

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav strojírenské technologie

**ANALÝZA VAD PŘI VÝROBĚ POJISTNÝCH
KROUŽKŮ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Pavlína Ečerová
Studijní obor: Teoretický základ strojírenského inženýrství
Vedoucí práce: Ing. František Tatíček, Ph.D.

Praha 2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Ečerová** Jméno: **Pavína** Osobní číslo: **423358**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Teoretický základ strojniho inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Analýza vad při výrobě pojistných kroužků

Název bakalářské práce anglicky:

Analysis of defects in the production of retaining rings

Pokyny pro vypracování:

Body k vypracování:

- 1) seznámení s problematikou výroby pojistných kroužků
- 2) přehled vad pojistných kroužků při jejich výrobě
- 3) návrh opatření pro jejich eliminaci
- 4) závěrečné zhodnocení

Seznam doporučené literatury:

dle pokynů vedoucího

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. František Tatíček Ph.D., ústav strojírenské technologie FS

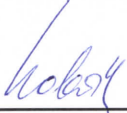
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **26.04.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10.08.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **10.08.2017**


Podpis vedoucí(ho) práce

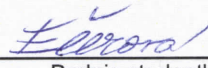

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

5.5.2017
Datum převzetí zadání


Podpis studentky

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne

Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat za cenné rady k obsahu i k pojetí práce panu **Ing. Františku Tatíčkoví Ph.D.** a také zaměstnancům firmy Rotor Clip s.r.o. za svolení s použitím firemních materiálů, záznamů a odbornou pomoc při realizaci této práce.

Anotace

Tato práce vznikla ve spolupráci s firmou Rotor Clip s.r.o., a proto všechny postupy a další věci jsou popsány tak, jak je tomu právě v této společnosti. V práci jsou popsány jednotlivé vady při výrobě pojistných kroužků a princip výroby. V jednotlivých bodech jsou sepsány vady a detailněji popsány. V závěru práce je shrnutí vad a možnosti jejich eliminace.

Klíčová slova

Pojistné kroužky, tváření, lisování, stříhání, vady

Anotation

This work was created in collaboration with Rotor Clip s.r.o., so all the procedures and other things are described as it is in this company. The work describes individual defects in the production of retaining rings and the principle of production. At each point, defects are written and described in more detail. At the end of the thesis there is a summary of the defects and the possibility of their elimination.

Key words

Retaining rings, forming, stamping, shearing, defects

Obsah

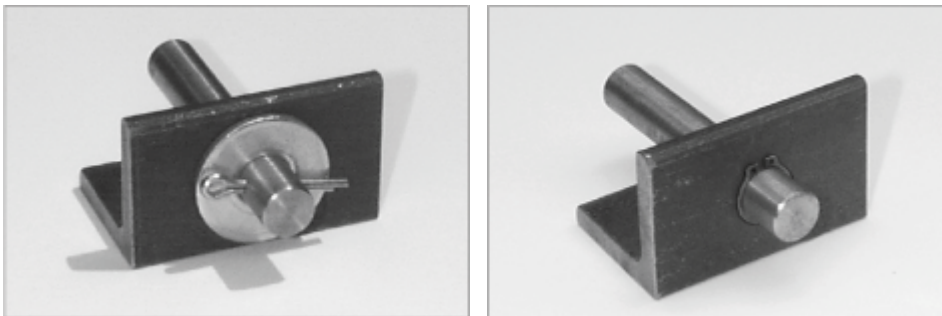
1. Úvod	1
2. Technologie výroby	3
2.1 Technologie tváření.....	3
2.2 Technologie stříhání.....	5
2.2.1 Střížná vůle v	6
2.2.2 Střížná síla a práce.....	7
2.3 Technologie navíjení.....	9
2.4 Technologie soustružení	10
2.3 Použité stroje.....	11
2.4 Princip výroby.....	15
3. Materiál pro výrobu pojistných kroužků	17
4. Charakteristiky vad.....	19
4.1 Postupové lisování	19
4.1.1 Otřepy	19
4.1.2 Otlaky	20
4.1.3 Kónická deformace.....	21
4.1.4 Nedostřižení tvaru	22
4.2 Operační lisování	22
4.2.1 Otřepy	22
4.2.2 Otlaky	23

4.2.3	Kónická deformace.....	24
4.2.4	Přestřižení zámků	25
4.2.5	Nevystřižené montážní otvory.....	25
4.3	Karuselové lisování.....	26
4.3.1	Otřepy	26
4.3.2	Otlaky	27
4.3.3	Kónická deformace.....	27
4.3.4	Nevystřižené montážní otvory.....	28
4.3.5	Přestřižení zámků	28
5.	Závěr.....	30
6.	Použitá literatura:.....	32

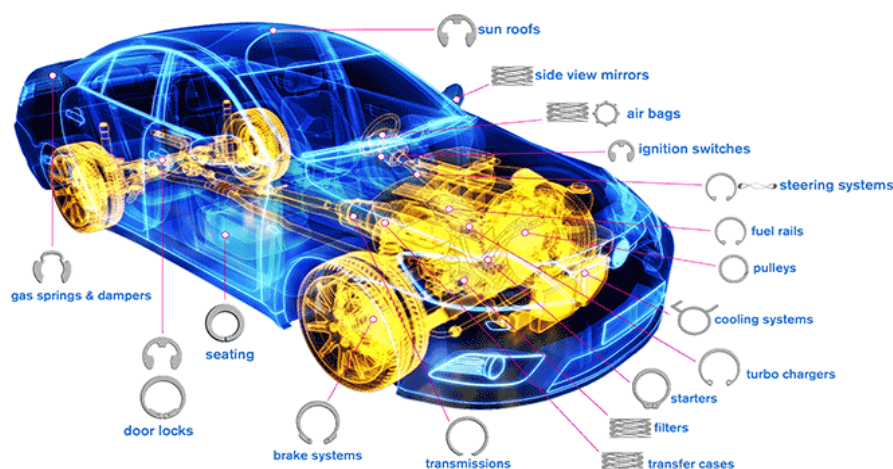
1. Úvod

Tato práce vznikla ve spolupráci s firmou Rotor Clip s.r.o., která se zabývá výrobou pojistných kroužků. Ve své práci se budu zabývat charakteristikou vad při výrobě kroužků prostřednictvím technologie tváření a stříhání. Budu se zabývat pouze vadami, které jsou okem viditelné, ne skrytými vadami uvnitř materiálu.

Pojistné kroužky, známé také jako „segrovky“, jsou strojní součástky různých tvarů a rozměrů (průměr od 1 mm do 1000 mm). Slouží k zajištění čepů proti osovému pohybu a strojních součástí uložených na hřídeli i dírách. Pojistné kroužky jsou nejjednodušší a nejhospodárnější součásti k zajištění čepu proti pohybu. Díky své velikosti šetří mnoho místa [obr.1]. Tyto kroužky mají široké využití ve strojírenství, hlavně v automobilovém průmyslu [obr.2] [1].



[obr.1] Způsob zajištění pomocí podložky a závlačky v porovnání s pojistným kroužkem [2].



[obr.2] Aplikace pojistných kroužků v osobním automobilu [3].

Pojistné kroužky se vyrábějí ve více variantách podle způsobu jejich využití. Základní typy: třmenové, pro hřídele a pro díry [obr.3]. Dále se vyrábějí speciální typy kroužků dle specifických požadavků využití nebo dle přání zákazníka.



[Obr.3] Typy pojistných kroužků, zleva: PK pro hřídele, PK pro díry, třmenové PK[4].

