

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra materiálu a strojírenské technologie**



**Bakalářská práce**

**Analýza systému kontroly výrobního podniku**

**Kašpar Adam**

©2020 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Adam Kašpar

Zemědělské inženýrství  
Inženýrství údržby

Název práce

**Analýza systému kontroly výrobního podniku**

Název anglicky

**Analysis of quality control in producer company**

---

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zhodnocení systému kontroly ve výrobním podniku na specifickém produktu.

### Metodika

- 1) Zpracování literární rešerše v oblasti kontroly dle ČSN EN 10204 a navazujících norem.
- 2) Uvedení vybraného produktu pro zhodnocení systému kontroly.
- 3) Popis systému kontroly vybraného produktu z pohledu materiálu.
- 4) Návrh řešení umožňující kvalitnější proces kontroly.
- 5) Závěr.

**Doporučený rozsah práce**

40 stran

**Klíčová slova**

materiálový tok, chemické složení, mikrostruktura, rozměr

---

**Doporučené zdroje informací**

- DRAHOTSKÝ, I.-ŘEZNÍČEK, B.: Logistika -procesy a jejich řízení. 1. vydání. Brno,Computer Press, 2003. 334 s.,ISBN 80-7226-521-0.
- GRASSEOVÁ,M. et al.: Procesní řízení: Ve veřejném i soukromém sektoru. 1. vydání. Brno,Computer Press, 2008. 263 s.,ISBN 978-80-251-1987-7.
- JACKA, J.M.,-KELLER, P.J.:Business Process Mapping: Workbook Improving Customer Satisfaction. Second edition. New Jersey,John Wiley & Sons, 2009. 255 s.
- NENADÁL, J.etal.: Moderní management jakosti: Principy,postupy,metody. Praha: Management Press, 2008. 380 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- Norma ČSN EN ISO 9001 Systémy managementu kvality -Požadavky. ÚNMZ, duben 2009.
- SHEIKH K.Manufacturing resource planning (MRP II). Mc Graw-Hill Professional, 2003.
- SCHOLTES,R.P.-JOINER,L.B. -STREIBEL,J.B.:The team handbook. Third edition. Madison, Oriel Incorporated, 2003. 208 s.,ISBN 1-884731-26-0.
- UMBLE, M. M.; SRIKANTH, M. L. Synchronous Manufacturing. Principles for World Class Excellence. Cincinnati: South – Western Publishing, 1990.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2019/2020 LS – TF

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Rostislav Chotěborský, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2020

prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 07. 04. 2020

### **Čestné prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem diplomovou/bakalářskou práci na téma: Analýza systému kontroly výrobního podniku vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne:

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval pracovníkům z oddělení kontroly firmy Wikov MGI a.s. a vedoucímu své bakalářské práce doc. Ing. Rostislavovi Chotěborskému, Ph.D., za odborné rady a připomínky.

# **Analýza systému kontroly**

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá analýzou kontrolního procesu vybraného tepelně zpracovaného dílce z hlediska materiálu a návrhu řešení, který by zkvalitnil kontrolní proces. Vyhodnocení probíhalo na základě konzultace s pracovníky kvality na základě analýzy procesu. Výsledky ukazují, že kontrolní proces z pohledu materiálové kontroly není vyhovující. V závěru práce jsou formulovány kroky, které navrhuji zavedení určitých metod k zlepšení celého procesu.

**Klíčová slova:** materiálový tok, chemické složení, mikrostruktura, rozměr

# **Analysis of quality control in producer company**

## **Abstract**

The bachelor thesis deals with the analysis of the quality assurance process of the chosen heat treated part in terms of material and proposal for solution that would improve the quality assurance process. The evaluation was performed based on the consultations with the quality assurance workers based on the process analysis. The results indicate that the quality assurance process is not satisfactory from the material quality assurance point of view. At the end of the thesis, there are steps defined which propose the introduction of certain methods for overall improvement of the process.

**Key words:** material flow, chemical composition, microstructure, dimension

<b>ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>I. Teoretická část.....</b>	<b>2</b>
<b>1 Kontrola a navazující normy.....</b>	<b>3</b>
1.1 Vývoj kontroly .....	3
1.2 ČSN EN 10204 .....	4
1.3 Management jakosti na bázi norem ISO .....	5
1.3.1 ISO řady 9000 .....	5
1.3.2 ISO řady 14000 .....	7
1.3.3 ISO 45001/BSI OHSAS 18001.....	8
1.4 Statistická přejímka .....	9
1.4.1 Rozdělení přejímek.....	9
1.4.2 Stoprocentní přejímka.....	9
1.4.3 Výběrová - namátková .....	9
1.4.4 Výběrová - periodická přejímka .....	9
1.4.5 Rozdělení statistických přejímek dle četnosti ověřování dávek .....	9
1.5 Tepelné zpracování kovů.....	10
1.5.1 Žihání na měkko .....	10
1.5.2 Zušlechťování .....	10
1.5.3 Normalizační žihání .....	11
1.5.4 Chemicko-tepelné zpracování – Nitridace .....	11
1.5.5 Metalografie.....	11
1.5.6 Metalografický výbrus.....	11
1.6 Zkoušky materiálu.....	12
1.6.1 Zkoušky tvrdosti a mikrotvrdosti.....	12
1.6.2 Magnetická prášková metoda.....	13
1.6.3 Barkhausenova metoda .....	14
1.7 Materiálová charakteristika dle normy .....	15
1.8 Druhy kontrol .....	17
1.8.1 Vstupní kontrola .....	17
1.8.2 Mezioperační kontrola .....	17

