkem	Pop1o	87	po	0,99
		x	o					
op2	x	87	1	88	Pop2o	88	pe	0,51
	o	51,0	37,0	88,0			k	0,99
		0	62	62				
		36,0	26,0	62,0				
celkem		87	63	150				
		87,0	63,0	150,0				
op1-op3		op3		celkem	Pop1o	87	po	0,99
		x	o					
op1	x	87	1	88	Pop2o	88	pe	0,51
	o	51,0	37,0	88,0			k	0,99
		0	62	62				
		36,0	26,0	62,0				
celkem		87	63	150				
		87,0	63,0	150,0				
Kappa	op1	op2	op3					
op1	x	0,97	0,99					
op2	0,97	x	0,99					
op3	0,99	0,99	x					

Obr. 39 Vyhodnocení pomocí křížových tabulek (mezi operátory) pro formu No. 1.

op1-ref		ref		celkem	Pop1o 87	Pop2o 88	po 0,99	pe 0,51	P k 0,99
		x	o						
op1	x	87	1	88					
		51,0	37,0	88,0					
	o	0	62	62					
		36,0	26,0	62,0					
celkem		87	63	150					
		87,0	63,0	150,0					
op2-ref		ref		celkem	Pop1o 87	Pop2o 88	po 0,99	pe 0,51	k 0,99
		x	o						
op2	x	87	1	88					
		51,0	37,0	88,0					
	o	0	62	62					
		36,0	26,0	62,0					
celkem		87	63	150					
		87,0	63,0	150,0					
op3-ref		ref		celkem	Pop1o 87	Pop2o 87	po 1,00	pe 0,51	k 1,00
		x	o						
op3	x	87	0	87					
		50,5	36,5	87,0					
	o	0	63	63					
		36,5	26,5	63,0					
celkem		87	63	150					
		87,0	63,0	150,0					
Kappa	ref								
op1	0,99								
op2	0,99								
op3	1,00								

Obr. 40 Vyhodnocení pomocí křížových tabulek (mezi operátory a referenčním rozhodnutím) pro formu No. 1.

Na základě křížových tabulek jsem získala hodnotu Kappa – to je experimentálně daná hodnota.

Tato hodnota měří shodu mezi hodnoceními dvou pracovníků hodnotících stejný objekt – ukazatel shody.

Kappa je definovaná takto:

- 0,75 – 1 dobrá až vynikající shoda
- 0 – 0,4 špatná shoda

Citace MSA:

Kappa nevypovídá nic o velikosti neshody mezi hodnotiteli, ale říká pouze to, zda se shodují či nikoli. [11]

Výsledná a tedy i nejpodstatnější hodnota Kappa, je nejnižší hodnota ze všech testování – nejhorší článek.

Kappa**		Op1	Op2	Op3	Ref	Celkově
	Op1	x	0,97	0,99	0,99	0,97
	Op2	0,97	x	0,99	0,99	
	Op3	0,99	0,99	x	1,00	
	Ref	0,99	0,99	1,00	x	

Obr. 41 Výsledná hodnota Kappa pro formu No. 1.

Dále jsou v tabulce „Hodnocení operátorů versus reference” opět výsledky z křížových tabulek, ale jsou zde vyhodnocovány jiné hodnoty, je to spíše takový souhrn zjištěných hodnot.

Efektivnost:

$$\text{efektivnost} = \frac{\text{počet správných rozhodnutí}}{\text{celkový počet možností pro rozhodnutí}} [\%]$$

Hodnota zbytečného signálu = shodný díl vyhodnocen jako neshodný [%]

Hodnota chybějícího signálu = neshodný díl vyhodnocen jako shodný [%]

Celá analýza končí pomocí vyhodnocení. Vyhodnocení můžou být:

- vyhovuje
- vyhovuje s poznámkou – tzn., že se na přípravku vyskytl buď defekt, nebo zde působil nějaký vnější vliv, např. operátor byl nemocný, v testovací místnosti bylo velké teplo, apod.
- nevyhovuje – přípravek je nevhodný ke kontrole dílu

4. Vyhodnocení výsledků

Výsledkem MSA analýzy je vyhodnocení, zdali přípravek vyhovuje, či nevyhovuje. V mém případě vyhovují všechny tři přípravky, ale ne všechny splňují základní požadavek, který byl, aby přípravek vyhovoval 2/3 tolerance.