Pojistné kroužky se vyrábějí různými způsoby výroby. Podle průměru kroužku se používají operace lisování (stříhání), navíjení a lisování nebo navíjení a soustružení. Dále následují dokončovací operace jako je odjehlení (zbavení otřepů) nebo rovnání, někdy obojí. Následuje proces kalení a povrchová úprava. Povrchová úprava nemusí následovat vždy, záleží z jakého materiálu je kroužek vyroben.

V práci se budu zabývat problematikou vad pojistných kroužků, které vznikají během procesu stříhání (lisování). Budu popisovat důvod jejich vzniku, jednotlivé vady a pokusím se navrhnout opatření pro jejich eliminaci.

2. Technologie výroby

V rámci této kapitoly se budu zabývat popisem výrobních technologií, hlavně technologií stříhání, při které jednotlivé vady vznikají. Dále se budu věnovat technologii tváření, pod kterou technologie stříhání patří. Mezi další kapitoly, kterým se budu věnovat, patří technologie navíjení a technologie soustružení.

2.1 Technologie tváření

Technologie tváření představuje proces, při kterém má výchozí polotovar určitý a předem stanovený tvar. Během procesu tváření výchozí polotovar mění svůj tvar, ale objem materiálu zůstává stále stejný, na rozdíl od jiných technologií. Cílem tváření je získání požadovaného tvaru, jakosti a požadovaných mechanických vlastností nejkratší cestou a co možná nejlevněji. Tvářením rozumíme trvalou změnu tvaru pomocí působení vnějších sil bez porušení celistvosti materiálu.

Tvářet bez porušení celistvosti můžeme jen za určitých podmínek, které jsou dány plastickými vlastnostmi materiálu. Materiál deformujeme pomocí tvářecích nástrojů, kterými pohybujeme pomocí tvářecích strojů. Ty přenášejí sílu, která působí na materiál a postupně ho deformuje. Pokud deformace překročí limitní hranici, dojde k porušení materiálu. Tohle platí víceméně pouze u tváření za studena, u tváření za tepla dochází k porušení materiálu podstatně hůře, anebo vůbec, protože má materiál jinou limitní hranici deformace.

Nejjednodušeji to lze vysvětlit pomocí trhací zkoušky. V první fázi zatěžování dochází k elastické deformaci, která po odlehčení vrátí materiál do původního stavu. V druhé fázi (při překročení meze kluzu) dochází k plastické deformaci (elastická deformace je stále přítomna). Při překročení meze pevnosti dochází k nerovnoměrné deformaci, která se projevuje vznikem krčku a při další plastické deformaci dojde k porušení materiálu.

Z hlediska tvářecí teploty se dělí technologie tváření na tváření za studena a tváření za tepla. Při tváření za studena se deformace materiálu projevuje jako zpevnění materiálu. Zpevnění má za následek změny mechanických vlastností materiálu, jako je zvýšení tvrdosti a pevnosti, pokles tvárnosti, vrubové houževnatosti apod. Tváření za studena probíhá při teplotě, která je nižší, než je rekrystalizační teplota. Tu získáme

pomocí vzorce $T_R = (0,35 \text{ až } 0,4)T_T$, kde T_T je termodynamická teplota tání. Tvářet za studena můžeme jen do určité míry. Tu stanovuje podmínka plasticity (tvárnosti) materiálu. Pokud vyčerpáme tvárnost, materiál začne v místech s největším napětím vytvářet trhliny. To znemožní ve tváření pokračovat. Tímto faktorem jsme omezeni. Pokud však chceme ve tváření pokračovat, musíme materiál zahřát nad rekrytalizační teplotu. Tímto procesem odstraníme předchozí vliv tváření a získáme zpět plastické vlastnosti.

Tváření za tepla znamená tváření kovů při teplotě vyšší, než je rekrytalizační teplota. Vyrábí se tak například různé hutní polotovary, zpracovávají se různé oceli a některé neželezné kovy. Cílem tváření za tepla je získání požadovaného tvaru a zlepšení mechanických vlastností (zjemnění struktury, uspořádání krystalických zrn). Jako vstupní materiál se používají ingoty nebo polotovary různých velikostí.

Technologie tváření se dále dělí na plošné a objemové, což je dané polotovarem. Pro plošné tváření se jako polotovar používá svitek (pás) plechu nebo trubky. Při objemovém tváření se používají jako polotovary ingoty nebo odlitky.

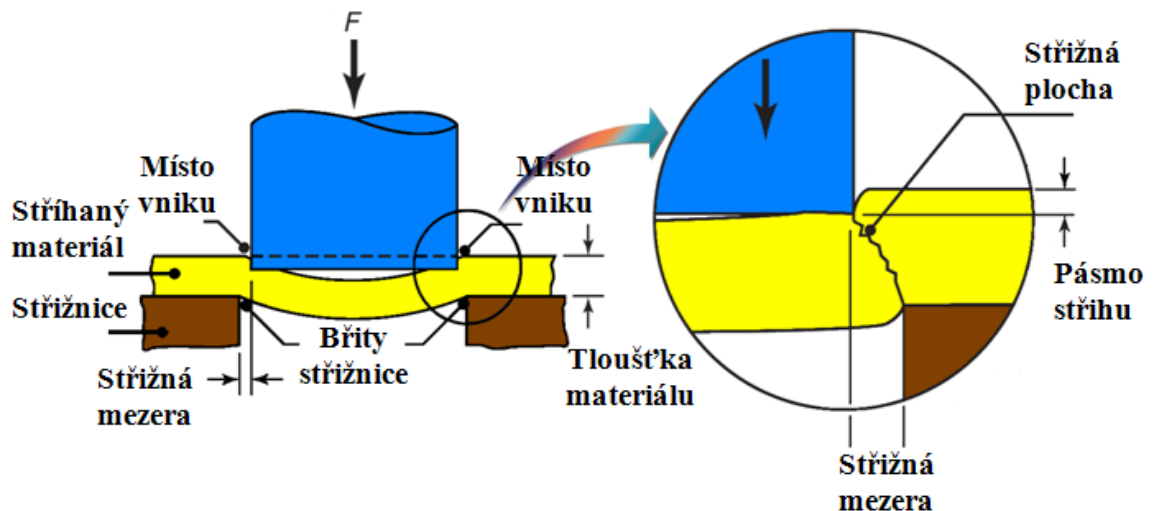
Definice rozdělení technologie tváření je dána normou ČSN 22 6001. [5] [10] [12]

Při výrobě pojistných kroužků se budeme zaměřovat pouze tváření za studena. Konkrétně se jedná o technologie stáčení vstupního lichoběžníkového drátu do požadovaného kruhového tvaru a následné využití lisování (stříhání) pro výrobu středních a větších součástek. Během stáčení dochází ke změně lichoběžníkového průřezu na konečný obdélníkový. Pro menší výrobky se používá pouze technologie stříhání bez předchozího stočení materiálu. Tyto součástky jsou totiž vyrobeny během jedné operace díky postupovému lisování. Operace navíjení a následné soustružení se používají pro výrobu velkých kroužků (možno pro kroužky již od průměru 200 mm).