1.8.3	Výstupní kontrola .....	17
<b>II.</b>	<b>Praktická část .....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>Produkt pro zhodnocení systému kontroly .....</b>	<b>19</b>
2.1.1	Konstrukční charakteristika součásti .....	19
2.1.2	Materiálová charakteristika dle dílce .....	20
2.2	<i>Charakterizace vybraného podniku .....</i>	<i>21</i>
2.2.1	Výrobní sortiment a profil společnosti .....	22
2.2.2	Požadavky na materiál od General Electric pro Wikov MGI .....	23
2.3	<i>Inspekční certifikát 3.1 .....</i>	<i>24</i>
2.4	<i>Tepelné zpracování dílce – „GE kolo“ .....</i>	<i>26</i>
<b>3</b>	<b>Analýza kontroly .....</b>	<b>27</b>
3.1	<i>Analýza vstupní kontroly .....</i>	<i>27</i>
3.1.1	Vstupní materiál .....	28
3.1.2	Označení polotovaru a zkušebního kusu .....	28
3.2	<i>Analýza mezioperační kontroly .....</i>	<i>30</i>
3.2.1	Kontrola mikrostruktury po TZ .....	30
3.2.2	Kontrola nitridační vrstvy .....	32
3.2.3	Kontrola tvrdosti jádra .....	34
3.2.4	Kontrola pomocí magnetické práškové metody .....	35
3.2.5	Kontrola broušených ploch („spálených míst“) - Barkhausen .....	35
3.3	<i>Analýza výstupní kontroly .....</i>	<i>36</i>
3.3.1	Kontrola poškození povrchu .....	36
<b>4</b>	<b>Návrh umožňující kvalitnější proces kontroly .....</b>	<b>36</b>
4.1	<i>Technické zhodnocení .....</i>	<i>36</i>
4.2	<i>Návrh zlepšení procesu kontroly .....</i>	<i>37</i>
4.2.1	Statistická přejímka .....	37
4.2.2	Vizuální kontrola .....	38
4.2.3	Chemická analýza .....	38
4.2.4	Mechanické zkoušky materiálu .....	38
4.2.5	Nedestruktivní zkoušení .....	39



<b>5</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>40</b>
	<b>Citovaná literatura .....</b>	<b>41</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>45</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>46</b>
	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>47</b>

# ÚVOD

Téma bakalářské se zabývá problematikou v oblasti kontroly z pohledu materiálu vybraného dílce ve firmě Wikov MGI a.s. Společnost se zabývá produkcí výroby ozubených kol a převodovek pro různá odvětví průmyslu.

Cílem práce je analýza a následné zhodnocení systému kontroly ve výrobním podniku na specifickém tepelně zpracovaném produktu. Dále najít slabá místa v procesu a provést návrh řešení, který by vedl ke zlepšení procesu kontroly dílce z pohledu materiálu. V teoretické části se zaměřuji na normy ČSN EN 10204, ČSN EN ISO řady 9000, 14000, 18000. Dále je věnována pozornost aplikaci materiálových zkoušek a tepelnému zpracování na vybraném dílci.

V praktické části se zabývám charakteristikou vybraného dílce „GE kolo“ z pohledu materiálu, s ohledem k požadavkům na materiál vzhledem k výrobě a jeho vazbu na inspekční certifikát od dodavatele. Následně popisuji jednotlivé stupně kontroly od objednávky, vstupní kontroly až po výstupní kontrolu. Na základě teorie a analýzy současného stavu je provedeno technické zhodnocení kontrolního procesu a proveden návrh, který si klade za cíl zlepšit proces kontroly pro eliminaci případných vad v následujících výrobních operacích.

# I. Teoretická část

# 1 Kontrola a navazující normy

V kapitole je uvedena výchozí norma ČSN EN 10 204 a další navazující normy v oblasti kontroly jako ISO řady 9 000, 14 000, 18 000. Další podkapitoly slouží jako podklad pro praktickou část.