Přípravek No. 1:

Rozměr první kontrolní drážky je $8,20 \begin{smallmatrix} +0,1 \\ -0,0 \end{smallmatrix}$ mm, z MSA analýzy jsem došla k výsledkům, že toleranční rozmezí přijetí dílu je 84% – 85%, tedy drážka je přísnější než požadované 2/3 tolerance. Hodnota Kappa, která měří shodu mezi hodnotiteli, v případě tohoto přípravku vyšla 97%, což znamená, že je klasifikovaná jako vynikající shoda, přípravek dle MSA analýzy vyhovuje, ale zároveň přípravek nesplňuje základní požadavek na 2/3 tolerance.

Přípravek No. 2:

Rozměr druhé kontrolní drážky je $8,30 \begin{smallmatrix} +0,1 \\ -0,0 \end{smallmatrix}$ mm, z MSA analýzy jsem došla k výsledkům, že toleranční rozmezí přijetí dílu je stejné jako v předchozím případě, tedy 84% – 85% - drážka je i v tomto případě přísnější než požadované 2/3 tolerance. Hodnota Kappa vyšla také shodně jako v případě prvního přípravku, tedy 97%, což znamená, že i tato shoda je klasifikovaná jako vynikající, přípravek i zde dle MSA analýzy vyhovuje, ale opět nesplňuje základní požadavek na 2/3 tolerance.

Přípravek No. 3:

Rozměr třetí kontrolní drážky je $8,40 \begin{smallmatrix} +0,1 \\ -0,0 \end{smallmatrix}$ mm (běžně navrhovaná drážka ve firmě Denso Air Systems). Z MSA analýzy jsem došla k výsledkům, že toleranční rozmezí přijetí dílu je 66% – 67%. Tolerance se v tomto případě přiblížila hodnotě 2/3 tolerance. Hodnota Kappa vyšla v tomto případě 95%, což znamená, že i tato shoda je klasifikovaná jako vynikající, i když je nižší než v předchozích dvou případech. Přípravek dle MSA analýzy vyhovuje a také jako jediný splňuje podmínku 2/3 tolerance.

Zápis výsledných hodnot byl zapsán do formulářů a tyto formuláře jsou součástí přílohy jako položka 1, 2 a 3.

5. Závěr

Cílem práce bylo navrhnout rozměr drážky v přípravku pro kontrolu vícenásobného ohybu trubky. Byly navrženy tři rozměry drážek: $8,20^{+0,1}_{-0,0}$ mm, $8,30^{+0,1}_{-0,0}$ mm a $8,40^{+0,1}_{-0,0}$ mm, přičemž rozměr 8,4mm je standardním rozměrem drážek ve firmě Denso Air Systems.

Byla navržena experimentální trubka, testovací formy a samotné testování probíhalo pomocí MSA analýzy – srovnávací metodou.

Hlavním požadavkem na začátku práce bylo navrhnout drážku, která bude odpovídat 2/3 tolerance. Této hodnotě odpovídá jako jediná forma No. 3, kde je rozměr kontrolní drážky $8,40^{+0,1}_{-0,0}$ mm – rozmezí přijetí dílu vyšlo 66% - 67%.

Dále byly navrženy další dva přípravky, které měly přísnější rozměry kontrolních drážek, a to $8,30^{+0,1}_{-0,0}$ mm a $8,20^{+0,1}_{-0,0}$ mm. Zde vyšla hodnota přijetí dílu stejná pro oba rozměry, a to 84% - 85%. Hodnota přijetí dílu neodpovídá 2/3 tolerance, tolerance v tomto případě vychází okolo 6/7 tolerance.