V dalším textu se podrobněji zaměřím na konkrétní operace, které se používají pro výrobu pojistných kroužků

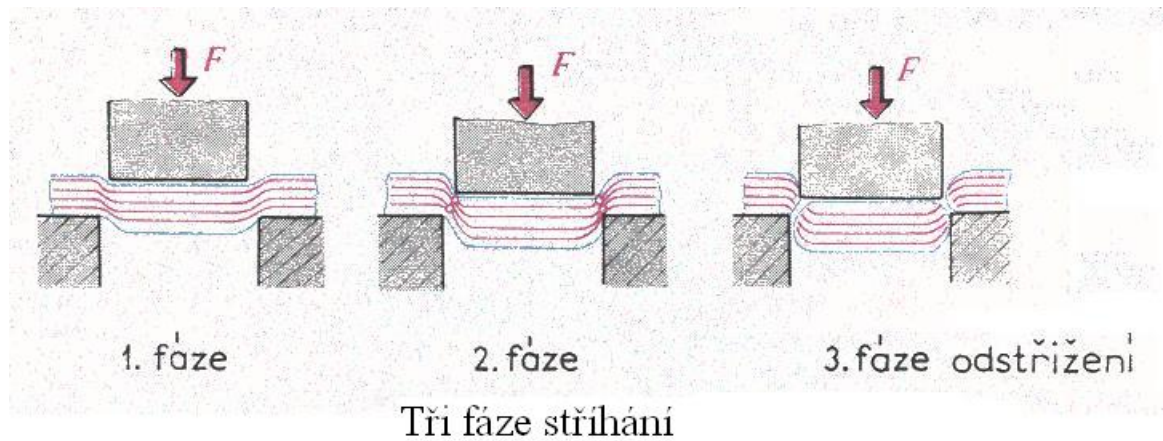
2.2 Technologie stříhání

Technologie stříhání je oddělování částí materiálu podél střížné hrany. Proces můžeme rozdělovat na uzavřený nebo otevřený. Plocha stříhu nebývá kolmá k povrchu materiálu. Stříhání probíhá mezi střížníkem a střížnicí na které působí střížná síla. [7]



[Obr.4] Technologie stříhání

Technologii stříhání můžeme rozdělit do 3 fází. Nejprve dosedne nástroj na stříhaný materiál. V první fázi se projevuje pružná deformace v materiálu, který je stříhán. Průnik střížníku do materiálu se pohybuje mezi 5-8 % jeho tloušťky a je závislý na jeho mechanických vlastnostech. Na stříhaný materiál působí síla, která je na ploše mezi střížníkem a střížnicí. V rovinách kolmých na střížné plochy vznikají dvojice sil, proto dochází k ohybové deformaci. Tato deformace způsobuje zaoblení materiálu na straně střížníku i střížnice. Ve druhé fázi je napětí větší než mez kluzu a dochází tak k trvalé deformaci. Hloubka vniku střížníku je stále závislá na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a pohybuje se mezi 10-25 % tloušťky materiálu. Třetí fáze spočívá v tom, že materiál namáháme nad mez pevnosti. Nejprve vznikají mikrotrhliny a poté makroskopické trhliny. Tyto trhliny se nacházejí na hraně střížníku a střížnice. Vzniklé trhliny způsobí porušení materiálu. Pro vysokou kvalitu stříhu je potřebná správná střížná vůle. [8]



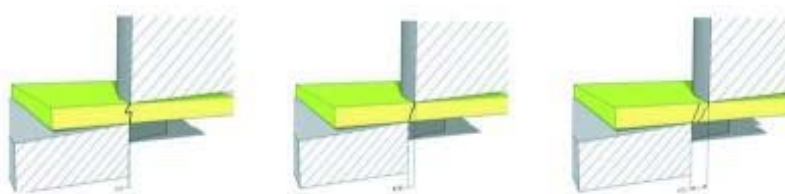
[Obr.5] Fáze stříhání [11]

2.2.1 Střížná vůle v

Střížná vůle je rozdíl rozměru střížníku a střížnice, značí se písmenem v . Rozdíl jedné strany ($v/2$) vytváří střížnou mezeru, značenou písmenem z . Tím, jak zvolíme střížnou mezeru, určujeme kvalitu a jakost stříhu, ale například i živostnost nástroje, což je důležité z ekonomického hlediska. Střížná mezera musí být ve všech místech stejná a rovnoměrná. Při nedodržení těchto parametrů vznikají povrchové vady, jako jsou otřepy, a střížná plocha je nekvalitní (není kolmá k ploše stříhaného materiálu).

Velikost střížné vůle je závislá na druhu a tloušťce materiálu. Obvykle se volí mezi 3-20 % tloušťky materiálu. Střížnou vůli volíme tak, abychom dosáhli požadované jakosti střížné plochy a měli co nejmenší střížnou sílu.

Při správném zvolení střížné vůle se nástříhy od střížnice a střížníku potkají a vzniká rovný povrch bez otřepů, protože se trhliny setkají v jednom místě, velikost střížné síly je nejmenší. Naopak, když je střížná vůle moc velká nebo malá, trhliny se minou a vzniká nerovný, nekvalitní povrch střížné plochy, střížná síla se zvětšuje.



Obr. [6] Různé velikosti střížné vůle [8]

Velikost střížné vůle můžeme najít v normách (například norma ČSN 22 6015), kde je dostupná řada doporučení. Při volbě velikosti střížné vůle záleží na tloušťce a jakosti stříhaného materiálu, ale i na druhu materiálu ze kterého je nástroj vyroben. [8] [13]

2.2.2 Střížná síla a práce

Střížná síla je důležitá pro volbu tvářecího stroje. Na kvalitu střížné plochy má vliv stav nástroje (kvalita ostří, vlastnosti nástrojů, vedení nástrojů vůči sobě, dodržení střížné vůle apod.) Velikost střížné síly je z hlediska polohy zdvihu v každém okamžiku jiná, obecně se určuje součinem střížného odporu a střížné síly. Jelikož nedochází k čistému smyku, ale namáhání jsou kombinovaná, musíme sílu zvětšit o 20-50 % (z důvodu výrobní nepřesnosti nástrojů, z hlediska otupení nástrojů apod.). Střížnou sílu můžeme snížit konstrukčními úpravami nástrojů, například při stříhání rovnými noži pomocí zešikmení hran střížníku pod určitým úhlem, díky tomu se střížná síla sníží o 30-40 %, v případě stříhání tvarovými střížnými nástroji jejich zešikmením, či výškovým odstupňováním střížníku apod.

Střížná síla je dána vztahem (pro stříhání rovnoběžnými noži):

$$F_S = (1,1 \text{ až } 1,3) \cdot O \cdot s \cdot \tau_S$$

s – tloušťka materiálu [mm]

O – střížný obvod [mm]

τ_S – napětí ve smyku, stříhová pevnost - $\tau_S=0,8 R_m$ [MPa]

R_m – mez pevnosti v tahu [MPa]. [9]

Výpočet střížné práce je dán vztahem:

$$A = F_S \cdot k \cdot t$$

A – střížná práce [J]

F_S – střížná síla [N]

k – součinitel hloubky vtlačení (0,4-0,7)

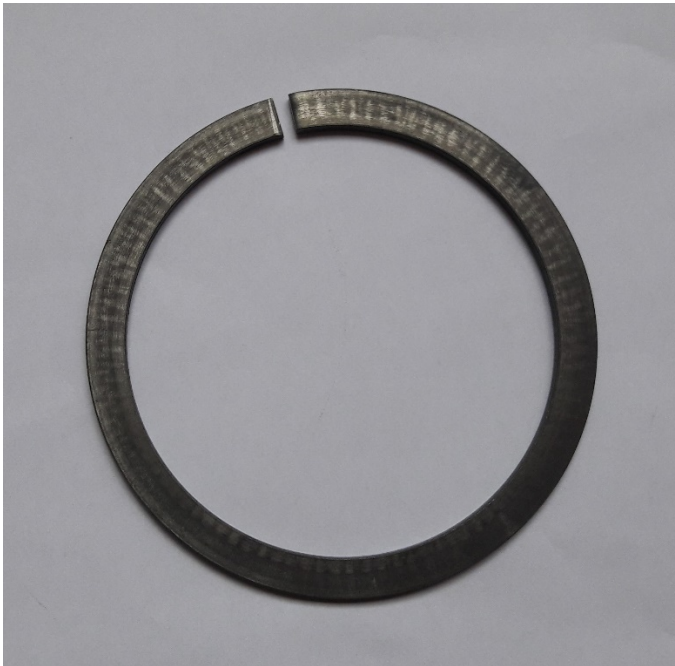
t – tloušťka materiálu [m].

