

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2341R001 Zabezpečování jakosti

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Studie způsobilosti ve výrobě ve společnosti Pöttinger s.r.o.

Autor: **Michal Koutský**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. František Zvoneček, Ph.D.**

Akademický rok 2011/2012

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce, Doc. Ing. Františku Zvonečkovi, Ph.D., za jeho připomínky, cenné rady a především odborné vedení. Dále bych chtěl poděkovat panu Martinu Hesovi a celému oddělení kvality za vedení a pomoc týkající se praktické části této práce ve výrobním podniku společnosti Pöttinger s.r.o. ve Vodňanech. V neposlední řadě bych velice rád poděkoval mé rodině a přátelům za podporu při studiu.

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Koutský	Jméno Michal		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	„Zabezpečování jakosti“			
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Zvoneček, Ph.D.	Jméno František		
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KTO			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>		Nehodící se škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Studie způsobilosti ve výrobě ve společnosti Pöttinger s.r.o.			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	113	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	42	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	71
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	<p>Bakalářská práce obsahuje kontrolu způsobilosti výrobního procesu součásti Mählscheibe ve společnosti Pöttinger s.r.o. ve Vodňanech. Popisuje výrobní postup, kontrolní zkoušky, výkresovou dokumentaci, regulační diagramy a vyhodnocení způsobilosti.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	<p>regulační diagramy, index způsobilosti, zkouška tvrdosti HRC, Pöttinger s.r.o., kalení, popouštění, normalizační žíhání, tváření, Mählscheibe</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Koutský	Name Michal	
<b>FIELD OF STUDY</b>	“Quality control“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Zvoneček, Ph.D.	Name František	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST – KTO		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLÓMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Study of capability in production for the company Pöttinger Inc.		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machining Technology	<b>SUBMITTED IN</b>	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	113	<b>TEXT PART</b>	42	<b>GRAPHICAL PART</b>	71
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The thesis includes a control of capability of production process of a part Mähscheibe for the company Pöttinger Inc. in Vodňany. It describes the production process, control tests, drawings, control charts and capability indexes.
<b>KEY WORDS</b>	control charts, capability index, hardness test HRC, Pöttinger Inc., hardening, tempering, normalization annealing, metal forming, Mähscheibe

## OBSAH

<b>ZKRATKY A SYMBOLY .....</b>	<b>1</b>
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>3</b>
<b>2 SPOLEČNOST PÖTTINGER S.R.O.....</b>	<b>4</b>
2.1 HISTORIE PODNIKU .....	4
2.2 ZÁKLADNÍ INFORMACE .....	5
2.3 VÝROBNÍ PODNIK VODŇANY .....	6
<b>3 SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY .....</b>	<b>7</b>
3.1 CHARAKTERISTIKA.....	7
3.2 REGULAČNÍ DIAGRAMY MĚŘENÍM .....	7
3.3 REGULAČNÍ DIAGRAMY SROVNÁVÁNÍM .....	8
3.4 INDEXY ZPŮSOBILOSTI.....	8
<b>4 TVÁŘENÍ KOVŮ.....</b>	<b>10</b>
4.1 CHARAKTERISTIKA.....	10
4.2 TVÁŘENÍ ZA TEPLA.....	11
4.3 TVÁŘENÍ ZA STUDENA.....	12
<b>5 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ KOVŮ .....</b>	<b>13</b>
5.1 CHARAKTERISTIKA.....	13
5.2 NORMALIZAČNÍ ŽÍHÁNÍ.....	14
5.3 KALENÍ .....	14
5.4 POPOUŠTĚNÍ.....	15
<b>6 ZKOUŠKY TVRDOSTI.....</b>	<b>16</b>
6.1 CHARAKTERISTIKA.....	16
6.2 VNIKACÍ ZKOUŠKY .....	16
6.2.1 Zkouška HRC .....	16
<b>7 SOUČÁST MÁHSCHIEBE .....</b>	<b>18</b>
7.1 POPIS SOUČÁSTI.....	18
7.2 VÝROBNÍ POSTUP, KONTROLA – VODŇANY .....	18
7.3 VÝROBNÍ POSTUP, KONTROLA A MONTÁŽ – GRIESKIRCHEN .....	20
<b>8 KONTROLA ZPŮSOBILOSTI VÝROBNÍHO PROCESU .....</b>	<b>21</b>
8.1 DŮVOD KONTROLY .....	21
8.2 POMŮCKY A VZORKY KE KONTROLE.....	21
8.3 VÝROBNÍ POSTUP – PRVNÍ OPERACE .....	22
8.3.1 Podmínky v průběhu operace.....	22
8.3.2 Postup měření.....	22
8.3.3 Závěr .....	23
8.4 VÝROBNÍ POSTUP – DRUHÁ OPERACE.....	24

8.4.1	Podmínky v průběhu operace.....	24
8.4.2	Postup měření.....	24
8.4.3	Závěr .....	25
8.5	VÝROBNÍ POSTUP – TŘETÍ OPERACE.....	26
8.5.1	Podmínky v průběhu operace.....	26
8.5.2	Postup měření.....	26
8.5.3	Závěr .....	27
8.6	VÝROBNÍ POSTUP – ČTVRTÁ OPERACE .....	28
8.6.1	Podmínky v průběhu operace.....	28
8.6.2	Postup měření.....	28
8.6.3	Závěr .....	29
8.7	ZKOUŠKA TVRDOSTI HRC .....	30
8.7.1	Podmínky v průběhu měření.....	30
8.7.2	Postup měření a vyhodnocení.....	30
8.7.3	Závěr .....	30
8.8	CELKOVÝ ZÁVĚR.....	31
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>32</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>33</b>
	<b>INTERNETOVÉ ZDROJE .....</b>	<b>33</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>34</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>34</b>
	<b>SEZNAM VÝKRESŮ.....</b>	<b>34</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>35</b>

## ZKRATKY A SYMBOLY

Apod.	a podobně
Tzv.	takzvaný
Např.	například
Ks	kus
Min.	minimálně
S.r.o.	společnost s ručením omezeným
CNC	computer numeric control; číslicové řízení počítačem
KTL	kataforézní lakování
IRA	izotermický rozpad austenitu
ARA	anizotropický rozpad austenitu
$\sigma$	výběrová směrodatná odchylka
$X$	výběrový průměr
$C_p, C_{pk}$	index způsobilosti procesu (produktu)
$C_m, C_{mk}$	index způsobilosti stroje
$C_g, C_{gk}$	index způsobilosti měřidla
CL	central line; centrální přímka
UCL	upper central limit; horní regulační mez
LCL	lower central limit; dolní regulační mez
USL (OGW)	upper specification limit; horní specifická mez
LSL (UGW)	lower specification limit; dolní specifická mez
$^\circ$	jednotka úhlu
mm	jednotka délky
$m^2$	jednotka plochy
s	jednotka času
g	jednotka hmotnosti
N	jednotka síly
$^\circ\text{C}$	jednotka teploty
dB	jednotka hluku



HB	jednotka tvrdosti dle Brinnela
HRA (B, C)	jednotka tvrdosti dle Rockwella
HV	jednotka tvrdosti dle Vickerse
ot/min	otáčky za minutu
X, Y, Z	kartézské souřadnice
KTO	Katedra technologie obrábění
FST	Fakulta strojní
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni

# 1 ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá kontrolou způsobilosti výrobního procesu ve společnosti Pöttinger s.r.o. V první části této práce se zaměřím na přiblížení společnosti Pöttinger s.r.o., převážně oblast působení na trhu a výrobního portfolia. Dále uvedu informace týkající se výrobního podniku této společnosti ve městě Vodňany, kde probíhala kontrola způsobilosti.

V další části popíši, co je kontrola způsobilosti. Popíši, co jsou to Shewhartovy regulační diagramy a jejich praktické využití. Dále popíši, co jsou to indexy způsobilosti a některé způsoby, které se používají k jejich vyhodnocení.

Ve třetí části se budu zabývat tvářecími a tepelnými procesy, které spadají do výrobního postupu kontrolované součásti. V této práci se budu věnovat základním principům tváření, které se týkají kontrolované součásti. Popíši tváření za tepla i za studena. Dále se budu věnovat tepelným procesům, konkrétně kalení, popouštění a normalizačnímu žhání. Také se budu věnovat zkoušce tvrdosti (konkrétně HRC), která probíhá na této součásti jako jedna z hlavních kontrol po zakalení a popouštění ve Vodňanech.

V poslední části detailně popíši kontrolovanou součást Mähscheibe a její výrobní postup. Hlavním cílem této práce je získat statistické údaje kontrolováním této součásti v průběhu výrobního procesu. V mé práci detailně popíši jednotlivé postupy měření po každé části výrobního procesu. Dále uvedu vyhodnocení, závěry z jednotlivých měření a kontroly tvrdosti a nakonec celkový závěr této kontroly.