Přípravky by byly v tomto případě přísnější a výroba trubek by byla možná, ale z hlediska stabilního výrobního procesu by byla výroba v takto přísných přípravcích neudržitelná. Pokud budeme zvažovat i další faktory ovlivňující výrobu jako je fluktuace operátorů (každý operátor založí trubku do ohýbacího stroje jinak), nastavení a seřízení ohýbacího stroje, apod., tak se dá předpokládat, že v průběhu výroby trubek a následné kontroly po ohýbání by bylo velké množství dílů vyhodnoceno výrobním operátorem jako neshodné díly i když by tyto díly byly v pořádku a dle výkresových tolerancí.

Z těchto důvodů byla navržena a vyhodnocena jako vyhovující kontrolní drážka s rozměrem 8,40 mm.

6. Literatura a použité zdroje

[1] [on line]. Dostupný na www:

<http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-ohybani.html>

[citace: 8.8.2016].

[2] [on line]. Dostupný na www:

http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm

[citace: 8.8.2016].

[3] [on line]. Dostupný na www:

https://www.strojar.com/upload/ost/obory/tech/TMTV_prednasky_prezentace.pdf

[citace: 8.8.2016].

[4] [on line]. Dostupný na www:

<http://www.omni-x.cz/cs/pruvodce-ohybanim/defekty-pri-ohybu-trubek>

[citace: 8.8.2016].

[5] [on line]. Dostupný na www:

[http://www.mmspektrum.com/content/100716_Akademie_tva%C5%99eni_o_h%C3%BDb%C3%A1n%C3%AD\(1\).pdf](http://www.mmspektrum.com/content/100716_Akademie_tva%C5%99eni_o_h%C3%BDb%C3%A1n%C3%AD(1).pdf)

[citace: 8.8.2016].

[6] [on line]. Dostupný na www:

<http://strojirenstvi-stredni-skola.blogspot.cz/2011/03/3852-ohybani.html>

[citace: 8.8.2016].

[7] [on line]. Dostupný na www:

http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/STT/STT4_3-ohybani_SPU.pdf

[citace: 8.8.2016].

[8] [on line]. Dostupný na www:

http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_004/Technologie%20tv%C3%A11%C5%99en%C3%AD%20a%20sl%C3%A9v%C3%A1n%C3%AD%20%20Teoretick%C3%BD%20z%C3%A1klad/02%20Text%20pro%20e-learning/publikovat/kapitoly/8.%20OH%C3%9DB%C3%81N%C3%8D.pdf

[citace: 8.8.2016].

[9] [on line]. Dostupný na www:

http://umi.fs.cvut.cz/wp-content/uploads/2014/08/3_2_struktura-a-vlastnostni-materialu-a-jejich-zkouseni.pdf

[citace: 8.8.2016].

[10] Němeček, P.: MSA Analýza systému měření – Česká společnost pro jakost, o.s., Praha 2014: 153 stran

[11] Pracovní skupina pro analýzu systémů měření (překlad Petrašová, I.): Analýza systémů měření (MSA) – Česká společnost pro jakost, o.s., Praha 2010: 231 stran, čtvrté vydání

[12] [on line]. Dostupný na www:

http://www.rampf-gruppe.de/uploads/media/WB-1404_TDS_CZ.pdf

[citace: 6.9.2016].

[13] [on line]. Dostupný na www:

<http://www.ebalta.cz/cz/katalog-produktu/ebaboard-umele-drevo/ebaboard-60-1>

[citace: 6.9.2016].