## 1.1 Vývoj kontroly

Již v dávné historii se můžeme setkat s požadavky na jakost výrobků, ať už se to týkalo řemeslné výroby nebo stavitelství, požadavky na kvalitu produktů se s dobou neustále zvyšují. Tuto dobu lze rozdělit do několika etap, kde počátky sahaly k řemeslné a rukodělné výrobě, kde řemeslník prodával svůj výrobek, jenž přizpůsoboval požadavkům zákazníka. V tuto dobu se nepoužívali složité metrologické nebo materiálové postupy ke kontrole jakosti. S rozvojem technologií v 16. století začaly vznikat manufaktury a rozšiřovala se výroba. Bylo nezbytné zavést vhodné prostředky pro růst produktivity. Začali se zavádět etalony, měřidla a další pomůcky kontroly, protože nároky na jakost se začaly zvyšovat. V 19. století byla manufakturní výroba nahrazena výrobou průmyslovou, Doba vyžadovala normalizaci, rozvoj metrologie a řízení jakosti. Nejvýraznějším obdobím, které nejvíce ovlivnilo požadavky na jakost, bylo období Světových válek, kde jakost a spolehlivost při výrobě zbraní vykazovala potřebu být na vyšší úrovni. Začali změny ve výrobě a byla nutnost zavést technické kontroly vstupní, mezioperační a výstupní. Zavedlo se řízení jakosti technickou kontrolou. Technická kontrola už zde byla značně komplikovaná. Byly zde i vyšší nároky na materiál. Nutnost zavedení materiálových kontrol při výrobě strojních součástí, která vyžadovala velká mechanická a tepelná namáhání.

V současné době funguje tzv. etapa TQM (Total quality management) neboli komplexní řízení kvality, které vychází z dříve vyvinutých nástrojů, jako je například ISO 9 000. TQM se v organizacích snaží neustále zlepšovat svou schopnost poskytovat vysoce kvalitní produkty. Současným nástupcem TQM začíná být etapa globálního řízení jakosti, která věnuje svoji pozornost i bezpečnosti výrobků a ochraně životního prostředí. Problematikou životního prostředí se dále věnuje standart ISO 14 000, neboli systém zabezpečující ekologické řízení procesů.

## 1.2 ČSN EN 10204

Norma zaměřená na kovové výrobky např. tlusté a tenké plechy, tyče, výkovky, odlitky vyrobené jakýmkoliv způsobem schválena CEN v srpnu 2004. Upravuje normu vydanou v srpnu 1994. Norma specifikuje náležitosti, které musí být součástí dokumentů kontroly. Přesně popisuje dokumenty vystavené na základě specifické a nesespecifické kontroly, jako jsou prohlášení o shodě s objednávkou 2.1, zkušební zpráva 2.2, inspekční certifikát 3.1, inspekční certifikát 3.2. Dále obsahuje náležitosti, které musí být splněny jako platnost a předání dokumentů kontroly a povinnost při předání zprostředkovatelem. V normě jsou také podrobně vysvětleny všechny termíny a definice, které jsou výše uvedeny. Cílem při vytvoření normy bylo také snížení dokumentů kontroly. [1]

Často požadovaný dokument kontroly EN 10 204 (viz *Tab. 1*) [39] je doklad, kterým výrobce (nebo zprostředkovatel) potvrzuje odběrateli, že vlastnosti výrobku odpovídají požadavkům objednávky. [2]

*Tab. 1 - dokument kontroly [39]*

Druh	popis druhu dokumentu		Obsah dokumentu	Dokument potvrzuje
	Česky	Anglicky		
Atest 2.1	Prohlášení o shodě s objednávkou	Declaration of compliance with the order	Prohlášení o shodě s objednávkou	Výrobce
Atest 2.2	Zkušební zpráva	Test report	Prohlášení o shodě s objednávkou s uvedením výsledků zkoušek provedených na základě nesespecifikované kontroly	Výrobce
Atest 3.1	Inspekční certifikát 3.1	Inspection certificate 3.1	Prohlášení o shodě s objednávkou s uvedením výsledků zkoušek provedených na základě specifikované kontroly	Oprávněný zástupce výrobce nezávislý na výrobních útvarech
	Inspekční certifikát 3.2	Inspection certificate 3.2	Prohlášení o shodě s objednávkou s uvedením výsledků zkoušek provedených na základě specifikované kontroly	Oprávněný zástupce výrobce nezávislý na výrobních útvarech a buď oprávněný zástupce odběratele nebo inspektor stanovený v úředních předpisech

Za vlastnosti výrobku dané normou nebo předpisem v objednávce odpovídá vždy výrobce, který je pouze on pověřen vystavením tohoto dokumentu. Dokument slouží jenom

k ověření těchto vlastností. Zprostředkovatel může doplnit dokument, kdyby se účastnil na změně vlastností výrobku. [2]

### **1.3 Management jakosti na bázi norem ISO**

Zavedení norem ISO standardů ř. 9 000 byla odpověď na rychlou globalizaci tržního prostředí. První sada norem, která byla zveřejněna, byla vydána v roce 1987 Mezinárodní organizací pro normy ISO. Razantně se staly součástí obchodních vztahů po celém světě. Normy mají univerzální charakter, jsou použitelné v širokém spektru organizací, podnicích a služeb. V současné době je situace taková, že odběratelé vyžadují důkazy o zavedení a fungování systému managementu jakosti, které vyhovují specifikacím norem ISO řady 9 000 zejména 9 001. Tímto důkazem je tedy certifikát vydaný třetí stranou, tj. nezávislým akreditovaným certifikačním orgánem. Tyto normy jsou výsledkem kompromisu, ke kterému dospělo národní společenství a jako každý kompromis má svoje výhody a nevýhody. [3]