Součinitel hloubky vtlačení se určuje podle tloušťky a vlastností materiálu pro normální střížnou vůli. Čím menší je střížná vůle, tím větší součinitel hloubky vtlačení je. V praxi se hodnota střížné práce uvažuje o 10-20 % větší, než je výpočet pro nominální hodnotu. [8]

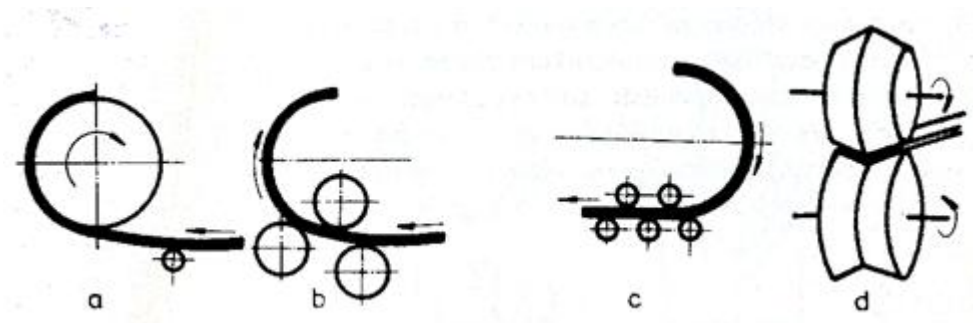
2.3 Technologie navíjení

Technologie navíjení se používá jako prvotní operace při výrobě středních a velkých pojistných kroužků. Jde o stočení (ohnutí) drátu do kruhového tvaru. Ohýbání je proces, při kterém dochází k trvalé deformaci do určitého úhlu s různým zaoblením hran.

[14]



Obr. [7] Drát navinutý do kruhového tvaru

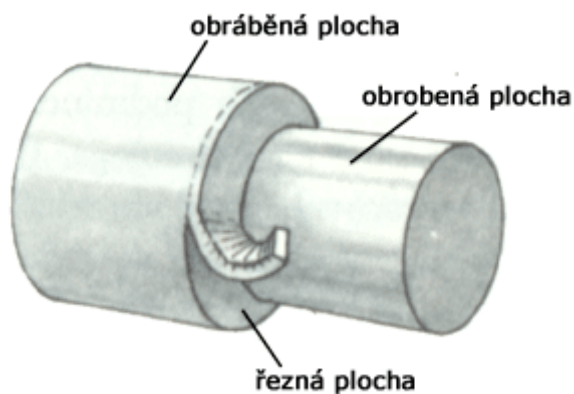


Obr. [8] Způsoby ohýbání válcováním, a – navíjení, b – zakružování, c – rovnání, d – podélné válcování profilů [14]

2.4 Technologie soustružení

Technologie soustružení se používá pro kroužky již od průměru 200 mm. Tato technologie se používá pro vytvoření excentrického tvaru, který je u pojistných kroužků žádoucí, ale kroužek je již tak velký, že toto nelze zajistit technologií stříhání. Dále se tato technologie používá z ekonomického hlediska. Velkých kroužků zákazníci neodebírají takové množství, proto se nevyplatí vyrábět lisovací nástroj.

Technologie soustružení (obrábění) představuje proces, při kterém dochází k úběru materiálu, abychom získali požadovaný tvar, rozměry a jakost obrobku. Materiál, který je obráběn, se nazývá obrobek. Obrobek se skládá ze 3 ploch – obráběná, obrobená a přechodová (dříve řezná). Obráběná plocha je taková část obrobku, která je odstraňovaná při obrábění. Obrobená plocha je výsledek po obrábění. Přechodová plocha je okamžitá, vzniká působením řezného nástroje na obrobek. [15]



Obr. [9] Charakteristické plochy na obrobku

2.3 Použité stroje

Při výrobě pojistných kroužků se používá několik výrobních technologií, od toho se odvíjí i použité tvářecí stroje.

Pro technologii navíjení se využívají stáčecí stroje. Tato operace se využívá pro pojistné kroužky od průměru 50 mm. Ve firmě se nacházejí stáčecí stroje buď od německé firmy Wafios nebo stroje vlastní výroby.



Obr. [10] Stáčecí stroj vlastní konstrukce a výroby

Pro operaci stříhání se používají lisovací stroje. Nejčastěji se využívají excentrické lisy. Využití jednotlivých lisů se liší podle použité technologie výroby. Pro lisování z drátu se využívají technologie operační lisování nebo karuselového lisování. Pro operační lisování používají lisy LEN 10, LEN 25, LEXN 100, PEE 160, LCE 250. Pro karuselové lisování používají lisy LUDR 315, LEXN 100 a PEE 160.



Obr. [11] Lisovací stroj typu LUDR 315

Pro technologii postupového lisování (stříhání) z ocelové pásky se používají lisy LEXN 100, PASSU 40 a PASSU 63. Tyto stroje se používají pro kroužky do průměru 48 mm.

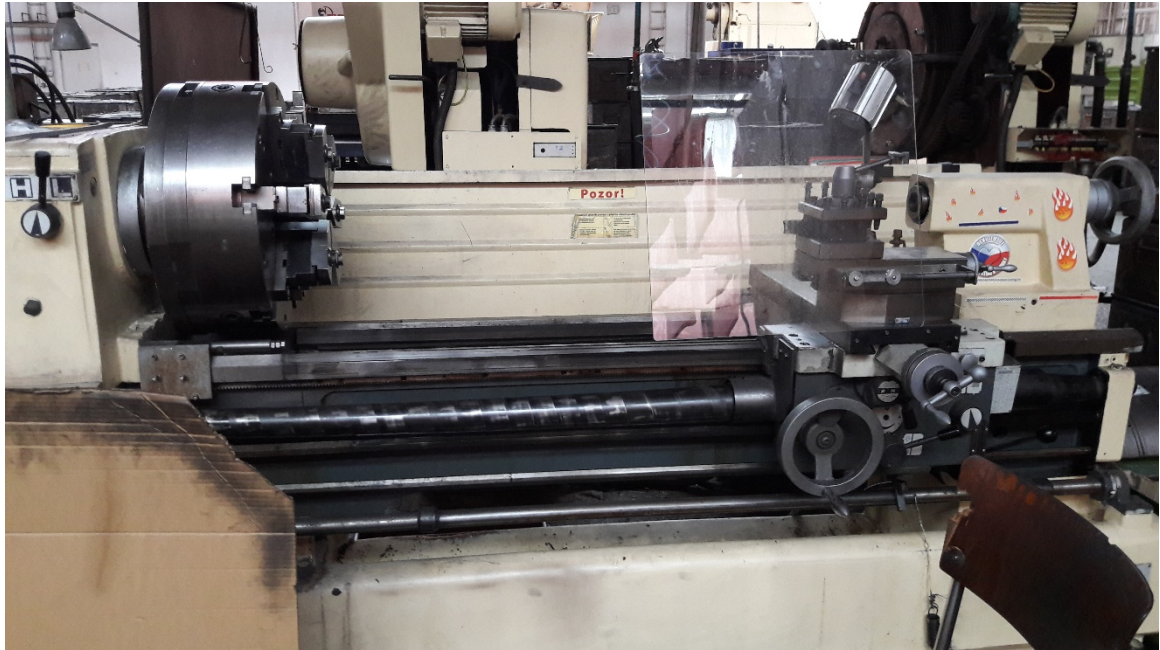


Obr. [12] Lisy typu PASSU pro postupové lisování



Obr. [13] Lisovací stroj typu LEXN 100

Pro operaci soustružení se využívají soustruhy. Tato operace je možná využít u kroužků od průměru 200 mm.