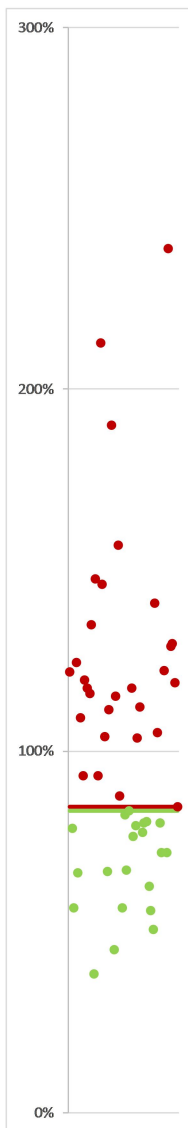
7. Přílohy

Příloha 1. Výsledný formulář formy No. 1.

	Analýza způsobilosti přípravku				Issue No./改訂No.	Document No./文書No.
	Analysis of attributive characteristic of checking jig				5	F-Q-7.6-07
				Issue Date/改訂日	Page No./ページNo.	
				5.10.2015	1 z 1	
Identifikace						
Ev. Číslo přípravku:	Test 1	Číslo dílu:	BP trubka_test	Projekt:	Datum provedení:	24.5.2016
Hranice vyhodnocení přípravku						
		Toleranční rozmezí přijetí dílu:	84% - 85%			
Hodnocení systému						
Kappa**		Op1	Op2	Op3	Ref	Celkově
	Op1	x	0,97	0,99	0,99	0,97
	Op2	0,97	x	0,99	0,99	
	Op3	0,99	0,99	x	1,00	
	Ref	0,99	0,99	1,00	x	
Ref	0,99	0,99	1,00	x		
** Kappa měří shodu mezi hodnoceními dvou pracovníků hodnotících stejný objekt						
Hodnocení operátorů versus reference						
		Op1	Op2	Op3		
Celkový počet zkontrolovaných dílů		50	50	50		
Počet shodně vyhodnocených		49	49	50		
Operátor vyhodnocoval jako OK		0	0	0		
Operátor vyhodnocoval jako NG		0	0	0		
Složeno		1	1	0		
Efektivnost		98,00%	98,00%	100,00%		
Hodnota zbytečného signálu		1,59%	1,59%	0,00%		
Hodnota chybějícího signálu		0,00%	0,00%	0,00%		
Vyhodnocení analýzy						
	Přijatelné	Přijatelné s poznámkou*	Nepřijatelné			
Vyhodnocení dílu	OK Max tol < NG Min tol	OK Max tol < 100% a NG Min tol < 100%	OK Max tol > 100%			
Kappa	≥0,75	≥0,4	<0,4			
Efektivnost	≥90%	≥80%	<80%			
Hodnota zbytečného signálu	≤5%	≤10%	>10%			
Hodnota chybějícího signálu	≤2%	≤5%	>5%			
	Vyhovuje	Vyhovuje s poznámkou*	Nevyhovuje			
	X					
*Poznámky:						
Operátor 1:	Kroužková D.	Operátor 2:	Červinka J.	Operátor 3:	Dostál S.	
Datum vyhodnocení	24.5.2016	Provedl:	Nádvorníková K.	Schválil:	Kurimský T. - T/L	

Příloha 2. Výsledný formulář formy No. 2.