## 2 SPOLEČNOST PÖTTINGER S.R.O.

### 2.1 Historie podniku

Společnost Pöttinger s.r.o. byla založena v roce 1871 (loni společnost oslavila již 140 let svého působení na trhu) panem Franzem Pöttingerem. Jako první stroj, který tento podnik nabízel, byl stroj na řezání píce. V průběhu let se portfolio výrobků začalo rozšiřovat o další stroje nezbytné pro zemědělství. Od 60. let minulého století se hlavním dodávaným zbožím až do současnosti stávají sběrací vozy. V 80. letech minulého století začala společnost rozšiřovat svojí výrobu do dalších států. Rozšířila svojí výrobu do německého Landsbergu, kde byla zřízena továrna na výrobu pluhů. Na přelomu století převzal podnik společnost RABE Sätechnik a díky tomu rozšířil svoje výrobky o další sortiment (jednalo se o mulčovací secí stroje, mechanické a pneumatické secí stroje).

Jedná se o rodinnou společnost. V roce 1991 předal při 120. výročí založení podniku pan komerční rada Heinz Pöttinger (3. generace) již 4. generaci, Mag. Heinzovi Pöttingerovi a Dipl.-Ing. Klausu Pöttingerovi, kteří spravují podnik dodnes.



Obrázek 1 Klaus a Heinz Pöttingerovi<sup>Zdroj[8]</sup>

## 2.2 Základní informace



Obrázek 2 Logo společnosti Pöttinger s.r.o.<sup>Zdroj[8]</sup>

Společnost Pöttinger s.r.o. se zabývá výrobou zemědělské techniky, kterou vyváží do celého světa. Portfolio výrobků této společnosti lze rozdělit do dvou kategorií:

- Sklizeň píce – diskové žací stroje, bubnové žací stroje, lisy a ovíječky, senážní vozy, samosběrací vozy
- Zpracování půdy a setí – secí stroje, pluh, rotační brány, diskové promítače, radličkové kypřiče



Obrázek 3 Samosběrací vůz EUROBOSS<sup>Zdroj[8]</sup>

## 2.3 Výrobní podnik Vodňany

Výrobní podnik funguje ve Vodňanech již od roku 1995. Teprve od roku 2007 funguje v nově vybudovaných výrobních halách postavených na kraji města. Do roku 2011 byly na kraji města postaveny 4 výrobní haly na celkové rozloze 36 000 m<sup>2</sup>. Mezi hlavní výrobní program patří zpracování plechu, mechanické zpracování, CNC zpracování, svařování, KTL-lakování, kalení a montáž.



Obrázek 4 Výrobní podnik ve Vodňanech<sup>Zdroj[8]</sup>

## 3 SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY

### 3.1 Charakteristika

Shewhartovy regulační diagramy byly poprvé aplikovány v roce 1924 Dr. Walterem Shewhartem. Jejich podstata spočívá v grafickém zaznamenání dat v daném časovém sledu a dále ke znázornění některých ukazatelů, podle kterých lze daný výrobní proces regulovat. Použitím této statistické metody a její zpětné vazby vede k regulaci daného výrobního procesu. Základem je ustálit a udržet výrobní proces na přípustné mezi, která vyhovuje specifikaci zákazníka.

Použití regulačních diagramů:

- Určení, zda kontrolovaný proces je stabilní
- Diagram znázorní, zda je kontrolovaný proces potřeba vylepšit nebo ponechat ve stávajícím stavu
- Diagram ukáže případné zlepšení daného výrobního procesu

Regulační diagram je graf hodnot pro konkrétní měřenou veličinu. Osa X znázorňuje pořadí kontrolované podskupiny, osa Y znázorňuje příslušné výběrové statistické veličiny (průměr, rozpětí, medián). Dále se v grafu vyskytuje centrální příčka CL (central line), která reprezentuje referenční hodnotu (např. průměrná hodnota kontrolovaného rozměru). Dále jsou pro diagram vypočítány dvě statistické meze. Horní regulační mez UCL (upper control limit) a dolní regulační mez LCL (lower control limit).

Regulační diagramy jsou rozděleny na dva druhy:

- Regulační diagram měřením
- Regulační diagram srovnáním

Každý z nich je dále rozdělen podle základních hodnot:

- Základní hodnoty jsou stanoveny
- Základní hodnoty nejsou stanoveny

### 3.2 Regulační diagramy měřením

Nejpoužívanějšími regulačními diagramy jsou diagramy pro průměr a pro rozpětí. Pro tyto diagramy je nejjednodušší stanovit konkrétní měřenou číselnou veličinu, která poskytuje další možnosti regulace a analýzy. Tyto diagramy popisují vztah mezi jednotlivými měřeními kusy (rozdílnost mezi sebou) nebo vzhledem k jejich poloze od průměrné hodnoty. Většinou se tyto diagramy tvoří ve dvojicích a to právě pro polohu a rozdílnost. Dvojice většinou tvoří průměr – rozpětí nebo průměr – směrodatná odchylka.

Dalším typem je regulační diagram pro mediány. Jejich výhoda spočívá v jednodušších výpočtech. Tento diagram ukazuje rozmezí výrobního procesu na výstupu. Dále ukazuje kolísání v celé délce procesu. Regulační meze tohoto diagramu se vypočítají pomocí průměru mediánů v podskupinách a průměrného rozpětí.

### 3.3 Regulační diagramy srovnáváním

Data pro tyto diagramy jsou většinou získávány pomocí odpovědí ano – ne, teda zda se daný kontrolovaný znak vyskytuje nebo nevyskytuje. Tyto data jsou většinou získávány velmi rychle a levně. Existují čtyři typy těchto regulačních diagramů:

- *Regulační diagram pro p* (pro podíl neshodných jednotek v podskupině). U tohoto diagramu nemáme konstantní rozsah podskupiny a do diagramu jsou zaznamenávány podíly neshodných dat v podskupinách.
- *Regulační diagram np* (pro počet nestejných dat stejného rozsahu). U tohoto diagramu máme konstantní rozsah podskupiny a do diagramu se vynášší počet neshodných jednotek dané podskupiny.
- *Regulační diagram c* (pro počet neshod v podskupině). Do diagramů se vynášší počet neshod v podskupinách stejného rozsahu.
- *Regulační diagram u* (pro počet neshod na jednotku v podskupině. Pro podskupiny nestejného rozsahu. Do diagramu se vynášší počet neshod v těchto podskupinách.

### 3.4 Indexy způsobilosti

Indexy způsobilosti procesu se vyhodnocují v případě, že kontrolovaný výrobní proces je statisticky zvládnutý. Hodnota těchto indexů porovnává přípustný rozdíl hodnot mezi mezními hodnotami se skutečně dosahovaným rozdílem konkrétní měřené veličiny. Existují dva typy indexů způsobilosti:

- Index způsobilosti  $C_p$  (proces),  $C_m$  (stroj) a  $C_g$  (měřidlo)
- Index způsobilosti  $C_{pk}$ ,  $C_{mk}$ ,  $C_{gk}$

V prvním případě indexy způsobilosti reprezentují hodnotu (pro danou měřenou veličinu), kterou lze v daném procesu dosáhnout. V druhém případě reprezentují hodnotu, kterou lze v daném procesu skutečně dosáhnout vzhledem k příslušné mezní hodnotě (k dolní mezní hodnotě –  $C_{pkl}$ , k horní mezní hodnotě -  $C_{pku}$ ). Výsledný index způsobilosti reprezentuje minimální hodnota z těchto tří indexů.

Výrobní proces je považován za způsobilý, jestliže výsledný index způsobilosti vyjde 1,33 a vyšší.

Pro výpočet indexu  $C_p$  se využívá výběrových statistických hodnot (výběrová směrodatná odchylka) a počítá se podle následujícího vzorce:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

kde  $\sigma$  značí výběrovou směrodatnou odchylku.



Pro výpočet indexů  $C_{pkl}$  a  $C_{pku}$  se využívá výběrových statistických hodnot (výběrová směrodatná odchylka, průměr) a hodnot LSL, USL (jejich hodnota se odvíjí od dalších informací a dalších tabulkových hodnot) a počítají se podle následujících vzorců:

$$C_{pkl} = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma}$$

$$C_{pku} = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}$$

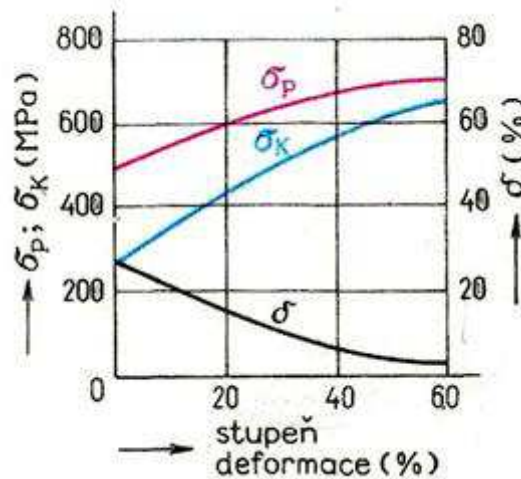
kde  $\bar{x}$  značí průměr dané veličiny a  $\sigma$  značí výběrovou směrodatnou odchylku.