#### **1.3.1 ISO řady 9 000**

Systém managementu jakosti je definován řadou norem ISO 9 000. Organizace, která je držitelem této normy prokazuje schopnost výroby nebo distribuce produktů se všemi předpisy a požadavky zákazníka. Normy jsou definovány Mezinárodní organizací pro normalizaci. [4]

Česká republika, jakožto člen mezinárodní organizace pro normalizaci je oprávněna využívat značku ČSN. Povinností každého členského státu je do 6 měsíců přeložit a vydat novou ISO normu nejpozději do 6 měsíců od jejího vydání. Problémem však může být překlad, který v případě sporů nemůže nahradit originál, který je v anglickém jazyce. [5]

V roce 2000 vznikla finální verze ISO 9 000, vytvořená sloučením norem ISO 9 001, ISO 9 002, ISO 9 003. Dále byla nově doplněna v roce 2008 o normu ISO 9 004. [6]

Z důvodu inovace norem a vývoje jsou normy periodicky revidovány i pomocí zpětných vazeb od jejich uživatelů. Mnoho firem a organizací z různých zemí po celém světě, kteří jsou členy ISO/TC 176 (technická komise managementu jakosti), a jsou poskládány převážně z odborníků, kteří sledují, jak jsou normy využívány a zjišťují výsledky k navržení inovace a zlepšení těchto norem při příštích revizích, aby vyhovovali všem potřebám uživatelů. Na základě nových poznatků a informací od uživatelů ISO/TC 176 se vytváří nové návrhy a koncepce pro zařazení do norem ISO které inovují oblasti řízení

kvality. Společnost ISO se snaží o takzvané „udržení hybnosti“ tzv. neustálé zdokonalování, vylepšení a zefektivnění norem pomocí recenzí je zajištěno, že pokud se uživatel rozhodne pro systém ISO má i v budoucnosti zajištěny neustálé benefity. [7]

Normy řady ISO 9 000 zaručují sjednocení jednotných pravidel a zabezpečení v oblasti jakosti v podnicích různých typů a rozměrů. Poslední cílená revize byla v roce 2015. Jedná se o tyto normy: [8]

ISO 9 000:2015 – norma popisuje zásady systémů managementu jakosti a specifikuje terminologii systémů managementu jakosti

ISO 9 001:2015 – tato norma specifikuje požadavky na systémy managementu jakosti pro použití v případě, že je zapotřebí prokázat způsobilost organizace k poskytování výrobků, které splňují požadavky zákazníka a aplikovatelné požadavky předpisů

ISO 9 004:2009 – tato norma poskytuje návod na systémy managementu jakosti, včetně procesů pro neustálé zlepšování, které přispívají ke spokojenosti zákazníků organizace a jiných zainteresovaných stran. [8]

Držením certifikace systému managementu organizace podle ISO 9 001 získávají organizace na trhu benefity. Díky mezinárodně uznávanému certifikátu se tváří jako důvěryhodné. Tento certifikát však není povinností a jeho platnost je omezena na 3 roky, během kterých se provádí kontroly neboli dozorované audity. Po dodržení všech náležitostí se musí absolvovat recertifikační audit. [9]

Certifikace mohou využít jakékoliv společnosti zabývající se výrobou, distribucí nebo servisem. Jedná se o všechny organizace od nemocnic po poskytovatele internetového připojení.

Lze dohledat seznam společností, které jsou platnými držiteli certifikátu i společnosti, které nejsou. [10]

Globalizace a přijetí ISO 9001 je způsobena mnoha různými faktory. Odběratelé jsou ti, kteří zvyšují požadavky a častěji vyžadují, aby dodavatelé byli držitelem certifikátu ISO 9 001. Díky mnoha studiím víme, že držitelé certifikátu ISO 9 001 zaznamenali značné finanční benefity. V roce 2001 britská certifikační agentura (British Assessment Bureau) zveřejnila fakt, že 44 % nových klientů si díky pořízení certifikátu získalo novou zakázku. [11]

Podobně další společnosti, které poskytují certifikát, zjistili nárůst obchodů jejich klientů, vůči společnostem necertifikovaným. [12]

### **Obecné zásady ISO:**

Zaměření na zákazníka - pochopení potřeby stávajících a budoucích zákazníků, sladění organizačních cílů s potřebami a očekáváním zákazníků, uspokojení požadavků zákazníků, měření spokojenosti zákazníků, správa vztahů se zákazníky, snaha překonávat očekávání zákazníků.

Vedení lidí - stanovení vizí a směr organizací, nastavení náročných cílů, model organizačních hodnot, vytvoření důvěry, vybavení a posílení zaměstnance, uznávání příspěvků zaměstnanců.

Zapojení lidí - zajištění, aby byly lidské schopnosti využívány a oceňovány, udělit lidem zodpovědnost, umožnit účast v neustálém zlepšování, vyhodnocování individuálního výkonu, povolení sdílení učení a znalostí, povolení otevřené diskuse o problémech a omezeních.

Procesní přístup - správa činností jako procesů, změření schopností činností, identifikování vazeb mezi činnostmi, upřednostňování příležitosti ke zlepšení, rozložení zdrojů efektivně.

Zlepšení - zlepšení výkonu a schopnosti organizace, vyrovnaní zlepšovací aktivity, posílání lidem zlepšení, opatření se měří důsledně, oslavení zlepšení.