	Analýza způsobilosti přípravku				Issue No./改訂 No.	Document No./文書 No.
	Analysis of attributive characteristic of checking jig				5	F-Q-7.6-07
				Issue Date/改訂日	Page No./ページ No.	
				5.10.2015	1 z 1	
Identifikace						
Ev. Číslo přípravku:	Test 2	Číslo dílu:	BP trubka_test	Projekt:	Datum provedení:	24.5.2016
Hranice vyhodnocení přípravku						
Toleranční rozmezí přijetí dílu:		84% - 85%				
Hodnocení systému						
Kappa**		Op1	Op2	Op3	Ref	Celkově
		x	0,99	0,97	0,99	0,97
		0,99	x	0,99	1,00	
		0,97	0,99	x	0,99	
		0,99	1,00	0,99	x	
** Kappa měří shodu mezi hodnoceními dvou pracovníků hodnotících stejný objekt						
Hodnocení operátorů versus reference						
		Op1	Op2	Op3		
Celkový počet zkontrolovaných dílů		50	50	50		
Počet shodně vyhodnocených		49	50	49		
Operátor vyhodnocoval jako OK		0	0	0		
Operátor vyhodnocoval jako NG		0	0	0		
Složeno		1	0	1		
Efektivnost		98,00%	100,00%	98,00%		
Hodnota zbytečného signálu		1,59%	0,00%	1,59%		
Hodnota chybějícího signálu		0,00%	0,00%	0,00%		
Vyhodnocení analýzy						
	Přijatelné	Přijatelné s poznámkou*	Nepřijatelné			
Vyhodnocení dílu	OK Max tol < NG Min tol	OK Max tol < 100% a NG Min tol < 100%	OK Max tol > 100%			
Kappa	≥0,75	≥0,4	<0,4			
Efektivnost	≥90%	≥80%	<80%			
Hodnota zbytečného signálu	≤5%	≤10%	>10%			
Hodnota chybějícího signálu	≤2%	≤5%	>5%			
Vyhovuje	Vyhovuje s poznámkou*	Nevyhovuje				
X						
*Poznámky:						
Operátor 1:	Kroužková D.	Operátor 2:	Červinka J.	Operátor 3:	Dostál S.	
Datum vyhodnocení	24.5.2016	Provedl:	Nádvorníková K.	Schválil:	Kurimský T. - T/L	



Příloha 3. Výsledný formulář formy No. 3.

	Analýza způsobilosti přípravku				Issue No./改訂 No.	Document No./文書 No.
	Analysis of attributive characteristic of checking jig				5	F-Q-7.6-07
				Issue Date/改訂日	Page No./ページ No.	
				5.10.2015	1 z 1	
Identifikace						
Ev. Číslo přípravku:	Test 3	Číslo dílu:	BP trubka_test	Projekt:	Datum provedení:	24.5.2016
Hranice vyhodnocení přípravku						
		Toleranční rozmezí přijetí dílu:	66% - 67%			
Hodnocení systému						
Kappa**		Op1	Op2	Op3	Ref	Celkově 0,95
	Op1	x	0,95	0,95	0,97	
	Op2	0,95	x	0,95	0,97	
	Op3	0,95	0,95	x	0,97	
	Ref	0,97	0,97	0,97	x	
** Kappa měří shodu mezi hodnoceními dvou pracovníků hodnotících stejný objekt						
Hodnocení operátorů versus reference						
		Op1	Op2	Op3		
Celkový počet zkontrolovaných dílů		50	50	50		
Počet shodně vyhodnocených		49	49	49		
Operátor vyhodnocoval jako OK		0	0	0		
Operátor vyhodnocoval jako NG		0	0	0		
Složeno		1	1	1		
Efektivnost		98,00%	98,00%	98,00%		
Hodnota zbytečného signálu		4,17%	4,17%	4,17%		
Hodnota chybějícího signálu		0,00%	0,00%	0,00%		
Vyhodnocení analýzy						
	Přijatelné	Přijatelné s poznámkou*	Nepřijatelné			
Vyhodnocení dílu	OK Max tol < NG Min tol	OK Max tol < 100% a NG Min tol < 100%	OK Max tol > 100%			
Kappa	≥0,75	≥0,4	<0,4			
Efektivnost	≥90%	≥80%	<80%			
Hodnota zbytečného signálu	≤5%	≤10%	>10%			
Hodnota chybějícího signálu	≤2%	≤5%	>5%			
	Vyhovuje X	Vyhovuje s poznámkou*	Nevyhovuje			
*Poznámky:						
Operátor 1:	Kroužková D.	Operátor 2:	Červinka J.	Operátor 3:	Dostál S.	
Datum vyhodnocení	24.5.2016	Provedl:	Nádvorníková K.	Schválil:	Kurimský T. - T/L	