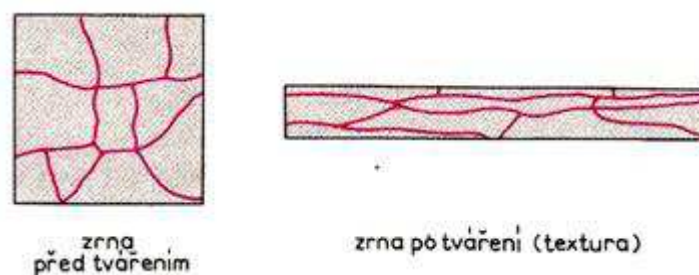
## 4 TVÁŘENÍ KOVŮ

### 4.1 Charakteristika

Jedná se o technologický proces, při kterém dochází působením vnějších sil k cílené deformaci tvaru polotovaru. Cílem tváření je zatěžováním dosažení meze kluzu daného materiálu a k vytvoření plastických deformací materiálu. Tento proces je spojen s fyzikálními změnami materiálu, které vedou ke změně jeho mechanických vlastností. Tento výrobní proces má velkou výhodu z důvodu vysoké produktivity práce, velmi velkou přesností výroby a využití materiálu. Bohužel velkou nevýhodou je velmi vysoká cena strojů a nástrojů a někdy omezené rozměry konečného výrobku. Mezi tvářecí procesy se řadí tváření, kování, lisování, protlačování, stříhání apod.



Obrázek 5 Závislost změny mechanických vlastností na stupni deformace



Obrázek 6 Změna tvaru zrn při tvářecím procesu

Tyto tvářecí procesy lze dále dělit podle:

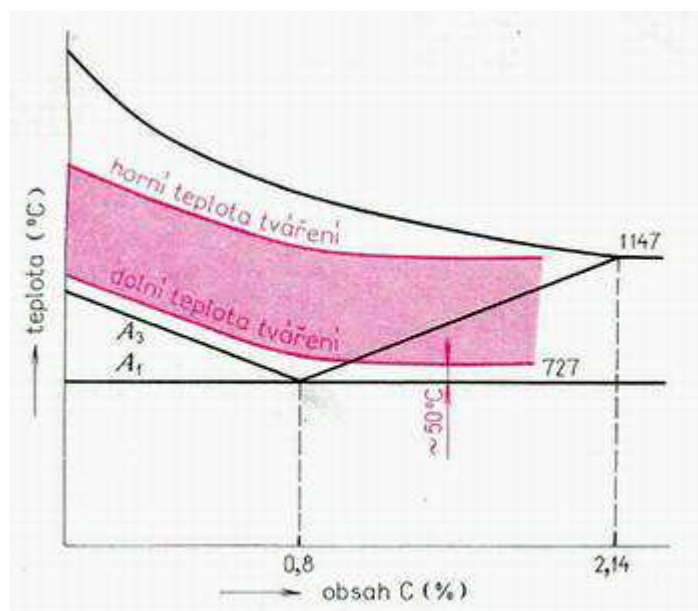
- Působení vnějších sil – objemové (deformace probíhá ve směru všech tří os) a plošné (deformace probíhá ve směru dvou os)
- Stupně deformace – dáno při určité rychlosti a teplotě bez vzniku trhlin
- Tepelného efektu – část vynaložené energie se mění na teplo (množství závisí na rychlosti deformace a odporu materiálu proti tváření). Při malé

deformaci je teplo odvedeno do okolí a teplota materiálu se nemění (izotermické tváření). Při velké deformaci zůstává teplo v materiálu a změní tak jeho teplotu (adiabatické tváření). Nejčastěji dochází k případu, kdy část tepla zůstane v materiálu a část tepla je odvedeno do okolí (polytropické tváření)

- Teploty tváření – při vyšších teplotách se mění plastické vlastnosti materiálu a snižuje se jeho odpor proti tváření. Přechodnou teplotou mezi tvářením za tepla a tvářením za studena je tzv. Rekrystalizační teplota (cca 70 % teploty tání materiálu)

## 4.2 Tváření za tepla

Tváření za tepla probíhá nad rekrystalizační teplotou (rychlost rekrystalizace deformovaných zrn materiálu je dostatečně vysoká, aby zpevnění těchto zrn způsobené tvářením zmizelo přímo při průběhu nebo po téměř okamžitě po něm). Tváření za tepla probíhá při teplotách nad hodnotou 70 % teploty tání tvářeného materiálu. Výhodou tváření za tepla jsou využití menších pracovních sil (až 10x méně než u tváření za studena), nedochází ke zpevňování materiálu. Nevýhodou jsou okraje na povrchu materiálu, ohřev na potřebnou teplotu nebo možnost vzniku hrubozrnné struktury (nevýhodné pro další procesy, ovlivňuje kvalitu stříhu apod.) nebo vláknité struktury (vzniká z přítomných nečistot v materiálu), kterou nelze změnit tvářením ani tepelným zpracováním.



Obrázek 7 Oblast tvářecích teplot

### 4.3 Tváření za studena

Tváření za studena probíhá pod rekrystalizační teplotou. Teplota tváření je pod hodnotou 30% teploty tání daného tvářeného materiálu. Při tomto tváření dochází ke zpevnování materiálu, které si materiál zachová, ale dochází k velkému nárůstu odporu proti dalšímu tváření materiálu až k úplnému vyčerpání plastičnosti materiálu. Tvářené zrno je deformováno ve směru tváření. Dojde k vytvoření struktury a anizotropii mechanických vlastností. Díky zpevnění materiálu dojde ke zvýšení meze pevnosti a meze klusu, avšak dojde k poklesu tažnosti materiálu. Pokud dojde k dostatečnému zahřátí kovu, je možné tyto deformační vlastnosti obnovit a materiál opět získá původní plastické vlastnosti a může být znovu tvářen. Výhodou tváření za studena kvalitní povrch tvářeného materiálu (nevznikají okraje), zlepšení vlastností zpevněním materiálu a velká přesnost tvářených rozměrů. Nevýhody při tváření za studena jsou nerovnoměrná zpevnění materiálu, omezená tvárnost a nutnost používat vysoké tvářecí síly než u tváření za tepla.

Kompromisem mezi tvářením za tepla a tvářením za studena se jeví tváření za poloohřevu. Přináší zlepšení tvářecích vlastností oproti tváření za studena, snížení přetvárných odporů a k lepším mechanickým a fyzikálním vlastnostem materiálu. Dále přináší větší přesnost a lepší jakost povrchu tvářeného materiálu. Horní teploty při tváření za poloohřevu jsou omezeny oxidací povrchu materiálu.

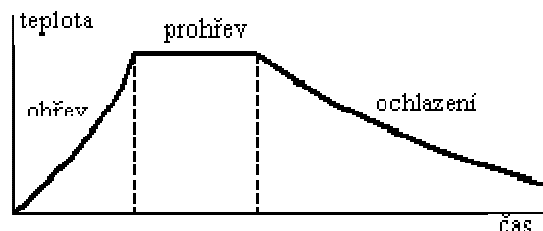
## 5 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ KOVŮ

### 5.1 Charakteristika

Tepelné zpracování kovů je řízený postup se změnami teploty (někdy i chemického složení kovu). Toto zpracování probíhá za účelem získání požadovaných mechanických, fyzikálních nebo technologických vlastností daného materiálu. Tepelné zpracování se skládá ze tří základních částí:

- Ohřev na požadovanou teplotu
- Setrvání na této teplotě – prohřev materiálu (závisí na materiálu, tloušťce ohřívaného kusu apod.)
- Ochlazení materiálu.

Tyto tři postupy se mohou i vícekrát opakovat. Pro všechny kovové materiály je tento postup prakticky stejný. Pro každý druh tepelného zpracování je charakteristická rychlost ohřevu nebo ochlazování, popřípadě konečná výška teploty a setrvání na této teplotě. Další charakterem jsou podmínky při opakování tohoto postupu.



Obrázek 8 Závislost teploty materiálu v daném čase při tepelném zpracování

Pro každý materiál a pro každé tepelné zpracování je vhodná jiná rychlost a průběh ohřívání. V některých případech je potřeba pomalého ohřevu (docílení malého rozdílu teplot na povrchu a uvnitř ohřívaného materiálu), aby nedocházelo k pnutí materiálu. Tento pomalý ohřev se provádí v pecích s možností regulace teploty. Existují však postupy, které vyžadují rychlý ohřev povrchu materiálu (např. povrchové kalení). Konečná výška teploty závisí na strukturních změnách v materiálu (struktura je stejná nebo ohřevem vznikne nová). Doba setrvání na této teplotě závisí opět na druhu tepelného zpracování, na rozměrech materiálu a druhu materiálu. Nepříznivé je vznik hrubozrnné struktury, která může vznikat při dlouhém setrvání na dané teplotě. Rychlost ochlazování je opět závislé na požadovaném druhu tepelného zpracování. Při pomalém ochlazování (chladnutí probíhá v peci s regulovanou teplotou) jsou zachovány rovnovážné stavy materiálu. Při rychlém ochlazování (např. v olejové lázni) dochází k nerovnovážnému stavu materiálu a k vytvoření nové strukturální složky, která má jiné vlastnosti.