Rozhodování založené na důkazech - zajištění dostupnosti přesných a spolehlivých dat, pro analýzu dat použití vhodných metod, provedení rozhodnutí na základě analýzy, analýza bilance dat s praktickými zkušenostmi.

Správa vztahů - identifikace a výběr dodavatele, kvůli spravování nákladů, optimalizace zdrojů a vytvoření hodnoty, vytvoření vztahů s ohledem na krátkodobé i dlouhodobé, sdílení odborníky, zdroje, informace a plány s partnery, spolupráce na zlepšovacích a rozvojových aktivitách, uznání úspěchů dodavatelů. [13]

### **1.3.2 ISO řady 14 000**

Výchozí norma ISO 14 001 – systémy environmentálního managementu. První platnost normy vyšla v roce 1996 (14 001:1996). V roce 2004 byla schválena její revize, která měla za cíl větší provázanost s normami ISO 9 001. Český překlad normy vyšel v roce



2005 jako ČSN EN ISO. Norma se zabývá managementem týkajícího se životního prostředí. Podnik, který se rozhodne uplatňovat tuto normu a získat certifikát musí splňovat podmínky této normy a vytvořit příslušnou dokumentaci a průběžně systém zlepšovat a zefektivňovat. Je určena pro podniky bez rozdílů velikosti nebo oboru. [14] [15]

Organizace by si měla stanovit enviromentální politiku firmy, identifikovat enviromentální aspekty činností firmy, které mohou mít významný dopad na životní prostředí. Odvození enviromentálních cílů a cílové hodnoty pro všechny úrovně a činností firmy. Realizovat programy enviromentálního managementu. Zajistit vzdělávání zaměstnanců a monitorovat a měřit klíčové znaky provozu a činností s možným dopadem na životní prostředí a přijímat preventivní opatření a nápravná opatření při zjištěných odchylkách a škodách. [14]

### **1.3.3 ISO 45001/BSI OHSAS 18 001**

Stále používanější označení této normy ČSN EN ISO 45 001:2018 namísto britské BSI OHSAS 18 001 (BSI = British Standard Institution). Jedná se o systém managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP). Nezávislá na velikosti a oboru organizace. Snaží se navázat svojí strukturou na předchozí normy ČSN EN ISO 9 001 a ČSN EN ISO 14 001. Cílem je propojení těchto norem a fungování současně, aby bylo možno vytvořit systém managementu bezpečnosti a ochrany zdraví během práce. [14] [16]

Důvod aplikace normy je přimět organizace k tomu, aby zavedli opatření k omezení situací předcházející nebezpečí. Jsou k dispozici různá opatření jako omezení, odstranění, a další metody k odstranění možných rizik. Činnost musí být plánována tak, aby neohrožovala zdraví. [16]

Přínosem certifikace podle ISO 45 001:2018 jsou:

Zajišťování a zlepšování systému bezpečnosti a ochrany zdraví přijatého na všech úrovních a všemi funkcemi v organizaci, zejména vrcholovým vedením, systematické omezování rizik, resp. nebezpečí, která ohrožují bezpečnost a zdraví všech osob ovlivňovaných činnostmi, výrobky nebo službami organizace, předcházení a omezení výskytu nemocí z povolání a pracovních úrazů, minimalizace nákladů spojených s nehodami na pracovišti, plnění zákonných požadavků a požadavků předpisů týkajících se bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

## **1.4 Statistická přejímka**

Nástroj přejímky lze aplikovat na vstupu procesu při realizaci činnosti vstupní kontroly. Na výstupu procesu při realizaci činnosti výstupní kontroly. Při realizaci kooperativní kontroly na konci dílčího procesu při vzniku výrobku. [17]

### **1.4.1 Rozdělení přejímek**

Přejímky také nazývané jako přejímací kontrolní postupy lze rozdělit na základní dva druhy, přejímku výběrovou a stoprocentní. Výběrová přejímka se dále dělí na přejímku namátkovou, periodickou a statistickou. [17]

### **1.4.2 Stoprocentní přejímka**

Za stoprocentní přejímku lze považovat kontrolu celého souboru „kus po kuse“. Tento typ náročný ze stránky finanční i personální. Dle zkušeností při využití metody vzniká až 15 % neshod a při nutnosti použití destruktivních zkoušek tuto metodu není možné aplikovat. Lze využít pouze u malých dávek a pro kusy kde je vyžadována mimořádná jakost. [17]

### **1.4.3 Výběrová - namátková**

System namátkové kontroly je nahodilý, není stanoven žádný plán. Namátkové kontrole není možné klást velkou spolehlivost. Metoda nemusí být dostatečně účinná k odhalení vadných kusů. [18]

### **1.4.4 Výběrová - periodická přejímka**

Základní vlastností je jednoznačné určen průběh kontroly, která obsahuje prvky systematickosti např. kontrola jednoho kusu z dvaceti vyrobených. [18]

Pozitivní vlastností přejímek je že pomocí nich můžeme odhadnout rizika spojená s nejistotou správného posouzení jakosti dávky dané výběrem. Vychází z objektivních předpokladů a principů matematické statistiky. [19]