Obr. [14] Soustruh

2.4 Princip výroby

Výrobu pojistných kroužků ve firmě rozdělují na dva typy, výroba z lichoběžníkového drátu a výroba z ocelové pásky.

Výroba z lichoběžníkového drátu začíná na stáčecím stroji, kde se drát stočí do požadovaného kruhového tvaru. Při této operaci se lichoběžníkový průřez změní na obdélníkový. Dále se polotovar vloží do lisu, kde se vystřihne finální tvar. Tato operace probíhá buď na karuselových nebo operačních nástrojích. Karuselové nástroje se používají pouze pro vnitřní kroužky o průměrech od 50 do 122 mm. Operační nástroje se používají pro vnější a vnitřní kroužky o průměru od 50 do 320 mm. Kroužky od průměru 200 mm se vyrábějí také technologií soustružení, kterou je možno použít až do průměru 1000 mm.



Obr. [15] Porovnání velikostí pojistných kroužků, od největšího: pojistný kroužek pro díru o průměru 610 mm, pro hřídel o průměru 410, pro díru o průměru 122, pro hřídel o průměru 12 mm

Výroba kroužků z ocelové pásky se provádí pomocí postupových nástrojů, kde je tvar vystřižen postupně v několika krocích. Vše probíhá v rámci jednoho nástroje. Nejprve se vystříhnou díry pro vedení pásky v nástroji, které umožňují přesné vedení pásky. Dále se vystříhnou montážní otvory v kroužku a tvar vnitřního průměru. Poté se nastříhne tvar vnějšího průměru a následně dojde ke srovnání kroužku do roviny. Na závěr se kroužek vyrazí z vodící pásky. Takto vyrobený kroužek je připraven na další operace, jako kalení a finální povrchová úprava.



[Obr.16] Postupové lisování z pásky

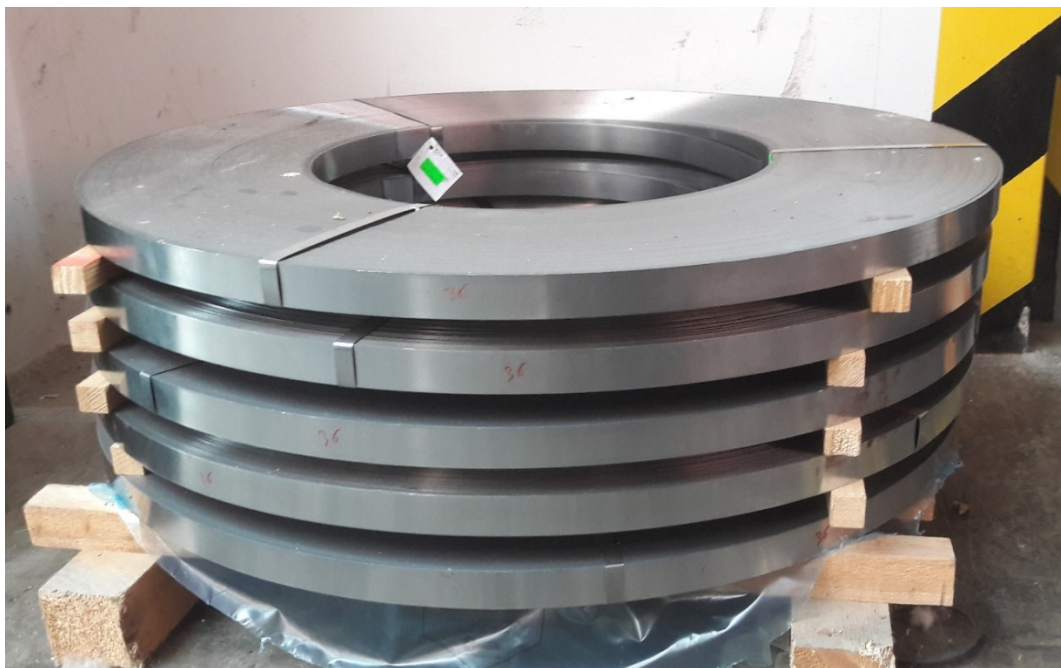
Všechny vyrobené pojistné kroužky musí splňovat určité normy podle typu kroužku, jedná se především o tyto normy: ČSN 02 2930 je norma pro pojistné kroužky pro hřídele, ČSN 02 2931 je norma pro pojistné kroužky pro díry, ČSN 02 2929 je norma pro třmenové pojistné kroužky. Dále musí být dodržena norma ČSN 02 2903, která určuje mechanické a povrchové vlastnosti kroužků a předepsané zkoušky.

3. Materiál pro výrobu pojistných kroužků

Pro výrobu pojistných kroužků se používá několik typů materiálu. Nejčastěji se používá pružinová uhlíková ocel, značená C75S dle normy ČSN EN 10132-4. Tento materiál je nejčastěji používán z důvodu nejlepšího poměru kvality, vlastností a ceny. Pružinová ocel se používá z toho důvodu, že pojistný kroužek je vlastně druh pružiny, který je nutno nejprve sevřít (rozevřít) z důvodu montáže. Poté se musí vrátit do svého původního stavu, aby dosedl funkčním průměrem pevně do drážky a nedošlo k jeho nežádoucí deformaci. Po usazení se kroužek v drážce nesmí volně otáčet, to by znamenalo že kroužek nebude plně funkční.

Dále se pojistné kroužky vyrábějí z nerezové oceli (druh 1.4122 - X39CrMo17-1), fosforového bronzu (CuSn8F70 - ČSN 42 3018.51) a berylové mědi. Tyto materiály musí mít podobné vlastnosti jako pružinová ocel - musí být zachována stejná funkčnost. Různé materiály se používají dle požadavků zákazníka, který výrobek montuje v různých (i agresivních) prostředích. Například fosforový bronz a nerezová ocel jsou vhodné do agresivního prostředí (vliv různých chemikálií, vliv počasí apod.). Nerezová ocel je také vhodná při použití součástek do potravinářských strojů.

Všechny typy materiálů se dodávají se svitcích.



[Obr.17] Ocelové pásy dodávané ve svitcích



[Obr.18] Ocelové lichoběžníkové dráty dodávané ve svitcích

4. Charakteristiky vad

Vady nejprve rozdělíme podle druhu lisování, tj. lisování postupové, lisování operační a lisování karuselové.

4.1 Postupové lisování

Tato výrobní technologie se vyznačuje 4 typy vad, mezi které patří – vznik otřepu, vznik otlaku na ploše pojistného kroužku, kónická deformace a nedostřižení tvaru. Dále se budu věnovat popisu vzniku jednotlivých vad.

4.1.1 Otřepy

Otřep je část materiálu, která vystupuje kolmo k ploše kroužku. Jedná se o velice ostrou část materiálu, která je nežádoucí, jelikož by při montáži mohla vést k poranění pracovníka provádějícího montáž, případně k poškození části, do které je kroužek montován. Toto je však ošetřeno normou pro pojistné kroužky, která uvádí, že kroužek musí být bez otřepu (ČSN 02 2903).