Tepelné zpracování oceli je založeno na řízené difuzi atomů materiálu. Tuto řízenou difuzi můžeme rozdělit podle požadavku difuze, kdy je:

- difuze podporována (žhánění)
- difuze potlačována (kalení)

V případě podpory difuze probíhají všechny děje velmi pomalu a vzniká rovnovážný stav struktury. V případě potlačování difuze probíhají naopak děje velmi rychle a dochází ke vzniku nerovnovážného stavu struktury.

Dále je možné tepelné zpracování rozdělit podle výšky, na kterou je materiál ohříván. Toto tepelné zpracování je rozděleno na zpracování:

- bez překrytalizace (feritická a perlitická struktura)
- s překrytalizací (austenitická struktura)

U feritické a perlitické struktury probíhají malé změny ve velikosti a vzájemné poloze krystalových zrn. U austenitické struktury dochází k velkým změnám (dochází ke změně modifikace kovu a krystalové mřížky).

## 5.2 Normalizační žhánění

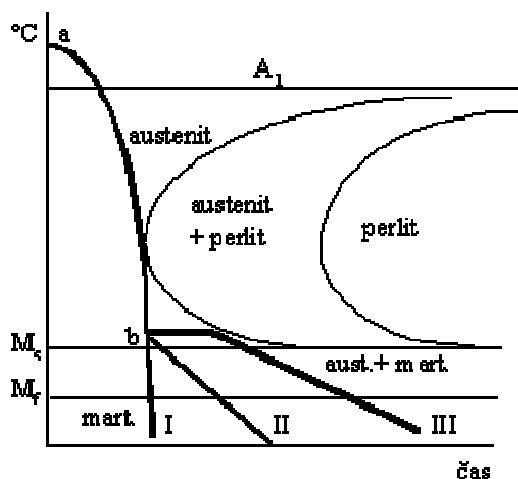
Žhánění oceli je tepelný proces, který uvede materiál do rovnovážného stavu. Při žhánění dochází k cílenému pomalému ohřívání materiálu, dlouhé doby prohřívání a s opět následným pomalým ochlazováním, což má za následek difuzi uvnitř materiálu.

Normalizační žhánění je druh žhánění, při kterém dochází k překrytalizaci materiálu v průběhu. Jedná se o nejčastěji používané žhánění a největší využití má pro podeutektoidní oceli. Při tomto tepelném zpracování je snaha o získání rovnoměrné struktury s jemnými zrny. Díky tomu se v materiálu sníží vnitřní pnutí a zlepší mechanické vlastnosti. Normalizační žhánění se většinou používá u materiálů, které byly předtím výrazně tvářeny za studena. Konečná teplota ohřevu se pohybuje v rozmezí 30 až 80 °C nad teplotami  $A_{c3}$  nebo  $A_{cm}$ . Setrváním na této teplotě dojde ke vzniku homogenního austenitu. Chlazení probíhá na vzduchu, kdy se ve struktuře materiálu mění austenit na jemnozrnnou strukturu feritu a perlitu.

## 5.3 Kalení

Při kalení oceli dochází ke zvýšení tvrdosti materiálu. Cílem tohoto zpracování je z perlitické nebo perliticko-feritické struktury vytvoření bainitické nebo martenzitické struktury. To se provádí u ocelí s obsahem alespoň 0,3%. S nižším obsahem uhlíku jsou oceli označovány jako nekalitelné, protože vytváří jen malé množství martensitu, které neovlivní výslednou tvrdost materiálu. Konečná teplota ohřevu plyne z požadavku na zvýšení tvrdosti materiálu. Materiál je ohřát až na teplotu za vzniku austenitické struktury (v případě podeutektoidních ocelí) nebo austenitické struktury se sekundárním cementitem (v případě nadeutektoidních ocelí). Ochlazení po ohřevu musí být dostatečně rychlé, aby nedošlo k difusním pochodům. V průběhu chlazení je však velký rozdíl teplot na povrchu a uvnitř materiálu a dochází ke vzniku vnitřních pnutí, která můžou vést k porušení materiálu po

zatížení. Je tedy důležité volit rychlost ochlazování. Optimální rychlost se pohybuje v okolí horní martenzitické kritické rychlosti. V praxi je tuto rychlost ochlazování těžké dodržet, proto dochází k o něco málo rychlejšímu ochlazování. Kalení oceli vychází z IRA a ARA diagramů, které znázorňují závislost teploty na čase a zobrazují křivky rychlosti chladnutí oceli. K chlazení oceli se používají různé prostředky (voda, oleje, roztavené soli, proudící vzduch apod.). Oceli, které stačí k zakalení ochlazení na vzduchu, označujeme jako oceli samokalitelné.



Obrázek 9 Zobrazení rychlosti kalení v ARA diagramu

## 5.4 Popouštění

Popouštění ocelí se provádí za účelem snížení jejich křehkosti po kalení. Při tomto tepelném zpracování dochází k částečné přeměně struktury materiálu v rozmezí teplot 150 až 400 °C. Po popouštění však dojde k poklesu tvrdosti zakaleného materiálu. V jednotlivých teplotních pásmech dochází k rozdílnému průběhu změn. Do 180 °C se tetragonální martenzit změní na kubický martenzit. Dojde k velkému snížení křehkosti, ale k malému snížení tvrdosti. Také dojde ke snížení vnitřního pnutí materiálu. V rozmezí teplot od 180 až do 300 °C se zbytkový austenit rozpadne na bainit. Výsledná struktura je martenziticko-bainitická. Dojde k dalšímu snížení křehkosti, ale k vyššímu poklesu tvrdosti materiálu. V rozmezí teplot od 300 až do 400 °C se rozpadne martenzit na jemnozrnnou feritickou strukturu s obsahem globulárního cementitu. Feritická zrna mají jehlicovitý tvar. Dále dochází k velkému snížení křehkosti a tvrdosti materiálu. Při teplotách nad 400 °C dojde ke zvětšení globulového zrna cementitu a ke zmizení jehlicovitého zrna feritu. Výsledná struktura je velmi pevná a houževnatá. Tato struktura je označována jako sorbit.

## 6 ZKOUŠKY TVRDOSTI

### 6.1 Charakteristika

Tvrdot materiálu není definovatelnou fyzikální vlastností. Jedná se hlavně o vlastnost týkající se povrchu materiálu. Tvrdot lze definovat jako odolnost povrchu materiálu vůči porušení materiálu jiným tělesem. Zkoušky povrchu materiálu se dělí podle:

- Statického zatěžování povrchu – indenter je kolmo vtlačen klidnou silou (tyto zkoušky jsou označeny jako *Vnikací zkoušky*).
- Dynamické zatěžování povrchu – indenter je kolmo vražen rázovou silou (tyto zkoušky jsou označeny jako *Rázové zkoušky*).
- *Vrypové zkoušky* – ostří je vedeno rovnoběžně s povrchem, až dojde k vytvoření vrypu. Používá se u minerálů.

### 6.2 Vnikací zkoušky

Jedná se zkoušky na principu statického zatěžování povrchu, při kterém je vnikací indenter kolmo vtlačen do povrchu zkoušeného materiálu. Odolnost materiálu proti vniknutí indenteru je dána velikostí sil, kterou jsou vzájemně vázány atomy kovu. Kovová vazba umožňuje plastickou deformaci, což má za následek snazší vznik deformace, když jsou tyto vazby vyrovnanější. Faktory ovlivňující tyto vazby jsou:

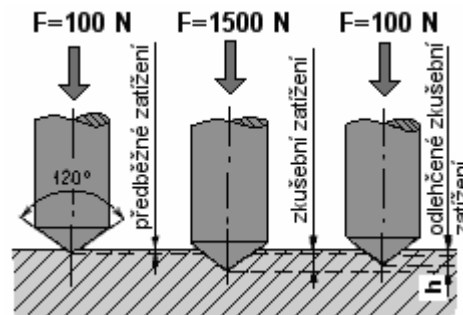
- Tvar krystalů materiálu
- Teplota – vyšší teplota roztahuje vazby a dochází ke snižování pevnosti a měknutí materiálu
- Struktura – jemnozrnnost obsahuje více krystalografických rozhraní, jež více odolávají vniknutí indenteru
- Cizí příměsi – snižují plasticitu materiálu a zvyšují jeho tvrdost
- Vnitřní pnutí

Vnikacích zkoušek existuje několik druhů. Dle Brinnela (HB), ve které se jako indenter používá kalená ocelová kulička, podle Rockwella (HRC – indenter diamantový kužel, HRA a HRB - indenter ocelová kulička) nebo podle Vickerse (HV – indenter čtyřboký diamantový jehlan). Protože v téhle práci nás nejvíce zajímá vnikací zkouška dle Rockwella HRC, dále popíšu postup téhle zkoušky.

#### 6.2.1 Zkouška HRC

Rockwellova zkouška tvrdosti HRC využívá jako indenter diamantový kužel s vrcholovým úhlem 120°. Pro vyhodnocení tvrdosti se počítá rozdíl hloubky vtisku indenteru mezi dvěma stupni zatížení (předběžné zatížení cca 100 N a zkušební zatížení cca 1500 N).