### **1.4.5 Rozdělení statistických přejímek dle četnosti ověřování dávek**

Statistické přejímky lze rozdělit dle četnosti ověřování dávek na přejímku z každé dávky a občasnou přejímku. Pokud dodávky dlouhodobě vykazují uspokojivou míru jakosti, je možné brát v úvahu přechod z kontroly z každé dávky na občasnou přejímku. V normě ISO 2859 – 3 je popsána problematika občasné přejímky, jenž je definovaná jako „výběrový kontrolní postup“, při kterém jsou některé dávky v sérii přijímány bez kontroly, splňují-li

výsledky předcházejících kontrol dávek stanovená kritéria. Rozhodnutí o přechodu na občasnou kontrolu může být vykonáno pouze na základě kvalifikace produktu. V podstatě to znamená „posouzení produktu za účelem stanovení jeho vhodnosti pro občasnou kontrolu“. Přejít na občasnou přejímku není definitivní. „Při kolísání jakosti produktu může dojít k přerušení, tedy k pozastavení občasně kontroly končící buď návratem k občasně kontrole dávek nebo přechodem na kontrolu z každé dávky“. Tento postup není opět definitivní, může dojít k rekvalifikaci, tedy „kvalifikaci pro znovu zahájení občasně kontroly. Schémata popisující průběh občasně přejímky a vztah kvalifikace, přerušení, diskvalifikace a rekvalifikace jsou uvedeny v normě ČSN ISO 2 859 -3. [20]

## **1.5 Tepelné zpracování kovů**

Vzhledem k aplikaci tepelného zpracování na vybraný dílec jsou zde stručně uvedeny všechny druhy tepelných operací, které byly na dílec použity.

### **1.5.1 Žihání na měkko**

Požadovaný polotovár na výrobu dílce je výkovek. Bylo požadavkem, aby dodavatel Kovárny a.s. tepelně zpracoval výkovek formou žiháním na měkko. Z důvodu zlepšení obrobiteľnosti pro následující operace. Je to první tepelná operace, která byla na výrobku aplikována.

Na měkko se žihají zejména oceli uhlíkové, nástrojové a slitinové. U konstrukčních a nástrojových ocelí dosahujeme žiháním na měkko dobré obrobiteľnosti. Slitinové oceli jsou pak určeny k dalšímu tepelnému zpracování. Používá se také u výrobků po procesu kalení a určených k dalšímu obrábění. Žihání na měkko se provádí při teplotách okolo 600 – 700 °C po dobu 4-8 hodin, následuje pomalé ochlazování. Teploty a výdrže záleží na druhu oceli. [21]

### **1.5.2 Zušlechťování**

Druhá tepelná operace, která se na dílci provádí, je zušlechťování. Cílem zušlechťování je dosažení optimálního poměru mezi pevností a houževnatostí oceli. Zušlechťování je kalení a popouštění na vysoké teploty. Mechanické vlastnosti ocelí lze dosáhnout stanovením různých popouštěcích teplot a časů. Nevhodná kombinace může ovlivňovat křehkost oceli. [23]

### **1.5.3 Normalizační žhání**

Normalizační žhání je u výrobku třetí tepelnou operací. Obecně se používá ohřev na teploty 850 až 900 °C, výdrž na teplotě 2 až 8 hodin a volné ochlazení na vzduchu.

Jeho cílem je zvýšení tvrdosti a pevnosti nebo úprava struktury před povrchovým kalením odlitku. Následuje žhání na odstranění vnitřního pnutí. [21]

### **1.5.4 Chemicko-tepelné zpracování – Nitridace**

Nitridace je poslední tepelnou operací, která je na dílci vykonána. Důvodem této operace je vytvoření tvrdé povrchové vrstvy vytvořené dusíkem. Nitridace vyžaduje až 72 hodin. Zlepšuje také ochranu proti korozi. Vzhledem k namáhání funkčních ploch dílce je dobře provedená nitridace nezbytná.

### **1.5.5 Metalografie**

Metalografie se zabývá vnitřní stavbou kovů a slitin. Jejím cílem je zviditelnění struktury materiálu. Využívá se k tomu světelný nebo elektronový mikroskop. Pomocí metalografie zjišťujeme vztah mezi strukturou materiálu a jeho vlastnostmi i během výroby v podniku. Slouží k hledání vad materiálu a vadných výrobků. [24]

### **1.5.6 Metalografický výbrus**

V praktické části je aplikována analýza mikrostruktury vybraného dílce pomocí metalografického výbrusu a metalografického mikroskopu.