Za vznik otřepů může:

- tupý nástroj
- špatná střižná vůle
- vyštípnutí razníku nebo matrice

Pokud dojde k otupení nástroje, je potřeba ho naostřit. Když otřepy vznikají kvůli špatné střižné vůli, je zapotřebí oprava nástroje – výměna střižníku se správnou střižnou vůlí. Jak již bylo zmíněno, správná střižná vůle představuje minimální velikost střižné síly, ale také nejlepší kvalitu střižné plochy, delší živostnost nástroje z důsledku menšího opotřebení funkčních částí nástroje. Jestliže dojde k vyštípnutí části razníku nebo matrice, musí se daná část nástroje opravit. Pokud se nástroj musí opravit, je odebrán ze stroje. Je nahrazen jiným nástrojem pro jiný typ kroužku, aby nedocházelo k časovým ztrátám ve výrobě.



[Obr.19] Pojistný kroužek s otřepy

Prevence vzniku:

- dodržovat pravidelné ostření a preventivní kontroly nástroje, vždy přibližně po 50 000 zdvizích
- užívání materiálu stejné jakosti a pevnosti – materiál se používá stále stejný, není však v silách dodavatelů dodat materiál se vždy stejnými vlastnostmi, proto je povolený rozsah 100 N.mm^{-2} .

4.1.2 Otlaky

Otlaky jsou vtisky do plochy, či do hrany pojistných kroužků.

Důvodem vzniku otlaků jsou třísky nebo odpad v nástroji, tudíž je zapotřebí vyčištění nástroje, nebo je potřeba seřídít přimazávání nástroje. Nečistoty se do nástroje mohou dostat s podávaným materiálem, nebo například předčasným vypadnutím kroužku z pásu materiálu, tudíž se vypadnutý kroužek „otiskne“ na další, dokud není vynesena z nástroje pryč.



[Obr.20] Pojistný kroužek s otlaky

Prevence vzniku:

- Pravidelné čištění nástroje během výroby – čištění stlačeným vzduchem podle potřeby. U každého stroje má obsluha pistoli se stlačeným vzduchem.

4.1.3 Kónická deformace

Kónickou deformaci (křivost) vyvolává nesprávná tuhost nástroje (malá) a tupý nástroj. Projeví se zkřivením výrobku. Pro odstranění kónické deformace je potřeba vyměnit pružiny v nástroji (pružiny mohou být unavené či prasklé) a nástroj následně nabrousit. Abychom této vadě předcházeli, je důležité zkontrolovat tuhost pružin v nástroji, které zajišťují správnou sílu přidržení před samotným stříhem materiálu.

Prevence vzniku:

- pravidelná kontrola nástroje a pružin v něm – pružiny se kontrolují pravidelně po 100 000 zdvizích

4.1.4 Nedostřižení tvaru

Nedostřižení tvaru způsobuje destrukce části střižníku nebo střižnice na funkční ploše. Výlisek se ve většině případů neoddělí od pásu.

Prevence vzniku:

- Pravidelná kontrola nástroje před usazením do stroje

Střižný díl s ulomenou částí se musí vyměnit, nástroj se tedy musí opravit. Nástroj se vymění za jiný, pro jiný typ kroužku, aby nedocházelo k časovým ztrátám při výrobě. Této vadě se špatně předchází, protože vzniká převážně z důvodu únavy materiálu, ze kterého je nástroj vyroben. Proto je lepší střižné části nástroje vyrobit z kvalitního materiálu.

4.2 Operační lisování

Při operačním lisování se objevuje celkem 5 typů vad, které jsou - vznik otřepu, vznik otlaku na ploše pojistného kroužku, kónická deformace, přestřižení zámku a nevystřižení montážních otvorů. Dále se budu věnovat popisu vzniku jednotlivých vad

4.2.1 Otřepy

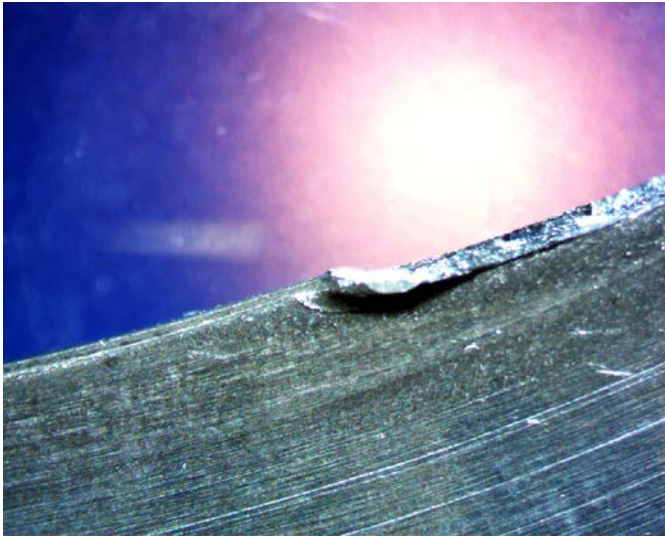
Otřep, jak již bylo zmíněno, je část materiálu, která vystupuje kolmo k ploše kroužku. Jedná se o velice ostrou část materiálu, která je nežádoucí, protože by při montáži mohla vést k poranění pracovníka provádějícího montáž, případně k poškození části, do které je kroužek montován. To, že kroužek bude bez otřepů určuje norma pro pojistné kroužky, která uvádí, že kroužek musí být bez otřepu (ČSN 02 2903).

Za vznik otřepů může:

- tupý nástroj
- špatná střižná vůle
- vyštípnutí razníku nebo matrice

Pokud dojde k otupení nástroje je zapotřebí jej naostrit. Při špatné střižné vůli se musí nástroj opravit. Když dojde k vyštípnutí části razníku nebo matrice je potřeba jej

opravit. Nejprve se posoudí hloubka vyštípnutí a pokud to lze, poškozená část se ubrousí. Pokud toto možné není, vyrobí se nový díl.



[Obr.21] Část PK s viditelným otřepem

Prevence vzniku:

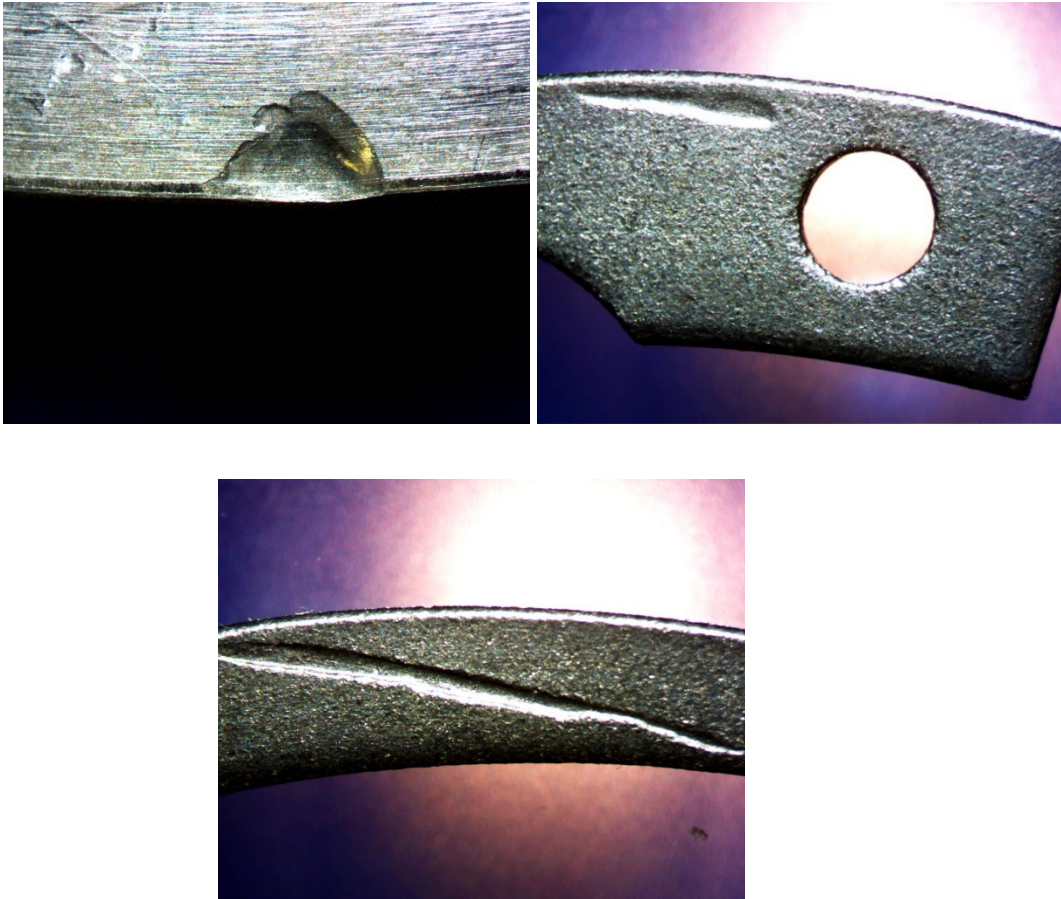
- pravidelná kontrola stavu nástroje – vždy před usazením do lisovacího stroje, ostření nástroje vždy po 10 000 kusech (zdvizích)