Důvodem je vyloučení nepřesnosti povrchových ploch. V České republice probíhá zkouška tvrdosti HRC dle normy ČSN EN ISO 6508-1.



Obrázek 10 Zkouška tvrdosti podle Rockwella – HRC<sup>Zdroj[9]</sup>

Diamantový kužel se dotkne povrchu materiálu. Následně je předběžnou silou 100 N vtlačen do materiálu do výchozí polohy pro měření hloubky vtisku. Poté se během 3 až 6 s musí pozvolným zvětšováním zátěžné síly dosáhnout normou požadované zatížení (normou požadované zatížení je 1400 N, celková zátěžná síla dosáhne 1500 N). Následně je zátěžná síla opět snížena na původních 100 N. V tomto bodě se zjistí přírůstek hloubky vtisku, který nastal oproti předchozí poloze (při předběžném zatížení).

Tato zkouška je poměrně rychlá a snadná. Vpichy po indetoru jsou velmi malé (jejich maximální hloubka je 0,2 mm), proto je tato zkouška vhodná pro kontrolu velkých sérií výrobků. Zkouška HRC se volí v případě předpokládané tvrdosti zkoušeného materiálu v rozmezí od 20 až do 67 HRC a celkovém zatížení 1500 N (jen pro orientaci zkouška HRB s ocelovou kuličkou a celkovém zatížení 1000N se používá pro měkčí kovy s předpokladem od 25 až do 100 HRB).



## 7 SOUČÁST MÄHSCHHEIBE

### 7.1 Popis součásti

Jedná se o součást s označením výkresu 378.60.099.0, která je používána v diskových žacích strojích společnosti Pöttinger s.r.o. Jedná se o diskové žací stroje ze série NOVAALPIN (nesené stroje), NOVADISC (nesené stroje), NOVACAT (vlečné i nesené stroje) a MULTICAT (vlečné i nesené stroje).

Tato součást vzniká z plechu několikerým lisováním a dalšími tepelnými úpravami (kalení, popouštění). Pro tyto žací stroje je součást Mähscheibe jedním z hlavních částí, jelikož na tuto součást jsou přivařovány kameny. Na tyto přivařené kameny jsou montovány nože. Tato součást rotuje při maximálním výkonu s až 3000 otáčkami za minutu. Počet vyrobených kusů součásti Mähscheibe se ročně pohybuje kolem 50 000 ks.



Obrázek 11 Stroj ze série NOVACAT<sup>Zdroj[8]</sup>

### 7.2 Výrobní postup, kontrola – Vodňany

Výrobní postup součásti Mähscheibe prošel za posledních pár let několika modifikacemi, kdy došlo ke změnám některých z přípravků, nebo byl zaveden další proces do

výrobního postupu. Jelikož pro tuto práci jsou předchozí výrobní postupy nepodstatné, bude popsán pouze postup, který je momentálně používán a který byl kontrolován v této práci.

V prvním kroku je z válcovaného plechu (350x440 mm, tloušťce 4 mm, materiál dle DIN 1543) vylisován požadovaný tvar a jsou vystřiženy středící díra uprostřed a 2 podélné díry na dolních částech krátkých stran. Středící díra a 2 podélné díry na krajích slouží k uchycení do dalšího přípravku. K této operaci jsou používány hydraulický lis SCHULER a přípravek s výkresovým označením 395.1144. Pro namátkovou kontrolu je používána šablona s výkresovým označením 398.1298, pomocí které je kontrolován sklon postraních ploch od centrální plochy ( $6,5^\circ$ ).

V druhém procesu je z vylisku vystřižen konečný oválný tvar součásti. Dále jsou na centrální ploše vystřiženy centrální díra o průměru 60,5 mm a 4 díry o průměru 10,5 mm a na každé straně díra o průměru 44 mm. K této operaci je opět používán hydraulický lis SCHULER a dále přípravek s výkresovým označením 395.1145. Pro namátkovou kontrolu je opět používána šablona s výkresovým označením 398.1298 pro kontrolu sklonu postraních ploch od centrální plochy ( $6,5^\circ$ ), dále pro kontrolu velikosti centrální díry (60,5 mm) a vzdálenosti od jejího středu k okrajům (210 mm na obě strany).



Obrázek 12 Řez rámem a součástí Mähscheibe<sup>Zdroj[8]</sup>

Ve třetím kroku dochází k dolisování podélných stran do požadovaného sklonu od centrální plochy ( $50^\circ$ ). K této operaci je používán hydraulický lis SCHULER a přípravek s výkresovým označením 395.1155. Pro namátkovou kontrolu je opět používána šablona s výkresovým označením 398.1298. Jsou kontrolovány stejné velikosti a vzdálenosti jako v předchozí operaci.

V následující operaci je součást zakalena a popuštěna. Pro ohřev na potřebné teploty pro kalení či popuštění jsou používány pece WMU. Kalení probíhá v olejové lázni a na lise HEESS. Pro kalení je používán přípravek s výkresovým označením 395.1146, který má dvě části a lze tak kalit 2 kusy najednou. Popuštěné součásti jsou dále kontrolovány na tvrdost (42-6 HRC). Tvrdost je kontrolována na přístroji EMCOTEST. Kontroluje se tvrdost na centrální ploše a na jedné postranní ploše minimálně dvěma vpichy.

Tyto první 4 operace jsou prováděny ve výrobním podniku ve Vodňanech.

### 7.3 Výrobní postup, kontrola a montáž – Grieskirchen

Po transportu vylisovaných a zakalených součástí jsou na ně strojem MOTOMAN ROBOTEC navařeny další části (nejdůležitější jsou kameny pro nože – výkres 378.66.094.0). Po navaření jsou namátkově kontrolovány na vyváženost. Poslední operací před montáží je lakování.

Při montáži je postupně na rám přimontován daný počet kusů součástí Mählscheibe (závisí na typu stroje, délce rámu apod.). Kusy na obou koncích jsou ještě speciálně testovány na vyváženost (při vysokých otáčkách maximálně 1,5 g), protože jsou to zároveň hnací části. Po namontování a doplnění mazání je celý rám testován při pracovních otáčkách 3000 ot/min (z důvodu bezpečnosti bez namontovaných nožů, které jsou nahrazeny zkušebními destičkami). Při testování je kontrolováno horizontální a vertikální házení (maximálně 28 mm/s) a hluk při provozu (maximálně 113 dB). Namátkově je kontrolována mezera mezi rámem a okrajem Mählscheibe (3 až 5 mm). Následuje zkompletování celého stroje a odeslání k zákazníkovi, kde je mu servisem stroj rozložen, a jsou namontovány nože.



Obrázek 13 Otáčející se součásti na rámu i s noži<sup>Zdroj[8]</sup>

## 8 KONTROLA ZPŮSOBILOSTI VÝROBNÍHO PROCESU

### 8.1 Důvod kontroly

Tato práce je zaměřena na kontrolu způsobilosti výrobního postupu součásti Mählscheibe a získání statistických hodnot pro další použití v průběhu výrobního postupu této součásti. Důvodem je snaha společnosti o neustálé zlepšování výrobního procesu společně se zpětnou vazbou od zákazníků a snížení odchylek úhlu krajních ploch od centrální plochy (po namontování nože může dojít při práci k sekání nože o rám, které může vést k poškození nože). Tato odchylka se nedá zjistit při montáži, protože kontrola při pracovních otáčkách probíhá z důvodu bezpečnosti bez namontovaných nožů (místo nožů jsou namontovány zkušební destičky). Nože se montují až u zákazníka. Veškeré odkazy na výkresovou dokumentaci viz příloha č. 1 (seznam příložených výkresů na poslední straně této práce). Veškeré naměřené hodnoty a vyhodnocení jsou ve formulářích poskytnuté oddělením kvality ve Vodňanech.

### 8.2 Pomůcky a vzorky ke kontrole

Pro kontrolu způsobilosti výrobního postupu, speciálně způsobilosti hydraulického lisu SCHULER a přípravků na něm používaných (přípravky 395.1144, 395.1145 a 395.1155) a dále lisu HEES a přípravku (395.1146), bylo použito 150 vzorků Mählscheibe. 100 vzorků prošlo klasickým výrobním postupem. Jelikož má kalící přípravek 2 hnízda, bylo použito 50 vzorků pro levé a 50 vzorků pro pravé hnízdo. Levým hnízdem kalícího přípravku prošly vzorky s označením od 001 do 050, pravým hnízdem vzorky s označením od 051 do 100. Zbýlých 50 vzorků bylo připraveno pro jakoukoli novou operaci navíc, která by mohla vést ke zkvalitnění výrobního postupu. Po nastudování celého výrobního postupu bylo zvoleno zavedení tepelné úpravy po prvním procesu, konkrétně normalizační žíhání, které mělo vést k lepším tvářecím vlastnostem a ke snížení vnitřního pnutí. Tyto vzorky jsou označeny od Z01 do Z50. Navíc k těmto 150 vzorkům bylo připraveno k proměření dalších 47 vzorků ke kontrole v závislosti na poloze na válcovaném plechu, ze kterého jsou polotovary vyřezávány. 27 vzorků, z nichž každý odpovídá danému umístění (24 vzorků vyřezáno podélně s označením od L01 do L24 a 3 vzorky vyřezány příčně s označením od Q25 do Q27). Dále 10 vzorků, které byly vyřezány podélně, bez závislosti na poloze na válcovaném plechu (označeny od 01L do 10L) a 10 vzorků, které byly vyřezány příčně, bez závislosti na poloze na válcovaném plechu (označeny od 01Q do 10Q). Vzorky, které byly normalizačně žíhané, byly kaleny v levém hnízdě kalícího přípravku, zbylých 47 vzorků (+ 4 vzorky navíc) prošlo pravým hnízdem kalícího přípravku.