Metalografický výbrus se skládá z odběru vzorku, preparace vzorku, broušení, leštění, leptání. Při odběru vzorku je důležité, aby odebíraný vzorek charakterizoval prověřovaný materiál. V případě vzorků s nehomogenní strukturou je třeba odebrat vzorků více. To je zapotřebí například u litých struktur nebo u tvářených materiálů třeba válcování ingotů. Co se týče zjištění příčiny selhání zařízení např. při porušení lomem, je odebírána vzorek jak z místa poškození, tak vzorek z neporušeného místa. Používají se operace jako řezání, vrtání, frézování, atd. Po vybroušení, vyleštění a naleptání se provede mikroskopické pozorování struktury, kde se bere zřetel hlavně na jednotlivé charakteristické znaky struktury. Jedná se o počet, druh a charakter strukturních složek, stav vzorku po odlití, mechanickém nebo tepelném zpracování, jakost provedení vzorku. Zařízení používané pro identifikaci fází jsou vertikální a metalografické mikroskopy. Potřebné další zařízení jsou brusné papíry, bruska a lešticí zařízení, diamantové pasty, suspenze, leptací činidla. Postup práce pro vyhodnocení mikrostruktury na metalografickém mikroskopu začíná zalitím

vzorku kovu do zalévací hmoty. Následuje broušení a leštění výbrusu, pořízení snímků naleptané mikrostruktury a vyhodnocení. [24]

## **1.6 Zkoušky materiálu**

Při zvyšování nároků na vlastnosti materiálů je nedílnou součástí zavedení různých druhů zkoušek destruktivních, nedestruktivních, technologických. Na vybraném dílci je vykonána řada zkoušek, které jsou zde charakterizovány.

### **1.6.1 Zkoušky tvrdosti a mikrotvrdosti**

Tvrdost je definována jako odpor materiálu proti vnikání geometricky definovaného tělesa označuje se H z anglického „Hardness“ tvrdost. Tvrdost materiálu je ovlivněna stavbou a mikrostrukturou materiálu, vnitřním napětím a teplotou. Zkoušky se dělí dle druhu provedení na statické a dynamické. Statické zkoušky jsou typické pro svoji jednoduchost a jsou používanější. Dynamické zkoušky slouží především ke zjištění makrotvrdosti, proto se nepoužívají pro menší a tenké materiály. Dále je můžeme rozdělit na zkoušky vrypové, vnikací a odrazové. [25]

U zkoušek mikrotvrdosti jsou na rozdíl od zkoušek tvrdosti používána zcela malá zatížení, kvůli vzniku vtisků nepatrné velikosti. Přejedem mezi makro a mikrotvrdostí se uvádí hodnota 19,8 [N]. U mikrotvrdostí se vyžaduje mnohem větší přesnost. Jedna z nejpoužívanějších konstrukcí v ČR je Hanemannův mikrotvrdoměr, jehož vnikacím tělískem je Vickersův jehlan. Pro tyto zkoušky se provádí zejména zkoušky, u kterých je použit diamantové vnikací těleso. Jedná se o zkoušku Knoopovu, Vickersovu nebo Bierkovičovu. [26]

Zkouška dle Rockwella (HR), jejímž zkušebním tělesem je Diamantový kužel s vrcholovým úhlem  $120 \pm 0,5^\circ$  a se zaobleným poloměrem 0,2 mm nebo kalené ocelové kuličky o průměru 1,5875 mm. Principiálně se od Brinella (HB) nebo Vickerse (HV) liší tím, že se tvrdost vyjadřuje hloubkou trvalého vtisku. Metoda dovoluje použít různá zatížení, které se označují dle normy prvními dvěma písmeny HR (Hardness Rockwell) a třetím doplňujícím písmenem A, C, B, N, T dle použitého zatížení a vnikacího tělesa. První zatížení (předběžné) je menší okolo 100 N, následuje větší zatížení (celkové) přibližně 1500 N. V další fázi se zatížení opět sníží na 100 N. Pomocí tvrdoměru se vyhodnotí, o kolik se zvětšila nejvyšší dosažená hloubka oproti původní. Čím větší hloubka, tím menší tvrdost. Rockwellova metoda je velice rozšířená díky své jednoduchosti a pohodlnosti. Používá se

při automatizované a hromadné kontrole výrobků zejména v kalárnách a při nitridování a cementování. Oproti Brinellově a Vickersově zkoušce má tato metoda menší přesnost. [26] [27]

Zkouška tvrdosti podle Vickerse, jejímž výsledkem je tvrdost v jednotkách [HV]. Indentorem této zkoušky je čtyřboký diamantový jehlan s vrcholovým úhlem  $136 \pm 0,5^\circ$ . Tvrdost této zkoušky je vyjádřena jako poměr zkušebního zatížení  $F$  k ploše povrchu vtisku, jímž je jehlan se čtvercovou základnou. Výhoda této zkoušky je v tom, že naměřené hodnoty jsou velmi přesné a vtisky poměrně malé. Je nevhodná pro kovy s homogenní nebo hrubozrnnou strukturou, tj. šedá litina, ložiskové kompozice apod. a plocha musí mít určitou drsnost. [26] [27]

Zkouška mikrotvrdosti podle Vickerse je rozdílná oproti zkoušce tvrdosti podle Vickerse v použití malých zatížení a velikostí vtisků. Při určování mikrotvrdosti se používá stejné vnikací těleso, avšak oproti makrotvrdosti má délka společné hrany mezi protilehlými stěnami menší rozměr. Pro měření mikrotvrdostí se používá zejména Vickersova metoda s Hanemannovým mikrotvrdoměrem. Je možnost určit tvrdost vnitřku a hranic zrn nebo určit tvrdost různých fází u vícefázových slitin. [27]