4.2.2 Otlaky

Otlaky jsou vtisky do plochy, či do hrany pojistných kroužků. Jak již bylo zmíněno, důvodem vzniku otlaků jsou třísky nebo odpad v nástroji, tudíž je zapotřebí vyčištění nástroje. Nečistoty se do nástroje dostanou nejčastěji jako třísky po předchozím kuse, nebo s vkládaným polotovarem (navinutý kroužek).

Prevence vzniku:

- Pravidelné čištění nástroje během výroby – čištění stlačeným vzduchem podle potřeby. U každého stroje je pistole se stlačeným vzduchem.



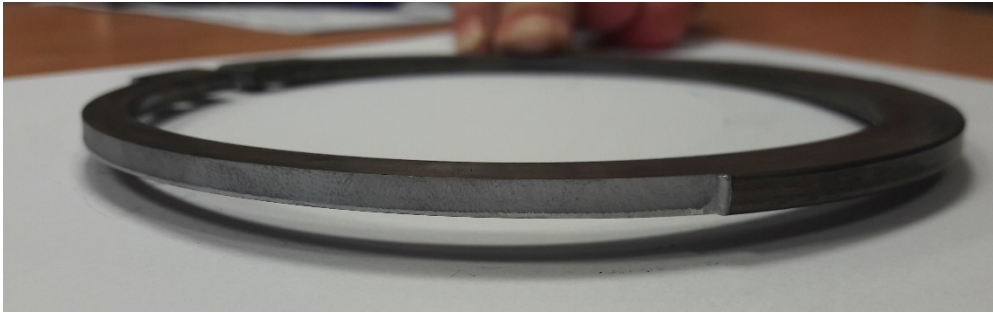
Obr. [22,23,24] Otlaky způsobené nečistotou v nástroji

4.2.3 Kónická deformace

Pokud dochází ke kónické deformaci, je zapotřebí zkontrolovat pružiny v nástroji. Pro odstranění vady se buď vymění pružiny, nebo se zesílí přitlačné síly. Pro zvětšení síly se buď aplikují silnější pružiny nebo se použije jiná konstrukce nástroje.

Prevence vzniku:

- Pravidelná kontrola pružin v nástroji
- Správné určení střižné síly



Obr. [25] Viditelná kónická deformace

4.2.4 Přestřižení zámků

K přestřižení zámků dochází při špatném založení polotovaru. Za tento druh vady je odpovědná obsluha stroje. Této vadě se dá přecházet pouze tím, že je obsluha stroje pravidelně školená.

Prevence vzniku:

- Pravidelné odborné školení obsluhy lisovacího stroje – školení se provádí každý rok a pro nové zaměstnance vždy při nástupu, polotovary se zakládají ručně pomocí pinzety

4.2.5 Nevystřižené montážní otvory

Tato vada vzniká při ulomení děrovačů, tudíž je zapotřebí je vyměnit. Celý nástroj je ze stroje odebrán a je nahrazen jiným nástrojem pro jiné kroužky, aby mohla pokračovat výroba. Aby vada byla co nejvíce eliminována, je třeba pečlivého výběru materiálu děrovačů. Průměr děrovačů by také neměl být menší, než je tloušťka stříhaného materiálu.

Prevence vzniku:

- kontrola děrovačů při usazení nástroje – zkontrolovat stav děrovačů (ostrost, celistvost)



Obr. [26] Nevystřižené montážní otvory z důvodu ulomení děrovače

4.3 Karuselové lisování

Při karuselovém lisování se setkáváme s 5 typy vad, jimiž jsou -otřepy, otlaky, kónická deformace a nevystřižené montážní otvory a přestřižení zámků.

4.3.1 Otřepy

Otřep je část materiálu, která je kolmá k povrchu a velice ostrá. Je nežádoucí z důvodu možného poranění pracovníka při montáži kroužku. Kroužek musí být bez otřepů, to určuje norma ČSN 02 2903.

Za vznik otřepů může:

- tupý nástroj
- špatná střižná vůle
- vyštípnutí razníku nebo matrice

Pokud dojde k otupení nástroje je zapotřebí jej naostrit. Při špatné střižné vůli se musí nástroj opravit. Když dojde k vyštípnutí části razníku nebo matrice je potřeba jej opravit. Nejprve se posoudí hloubka vyštípnutí a pokud to lze, poškozená část se ubrousí. Pokud toto možné není, vyrobí se nový díl. Pokaždé, když je zapotřebí nástroj vyjmout

z lisovacího stroje, je nahrazen jiným nástrojem, aby nedocházelo k časovým ztrátám ve výrobě.

4.3.2 Otlaky

Otlaky jsou vtisky do plochy, možno i do hrany pojistných kroužků. Tato vada je nežádoucí z důvodu, že zasahuje do tloušťky kroužku, nebo může deformovat funkční průměr.

Důvodem vzniku otlaků jsou třísky nebo odpad v nástroji, tudíž je zapotřebí vyčištění nástroje. Nečistoty se do nástroje dostanou nejčastěji jako třísky po předchozím kuse, nebo s vkládaným polotovarem (navinutý kroužek).



Obr. [27] Část pojistného kroužku s viditelným otlakem

Prevence vzniku:

- Pravidelné čištění nástroje během výroby – čištění stlačeným vzduchem podle potřeby. U každého stroje má obsluha pistoli se stlačeným vzduchem.

4.3.3 Kónická deformace

Kónická deformace je zkřivení (prohnutí) kroužky do „talířovitého“ tvaru. Jakmile začne docházet ke kónické deformaci, je zapotřebí zkontrolovat pružiny v nástroji. Pro odstranění vady se buď vymění pružiny, nebo se zesílí přítláčné síly. Pro zvětšení síly se aplikují silnější pružiny nebo se použije jiná konstrukce nástroje.