Veškeré měření bylo prováděno pomocí manuální 3D sondy Metris K600 portable CMM s vyhodnocovacím software Delcam. Před každým měřením bylo měřidlo kalibrováno. Veškeré naměřené hodnoty byly zpracovány a zapisovány do formulářů, které poskytlo oddělení kontroly kvality. První formulář ukazuje veškeré informace spojené s měřením (typ měřidla, datum, čas, kdo měřil, který rozměr byl měřen apod.) a vyhodnocení způsobilosti  $C_m$  a  $C_{mk}$  s požadavkem, aby hodnota indexů způsobilosti nebyla menší než 1,67. V tomto formuláři je zároveň uveden test stability daného stroje (nebo přípravku), druhý formulář ukazuje naměřené hodnoty a regulační diagramy. Dále byla provedena zkouška tvrdosti

vybraných kusů z důvodu zachování klasického výrobního postupu, ale i k porovnání stávajícího postupu s modifikovaným postupem (se zavedením normalizačního žíhání po první operaci).

### 8.3 Výrobní postup – První operace

#### 8.3.1 Podmínky v průběhu operace

Nástroj	395.1144	Datum	4.11.2011
Stroj	lis SCHULER	Začátek odběru	14:30
Obsluha	Jurčo	Konec odběru	16:00
Další informace			
Teplota – 18 °C Mazání přípravku - po 10 kusech Čištění přípravku - po 30 kusech Celkem kusů – 197			

Tabulka 1 Podmínky v průběhu 1. operace

#### 8.3.2 Postup měření

Veškeré podmínky, které byly při měření, jsou zaznamenány v prvním formuláři. Na začátku měření byla provedena kalibrace měřicí sondy. Měření probíhalo na místě pro kontrolu výroby ve výrobním podniku ve Vodňanech. Každý vzorek byl upevněn pomocí magnetických upínek. Veškeré vzdálenosti a rozměry byly měřeny pomocí kulového dotyku s průměrem 5 mm. Každý dotyk byl manuálně potvrzen pro snímací kameru. Když byl zaznamenán dostatečný počet dotyků, bylo opět manuálně potvrzeno měření daného rozměru. Všechny měřicí postupy pro toto měřidlo navrhl pan Sluka z oddělení kvality.

Postup měření:

- A) Ukotvení modelu v programu Delcam
  - a. Měření centrální plochy – min. 3 body
  - b. Měření centrální díry – min. 3 body
  - c. Měření linie mezi postraními dírami pro ukotvení do druhého přípravku – min. 2 body
- B) Měření vzorku
  - a. Měření levé plochy – min. 3 body
  - b. Měření levé předlisované díry (nepřesné, rozměry přibližné) – min. 3 body
  - c. Měření pravé plochy – min. 3 body

- d. Měření pravé předlisované díry (nepřesné, rozměry přibližné) – min. 3 body

Po naměření všech potřebných velikostí a vzdáleností program Delcam vymodeloval model a na modelu vykreslil naměřené výsledky. Dále zpracoval a vyhodnotil naměřená data. Z měření po první operaci byly získány následující data:

- Sklon levé plochy od centrální plochy
- Sklon pravé plochy od centrální plochy
- Střed díry na levé ploše od středu centrální díry – souřadnice X, Y, Z
- Střed díry na pravé ploše od středu centrální díry – souřadnice X, Y, Z

Po zpracování všech naměřených dat, byly všechny tyto data zaznamenány do příslušného formuláře. Dále byly vytvořeny regulační diagramy a vypočítány indexy způsobilosti a testy stability. Regulační diagramy a indexy způsobilosti ( $C_m$ ,  $C_{mk}$ ) byly počítány zvlášť pro vzorky s označením od 001 do 050 a vzorky s označením od 051 do 100.

### 8.3.3 Závěr

Veškeré naměřené hodnoty, regulační diagramy a výsledné vyhodnocení indexů způsobilosti jsou obsaženy v Příloze č. 2.

Jak bylo napsáno v průběhu měření, díry na krajních plochách jsou po první operaci pouze předlisované, proto jejich hodnoty jsou pouze přibližné. V tomto měření nebylo změřeno 50 vzorků, které byly před další operací normalizačně žíhány. Dále při první operaci došlo ke špatnému prostřížení u kusu s označením L12. Tento vzorek nebyl proměřen.

Z naměřených hodnot lze soudit, že sklon krajních ploch od centrální plochy u vzorků s označením od 001 až do 050 vyhovuje požadavku na způsobilost, tj.  $C_{mk}$  je větší než 1,67. U vzorků s označením od 051 až do 100 vyhovuje tomuto požadavku pouze levá strana.

## 8.4 Výrobní postup – Druhá operace

### 8.4.1 Podmínky v průběhu operace

Nástroj	395.1145	Datum	6.12.2011
Stroj	lis SCHULER	Začátek odběru	12:15
Obsluha	Lukeš	Konec odběru	13:10
Další informace			
Kusy s označením – 001 – 100, 01L – 10L, 01Q – 10Q, L01 – L24, Q25 – Q27			
Teplota – 19 °C			
Mazání přípravku - po 10 kusech			
Čištění přípravku - po 20 kusech			
Celkem kusů – 126			

**Tabulka 2 Podmínky v průběhu 2. Operace (vzorky 001 – 100, 01L – 10L, 01Q – 10Q, L01 – L24, Q25 – Q27)**

Nástroj	395.1145	Datum	8.12.2011
Stroj	lis SCHULER	Začátek odběru	07:00
Obsluha	Lukeš	Konec odběru	08:00
Další informace			
Kusy s označením – Z01 – Z50			
Teplota – 19 °C			
Mazání přípravku - po 10 kusech			
Čištění přípravku - po 3 kusech			
Celkem kusů – 50			

**Tabulka 3 Podmínky v průběhu 2. operace (vzorky Z01 - Z50)**

### 8.4.2 Postup měření

Veškeré podmínky, které byly při měření, jsou zaznamenány v prvním formuláři. Na začátku měření byla provedena kalibrace měřicí sondy. Měření probíhalo na místě pro kontrolu výroby ve výrobním podniku ve Vodňanech. Každý vzorek byl upevněn pomocí magnetických upínek. Veškeré vzdálenosti a rozměry byly měřeny pomocí kulového dotyku s průměrem 5 mm. Každý dotyk byl manuálně potvrzen pro snímací kameru. Když byl zaznamenán dostatečný počet dotyků, bylo opět manuálně potvrzeno měření daného rozměru. Všechny měřicí postupy pro toto měřidlo navrhl pan Sluka z oddělení kvality.

Postup měření:

- A) Ukotvení modelu v programu Delcam



- a. Měření centrální plochy – min. 3 body
  - b. Měření centrální díry (průměr 60 mm) – min. 3 body
  - c. Měření díry (průměr 10,5 mm) na centrální ploše – min. 3 body
- B) Měření vzorku
- a. Měření levé plochy – min. 3 body
  - b. Měření oválné díry na levé ploše – min. 5 bodů
  - c. Měření pravé plochy – min. 3 body
  - d. Měření oválné díry na pravé ploše – min. 5 body

Po naměření všech potřebných velikostí a vzdáleností program Delcam vymodeluje model a na modelu vykreslí naměřené výsledky. Dále zpracuje a vyhodnotí naměřená data. Z měření po druhé operaci byly získány následující data:

- Díra (průměr 60 mm) na centrální ploše
- Poloha díry (průměr 60 mm) na centrální ploše – souřadnice X, Y, Z
- Sklon levé plochy od centrální plochy
- Sklon pravé plochy od centrální plochy
- Střed díry na levé ploše od středu centrální díry – souřadnice X, Y, Z
- Střed díry na pravé ploše od středu centrální díry – souřadnice X, Y, Z
- Výška mezi centrální plochou a středem díry na levé ploše
- Výška mezi centrální plochou a středem díry na pravé ploše

Po zpracování všech naměřených dat byly tyto data zapsány do formulářů. Dále byly vytvořeny regulační diagramy a vypočítány indexy způsobilosti a testy stability. Regulační diagramy a indexy způsobilosti byly počítány zvlášť pro kusy s označením od 001 do 050, od 051 do 100 a od Z01 do Z50.

### 8.4.3 Závěr

Veškeré naměřené hodnoty, regulační diagramy a výsledné vyhodnocení indexů způsobilosti jsou obsaženy v Příloze č. 2.

Indexy způsobilosti nevyšly vyšší než je požadovaná hodnota, tj.  $C_{mk}$  bylo menší než 1,67. Při porovnání vzorků, které prošly klasickým výrobním postupem a vzorků, které byly normalizačně žíhány, došlo ke zlepšení indexu způsobilosti u vzorků, které byly normalizačně žíhány, ale bohužel pořád nedostatečné k dosažení požadované hodnoty.

V tomto měření nebyl měřen kus s označením L12 (v první operaci došlo ke špatnému vystřížení a kus nezapadl do přípravku pro druhou operaci).



## 8.5 Výrobní postup – Třetí operace

### 8.5.1 Podmínky v průběhu operace

Nástroj	395.1155	Datum	13.1.2012
Stroj	lis SCHULER	Začátek odběru	10:20
Obsluha	Jurčo	Konec odběru	11:05
Další informace			
Teplota – 19 °C Mazání přípravku - po 50 kusech Čištění přípravku - po 0 kusech Celkem kusů – 196			

Tabulka 4 Podmínky v průběhu 3. operace

### 8.5.2 Postup měření

Veškeré podmínky, které byly při měření, jsou zaznamenány v prvním formuláři. Na začátku měření byla provedena kalibrace měřicí sondy. Měření probíhalo na místě pro kontrolu výroby ve výrobním podniku ve Vodňanech. Každý vzorek byl upevněn pomocí magnetických upínek. Veškeré vzdálenosti a rozměry byly měřeny pomocí kulového dotyku s průměrem 5 mm. Každý dotyk byl manuálně potvrzen pro snímací kameru. Když byl zaznamenán dostatečný počet dotyků, bylo opět manuálně potvrzeno měření daného rozměru. Všechny měřicí postupy pro toto měřidlo navrhl pan Sluka z oddělení kvality.

Postup měření:

- A) Ukotvení modelu v programu Delcam
  - a. Měření centrální plochy – min. 3 body
  - b. Měření centrální díry (průměr 60 mm) – min. 3 body
  - c. Měření díry (průměr 10,5 mm) na centrální ploše – min. 3 body
- B) Měření vzorku
  - a. Měření levé plochy – min. 3 body
  - b. Měření oválné díry na levé ploše – min. 5 bodů
  - c. Měření pravé plochy – min. 3 body
  - d. Měření oválné díry na pravé ploše – min. 5 body

Po naměření všech potřebných velikostí a vzdáleností program Delcam vymodeluje model a na modelu vykreslí naměřené výsledky. Dále zpracuje a vyhodnotí naměřená data. Z měření po druhé operaci byly získány následující data:

- Díra (průměr 60 mm) na centrální ploše
- Poloha díry (průměr 60 mm) na centrální ploše – souřadnice X, Y, Z

- Sklon levé plochy od centrální plochy
- Sklon pravé plochy od centrální plochy
- Střed díry na levé ploše od středu centrální díry – souřadnice X, Y, Z
- Střed díry na pravé ploše od středu centrální díry – souřadnice X, Y, Z
- Výška mezi centrální plochou a středem díry na levé ploše
- Výška mezi centrální plochou a středem díry na pravé ploše

Po zpracování všech naměřených dat byly tyto data zapsány do formulářů. Dále byly vytvořeny regulační diagramy a vypočítány indexy způsobilosti a testy stability. Regulační diagramy a indexy způsobilosti byly počítány zvlášť pro kusy s označením od 001 do 050, od 051 do 100 a od Z01 do Z50.

### 8.5.3 Závěr

Veškeré naměřené hodnoty, regulační diagramy a výsledné vyhodnocení indexů způsobilosti jsou obsaženy v Příloze č. 2.

Indexy způsobilosti opět nevyšly vyšší než je požadovaná hodnota, tj.  $C_{mk}$  bylo menší než 1,67. Vzorky s označením od 001 do 050 vyhovují požadavku pouze pro sklon levé plochy. Při porovnání vzorků, které prošly klasickým výrobním postupem a vzorků, které byly normalizačně žihány, došlo ke zlepšení indexu způsobilosti u vzorků, které byly normalizačně žihány, ale bohužel pořád nedostatečné k dosažení požadované hodnoty.

V tomto měření již nebyl měřen kus s označením L12.

## 8.6 Výrobní postup – Čtvrtá operace

### 8.6.1 Podmínky v průběhu operace

Nástroj	395.1146	Datum	10.2.2012
Stroj	lis HEES, pec WMU	Začátek odběru	08:15
Obsluha		Konec odběru	15:30
Další informace			
Levé hnízdo přípravku – kusy označeny 001 – 050, Z01 – Z50			
Pravé hnízdo přípravku – kusy označeny 051 – 100, L01 – L10, Q01 – Q10, 01L – 24L, 25Q – 27Q			

Tabulka 5 Podmínky v průběhu 4. operace

### 8.6.2 Postup měření

Veškeré podmínky, které byly při měření, jsou zaznamenány v prvním formuláři. Na začátku měření byla provedena kalibrace měřicí sondy. Měření probíhalo na místě pro kontrolu výroby v mateřském podniku v Grieskirchenu v Rakousku. Každý vzorek byl upevněn pomocí magnetických upínek. Veškeré vzdálenosti a rozměry byly měřeny pomocí kulového dotyku s průměrem 5 mm. Každý dotyk byl manuálně potvrzen pro snímací kameru. Když byl zaznamenán dostatečný počet dotyků, bylo opět manuálně potvrzeno měření daného rozměru. Všechny měřicí postupy pro toto měřidlo navrhl pan Sluka z oddělení kvality.

Postup měření:

- A) Ukotvení modelu v programu Delcam
  - a. Měření centrální plochy – min. 3 body
  - b. Měření centrální díry (průměr 60 mm) – min. 3 body
  - c. Měření díry (průměr 10,5 mm) na centrální ploše – min. 3 body
  
- B) Měření vzorku
  - a. Měření levé plochy – min. 3 body
  - b. Měření oválné díry na levé ploše – min. 5 bodů
  - c. Měření pravé plochy – min. 3 body
  - d. Měření oválné díry na pravé ploše – min. 5 body

Po naměření všech potřebných velikostí a vzdáleností program Delcam vymodeluje model a na modelu vykreslí naměřené výsledky. Dále zpracuje a vyhodnotí naměřená data. Z měření po druhé operaci byly získány následující data:

- Díra (průměr 60 mm) na centrální ploše
- Poloha díry (průměr 60 mm) na centrální ploše – souřadnice X, Y, Z
- Sklon levé plochy od centrální plochy

- Sklon pravé plochy od centrální plochy
- Střed díry na levé ploše od středu centrální díry – souřadnice X, Y, Z
- Střed díry na pravé ploše od středu centrální díry – souřadnice X, Y, Z
- Výška mezi centrální plochou a středem díry na levé ploše
- Výška mezi centrální plochou a středem díry na pravé ploše

Po zpracování všech naměřených dat byly tyto data zapsány do formulářů. Dále byly vytvořeny regulační diagramy a vypočítány indexy způsobilosti a testy stability. Regulační diagramy a indexy způsobilosti byly počítány zvlášť pro kusy s označením od 001 do 050, od 051 do 100 a od Z01 do Z50.

### 8.6.3 Závěr

Veškeré naměřené hodnoty, regulační diagramy a výsledné vyhodnocení indexů způsobilosti jsou obsaženy v Příloze č. 2.

Indexy způsobilosti opět nevyšly vyšší než je požadovaná hodnota, tj.  $C_{mk}$  bylo menší než 1,67. Při porovnání kusů, které prošly klasickým výrobním postupem a kusů, které byly normalizačně žíhány, nebyl zaznamenán významný rozdíl. Při porovnání vzorků, které prošly levým a pravým hnízdem, nebyl taktéž zaznamenán významný rozdíl.

V tomto měření nebyl měřen kus s označením L12.

## 8.7 Zkouška tvrdosti HRC

Kontrola tvrdosti probíhá dle normy ČSN EN ISO 6508-1. Společnost Pöttinger používá pro kontrolu tvrdosti stroj EMCOTEST – N3D G3. Předepsaná tvrdost pro součást Mählscheibe je 42 – 6 HRC. Jako indentor je používán diamantový kužel s vrcholovým úhlem 120°. Pro namátkovou kontrolu byly vybrány tyto kusy: 019, 026, 051, 059, Z07 a Z15.

### 8.7.1 Podmínky v průběhu měření

Operátor	Jedlička	Datum	20.4.2012
Stroj	EMCOTEST	Čas testu	12:50-13:00
Tvrdost	HRC	Teplota	20 °C

Tabulka 6 Podmínky v průběhu zkoušky tvrdosti HRC

### 8.7.2 Postup měření a vyhodnocení

Na centrální ploše byly vybroušeny malé plochy, na kterých se vyzkouší tvrdost. Do každého kusu byly postupně udělány 3 kontrolní vpichy. Hodnoty pro každý kontrolovaný kus jsou zaznamenány v následující tabulce. Ze získaných hodnot byla dále vypočtena průměrná hodnota a porovnána s požadovanou hodnotou.