Prevence vzniku:

- Pravidelná kontrola pružin v nástroji – vždy před usazením nástroje do stroje
- Správné určení střížné síly – ta se určuje již při konstrukci nástroje

4.3.4 Nevystřižené montážní otvory

Tato vada vzniká, když dojde k ulomení děrovačů, tudíž je zapotřebí je vyměnit. Celý nástroj je ze stroje odebrán a poslán na opravu, je nahrazen jiným nástrojem pro jiné kroužky, aby mohla pokračovat výroba. Aby vada byla co nejvíce eliminována, je třeba pečlivého výběru materiálu děrovačů. Průměr děrovačů by také neměl být menší, než je tloušťka stříhaného materiálu.

Prevence vzniku:

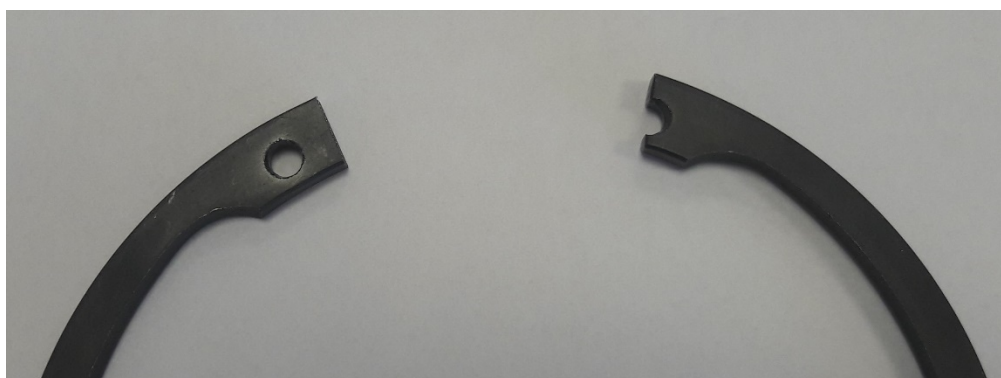
- kontrola děrovačů při usazení nástroje – zkontrolovat stav děrovačů (ostrost, celistvost)

4.3.5 Přestřižení zámku

K přestřižení zámků dochází kvůli špatnému založení do unášecího karuselu. Pro odstranění vzniku této vady je zapotřebí stroj pečlivě seřídit.

Prevence vzniku:

- Pravidelné školení obsluhy stroje, především seřizovačů
- Pravidelné ostření nástroje – vždy po 10 000 kusech



Obr. [28] Pojistný kroužek s jedním přestřiženým zámkem

Možné následné operace jsou odjehlení nebo rovnání. Odjehlení slouží k odstranění otřepů. Rovnání probíhá pomocí rovných nebo kuželových rovnacích ploch. Slouží k odstranění kónické deformace a částečně k odstranění otřepů (otřep se odlomí).

5. Závěr

Cílem mé práce bylo popsat, jaké vady se vyskytují během operace stříhání při výrobě pojistných kroužků. Práce je rozdělena na dvě části, část teoretickou a praktickou.

V teoretické části je seznámení s problematikou výroby výlisku se zaměřením především na technologie stříhání. Je popsán technologický postup výroby pojistných kroužků, s ním také potřebné strojní vybavení. Dále jsem popsala jakosti materiálů, které se pro výrobu pojistných kroužků běžně používají.

V praktické části jsem pro jednotlivé výrobní technologie používané pro výrobu pojistných kroužků ve firmě Rotor Clip s.r.o. popsala vady, které se na pojistných kroužcích mohou vyskytovat.

Zaměřila jsem se na vady, které jsou okem viditelné, to znamená, že jsem se nezabývala skrytými vadami ve vstupním materiálu pro výrobu pojistných kroužků. Pro každou vadu je popsána příčina jejího vzniku, navrhla jsem opatření, která mají vznik příslušné vady eliminovat.

Během sbírání materiálů jsem zjistila, že jedna z nejčastějších vad jsou otřepy u operačního lisování. Důvodem vzniku může být otupený či vylomený nástroj nebo tzv. „unavené“ pružiny v nástroji. Tato vada vzniká nejčastěji z důvodu dlouhodobého používání nástroje a jeho následného opotřebení (otupení). Z toho vyplývá také nejjednodušší opatření k zamezení tohoto jevu, a to je pravidelná preventivní kontrola nástroje a jeho pravidelné broušení. Z pohledu výroby je prevence ekonomicky výhodnější, než oprava velmi poškozeného nástroje, ze kterého navíc získáváme nekvalitní výrobky (výrobky s vadami, které následně nelze prodat).

Druhá nejvyskytovanější vada je otlak při operačním lisování. Příčinou této vady je nedostatečné čištění odpadu v nástroji. Naopak nejméně vyskytovanou vadou je přestřížení zámků. To je dáno odborným proškolením obsluhy strojů, a pracovníci tak ví, jak správně vkládat polotovary do nástroje.

Nejméně vad se vyskytuje u postupového lisování. Je to dáno tím, že materiál je přesně veden v nástroji. Vada vzniká pouze v případě poškození nástroje, například vyštípnutím, nebo vylomením jeho části. Tento způsob výroby je však vhodný pro díly s malým průměrem, z důvodu velkého technologického odpadu při výrobě.

Nejlepší prevencí k předcházení vad je pravidelná kontrola nástroje a odborné školení pracovníků. To je optimální způsob předcházení/prevenci vzniku vad.

6. Použitá literatura:

- [1] Exvalos.cz. *SEGEROVÉ POJISTNÉ KROUŽKY na hřídel* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.exvalos.cz/pojistne-krouzky---segerovky/segerove-pojistne-krouzky-na-hridel/>
- [2] Rotorclip.com. *COVER PLATE AND SCREWS* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <https://www.rotorclip.com/appring.php>
- [3] Rotorclip.com. *RETAINING RING APPLICATIONS* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <https://www.rotorclip.com/appring.php>
- [4] Rotorclip.com. *Retaining Ring Styles* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <https://www.rotorclip.com/rings.php>
- [5] NĚMEC, Milan, Jan SUCHÁNEK a Jan ŠANOVEC. *Základy strojírenské technologie I*. 3. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-06056-8.
- [6] BŘEZINA, Richard. *Technologie I*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 1999. ISBN 80-7078-439-3.
- [7] ZEMAN, Karel. *Základy technologie I*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02325-7.
- [8] Akademie tváření: Stříhání. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2010, **2010**(6) [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>
- [9] Technologie plošného tváření - stříhání. *Http://www.ksp.tul.cz* [online]. [cit. 2017-07-29]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm#062
- [10] Tváření kovů. *Https://coptkm.cz* [online]. [cit. 2017-08-05]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=20459&instance=2>

- [11] Technologie plošného tváření - stříhání. *Http://www.ksp.tul.cz* [online]. [cit. 2017-08-05]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06-strihani/05-trech%20fazich.JPG
- [12] ČSN 22 6001 (226001) *A Názvosloví technologie tváření kovů*. 1. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1968.
- [13] ČSN 22 6015 (226015) *A Lisovací stroje. Stříhadla a střížné vřle. Směrnice pro výpočet a konstrukci*. 1. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1977.
- [14] Technologie plošného tváření – ohýbání. *Http://www.ksp.tul.cz* [online]. [cit. 2017-08-05]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm
- [15] TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. část. *Http://ust.fme.vutbr.cz* [online]. [cit. 2017-08-06]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- [16] Soustružení. In: *Http://www.osu.cz* [online]. [cit. 2017-08-06]. Dostupné z: <http://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/soustruzeni/lekce3.htm>
- [17] ČSN 02 2930 (022930) *A Pojistné kroužky pro hřídele*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [18] ČSN 02 2931 (022931) *A Pojistné kroužky pro díry*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [19] ČSN 02 2903 (022903) *A Pojistné kroužky pro hřídele a díry. Technické předpisy*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1984.