Vyhodnocení				
Měřený kus	Naměřené hodnoty			Průměrná hodnota
019	37,72	37,85	37,45	37,67
026	39,87	38,9	40,7	39,82
051	41,2	40,52	40,84	40,85
059	41,52	41,12	40,35	41,00
Z07	39,97	40,52	39,07	39,85
Z15	39,6	40,55	40,6	40,25

Tabulka 7 Vyhodnocení zkoušky tvrdosti HRC

### 8.7.3 Závěr

Při namátkové kontrole tvrdosti nebyl žádný z kusů mimo požadovanou toleranci (kus s označením 019 měl tvrdost výrazně nižší, ale stále splňoval požadavky). Při porovnání kusů s klasickým výrobním postupem a kusů, které byly normalizačně žháný, není patrný žádný významný rozdíl.

## 8.8 Celkový závěr

Při porovnání kusů, které prošly klasickým výrobním postupem a kusů, které byly normalizačně žíhány, vyšlo najevo, že v průběhu prvních 3 operací vykazují normalizačně žíhané kusy lepší výsledky (avšak nedostatečné vzhledem k požadavkům), ale po zakalení a popuštění došlo opět k vyrovnání získaných výsledků. Normalizační žíhání sice přineslo zlepšení výroby v průběhu procesu, ale na jeho konci vykazovaly tyto vzorky stejné hodnoty jako vzorky, které nebyly normalizačně žíhány. Po konzultaci s materialistou v Grieskirchenu by normalizační žíhání po prvním lisování bylo dobré, ale ze zjištěných výsledků a z ekonomických důvodů nemá smysl tuto operaci zavádět.

## 9 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo získat potřebné statistické údaje pro oddělení kvality ve výrobním podniku Pöttinger s.r.o. ve Vodňanech. Na začátku práce jsem se zaměřil na krátké seznámení se společností Pöttinger s.r.o. a na její výrobní pobočku ve Vodňanech. Popsal jsem historii podniku a uvedl některé důležité produkty, které tato společnost nabízí. Dále jsem popsal, co jsou to Shewhartovy regulační diagramy. Jejich rozdělení, jakým způsobem jsou tyto diagramy vyhodnocovány, k čemu se tyto diagramy používají a jaké výsledky z nich můžeme vyčíst. S regulačními diagramy byly popsány indexy způsobilost. Opět jsem popsal, co tyto indexy popisují. Uvedl jsem jejich rozdělení a následně i způsob jejich vyhodnocení. V další části práce jsem se zaměřil na tvářecí operace, které jsem zjistil po nastudování výrobního postupu kontrolované součásti. Uvedl jsem charakteristiku a rozdělení tvářecích operací. Dále jsem popsal informace, výhody a nevýhody, které mají procesy při tváření za tepla a tváření za studena. Dále jsem popsal tepelné zpracování materiálu. To se opět týkalo výrobního postupu kontrolované součásti. Popsal jsem, jak probíhá tepelné zpracování materiálu. Detailně jsem popsal tepelné zpracování normalizační žíhání, kalení a popouštění. V další kapitole jsem se zaměřil na zkoušky tvrdosti. Opět se jednalo o jednu z částí výrobního postupu, konkrétně kontroly, kontrolované součásti. Popsal jsem, co je to tvrdost materiálu. Uvedl jsem základní rozdělení zkoušek tvrdosti. Detailně jsem se zaměřil na zkoušku tvrdosti podle Rockwella HRC, která je používána při kontrole kontrolované součásti.

V následující kapitole jsem detailně popsal kontrolovanou součást Mähscheibe. Popsal jsem výrobní postup, který probíhá ve Vodňanech a který byl kontrolován po každé operaci. Dále jsem popsal montáž a další zkoušky, které probíhají v Grieskirchenu v Rakousku. V závěrečné kapitole jsem popsal celkový postup kontroly této součásti. K tomu mi byly poskytnuty veškeré informace a výkresová dokumentace, která se týkala kontrolované součásti Mähscheibe. Dále jsem obdržel dostatečné množství vzorků, které jsem řádně označil. Vzorků bylo dostatečné množství i k zavedení nového výrobního postupu, který jsem navrhl. Popsal jsem veškeré detaily, které se týkaly měření po každé operaci a také jejich krátké shrnutí. Od druhé operace jsem porovnával i původní postup s postupem mnou modifikovaným o normalizační žíhání po první operaci. Po čtvrté operaci jsem podnikl několik cest do podniku v Grieskirchenu v Rakousku, kde jsem také přeměřoval vzorky pod dohledem místního oddělení kvality. Aby byl zachován celý výrobní proces, proběhl na závěr test tvrdosti vybraných vzorků z každé testovací skupiny. Následně jsem popsal celkové shrnutí kompletního výrobního postupu.

Díky této bakalářské práci jsem si osvojil nové poznatky z metrologie a využití některých nástrojů řízení kvality, hlavně regulační diagramy. Hlavním cílem mé bakalářské práce bylo zajistit statistické vyhodnocení způsobilosti výrobního procesu kontrolované součásti po každé tvářecí operaci. Díky přístupu a benevolenci podniku ve Vodňanech jsem si mohl v praxi vyzkoušet nebo vidět tvářecí pochody nebo tepelné zpracování materiálu. Také jsem si mohl vyzkoušet zavedení nové operaci do již stávajícího výrobního postupu a pokusit se tak o jeho další vylepšení.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ZVONEČEK, F., ZÍDKOVÁ, H. *Jakost styl života pro třetí tisíciletí*. Plzeň: ZČU, 2003
- [2] MLČOCH, L., SLIMÁK, I. *Řízení kvality a strojírenská metrologie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury 1987
- [3] ŽÍDEK, M., DĚDĚK, V., SOMMER, B., *Tváření oceli*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1988
- [4] PLUHAŘ, J. *Nauka o materiálech: Celostátní vysokoškolská učebnice pro skupinu studijních oborů Strojírnoství a ostatní kovodělná výroba*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989
- [5] SKÁLOVÁ, J., KOUTSKÝ, J., MOTYČKA, V. *Nauka o materiálech*. Plzeň: ZČU, 2010
- [6] SKÁLOVÁ, J., KOVAŘÍK, R., BENEDIKT, V. *Základní zkoušky kovových materiálů*. Plzeň: ZČU, 2005
- [7] STANĚK, J., NĚMEJC, J. *Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací*. Plzeň: ZČU, 2005

## INTERNETOVÉ ZDROJE

- [8] [www.poettinger.at](http://www.poettinger.at)
- [9] [www.converter.cz](http://www.converter.cz)
- [10] [www.chaloupka-kvalita.cz](http://www.chaloupka-kvalita.cz)



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Klaus a Heinz Pöttingerovi .....	4
Obrázek 2 Logo společnosti Pöttinger s.r.o. ....	5
Obrázek 3 Samosběrací vůz EUROBOSS .....	5
Obrázek 4 Výrobní podnik ve Vodňanech .....	6
Obrázek 5 Závislost změny mechanických vlastností na stupni deformace .....	10
Obrázek 6 Změna tvaru zrn při tvářecím procesu .....	10
Obrázek 7 Oblast tvářecích teplot .....	11
Obrázek 8 Závislost teploty materiálu v daném čase při tepelném zpracování .....	13
Obrázek 9 Zobrazení rychlosti kalení v ARA diagramu .....	15
Obrázek 10 Zkouška tvrdosti podle Rockwella – HRC .....	17
Obrázek 11 Stroj ze série NOVACAT .....	18
Obrázek 12 Řez rámem a součástí Mählscheibe .....	19
Obrázek 13 Otáčející se součásti na rámu i s noži .....	20

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Podmínky v průběhu 1. operace .....	22
Tabulka 2 Podmínky v průběhu 2. Operace (vzorky 001 – 100, 01 – 10L, 01 – 10Q, L01 – 24, Q25 – 27) .....	24
Tabulka 3 Podmínky v průběhu 2. operace (vzorky Z01 - Z50) .....	24
Tabulka 4 Podmínky v průběhu 3. operace .....	26
Tabulka 5 Podmínky v průběhu 4. operace .....	28
Tabulka 6 Podmínky v průběhu zkoušky tvrdosti HRC .....	30
Tabulka 7 Vyhodnocení zkoušky tvrdosti HRC .....	30

## SEZNAM VÝKRESŮ

<b>378.60.099.0</b>	Součást Mählscheibe
<b>378.66.094.0</b>	Kameny na nože
<b>395.1144.zg1</b>	Přípravek pro 1. operaci
<b>395.1144.zg2</b>	Přípravek pro 1. operaci
<b>395.1145.zg1</b>	Přípravek pro 2. operaci
<b>395.1145.zg2</b>	Přípravek pro 2. operaci
<b>395.1155</b>	Přípravek pro 3. operaci
<b>395.1146</b>	Přípravek pro 4. operaci
<b>398.1298</b>	Kontrolní šablona
<b>434.974</b>	Nůž

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha č.1** Výkresová dokumentace (vyjímatelná)

**Příloha č.2** Naměřené hodnoty a vyplněné formuláře (vyjímatelná)