Knoopova zkouška se díky jejím mělkým vtiskům hodí pro měření tvrdosti tenkých povlaků, kovových fólií a tenkých plechů nebo tenkých kalených povrchových vrstev. Zkouška je podobná Vickersově zkoušce. Liší se tvarem základny vnikacího tělesa. Používá se pro měření mikrotvrdosti. [26]

### **1.6.2 Magnetická prášková metoda**

Magnetická prášková zkouška podle ČSN 01 5015, také nazývána jako Inkkar, slouží k testování povrchových vad u feromagnetických kovových materiálů a je jednou z nejpoužívanějších zkoušek pro zjišťování povrchových vad u polotovarů a výrobků. Zjišťují se převážně trhliny nebo spoje ve svarech případně i vady těsně pod povrchem. Zkoušený díl se zmagnetizuje průchodem elektrického proudu, elektromagnetem nebo vnějším zdrojem. V místě vady magnetické pole vystupuje na povrch. Na povrch součásti se nanese detekční kapalina v podobě feromagnetického prášku. Zrnka prášku jsou pak přitahována do místa vady a následně vyhodnocena dle kritérií přípustnosti. [28]

Indikace vady je způsobena změnou magnetického toku v materiálu, a tím je zvýšen magnetický odpor. V místě vady tedy dochází ke zhuštění a zakřivení magnetických siločar. Nejvíce rozptýlený magnetický tok je u vad, které vystupují na povrch. [27]

Pro indikaci siločar se používá suchý feromagnetický prášek v podobě jemně mletého karbonylového železa a oxidu železnatoželezitého nebo detekční kapaliny ve formě řídkého oleje a petroleje anebo jejich směs, ve které je rozptýlen feromagnetický prášek. Při použití suchého prášku se zmagnetizovaný povrch předmětu popráší a v případě suspenze je povrch předmětu poléván. Přebytek kapaliny stéká do nádoby k případnému dalšímu použití. [27]

Na konci zkoušky je zmagnetovaný předmět odmagnetován v tunelových cívkách napájených střídavým proudem. Předmět k odmagnetování projíždí i v několika cyklech na nemagnetickém vozíku cívkou, ve které dojde k odmagnetování. Je-li útvar až příliš složitý využívá se ručních elektrod.

Magnetickou metodu ovlivňuje především velikost použitého indikačního prášku, připravená magnetická suspenze, barva materiálu a tekutiny, intenzita magnetického pole, sklon materiálu, drsnost povrchu, správný magnetický tok. [27]

### **1.6.3 Barkhausenova metoda**

Metoda využívající Barkhausenův šum. Tento šum je lze popsat jako slyšitelné chrastění či praskání v reproduktoru při vzdalování magnetu od jádra, který souvisí s nespojitostmi v procesu magnetizace u feromagnetického materiálu a závisí na tvrdosti ocelového jádra v cívce. Zkoušku řadíme do nedestruktivních metod zkoušení. Feromagnetické materiály, u kterých se zkouška provádí, jsou charakterizovány jako malé magnetické oblasti (domény). Domény jsou od sebe jednotlivě odděleny a nazývány doménové (Blochovy) stěny. Vnější magnetické pole způsobuje pohyb těchto stěn, kde výsledkem je celková magnetizace vzorku. Související změna magnetizace pak indukuje elektrické pulzy, které zaznamenáváme na monitoru počítače ve formě křivky. Z této křivky lze určit zbytkové pnutí v materiálu. Výsledkem zkoušky je tedy hodnota magnetoelastického parametru (MP). [29]

Magnetoelastický parametr ovlivňuje několik faktorů jako např. velikost zbytkového napětí, metalografická struktura, tvrdost materiálu, chemické složení, tepelné a chemické zpracování, mikrostruktura a nastavení přístroje. [30]

Vady povrchu jako spálení po broušení, špatně zakalené nebo nezakalené hrany, plochy oduhličené oblasti, ovlivňují mikrostrukturu a lze je detekovat magnetoelastickými metodami. Napětí v mikrostruktuře je způsobeno množstvím dynamických jevů v materiálu jako tečení a únava materiálu. Výhoda této zkoušky je časová nenáročnost. Nevýhoda je, že zkouška slouží jenom pro feromagnetické materiály a je to porovnávací zkouška. [29]

## 1.7 Materiálová charakteristika dle normy

Na výrobku, který je analyzován v praktické části, je dle výrobního výkresu použit materiál, jenž je zde specifikován dle normy. Pro materiál jsou charakterizovány základní vlastnosti použití, chemické složení, mechanické vlastnosti a tepelné zpracování.

**Materiál: 31CrMoV9+A** - Materiál 31CrMoV9 značený dle ČSN EN odpovídá po převodu do ČSN materiál 15330

Středně legované oceli pro strojní díly určené k nitridaci. Ocel k zušlechťování a vhodná k nitridování. Užívá se pro nitridované součásti strojů, u nichž se žádá velká povrchová tvrdost při dobré houževnatosti, např. zalomené hřídele leteckých motorů, vačkové hřídele, spojovací součásti energetických zařízení. Optimální průměr zušlechtění je asi 100 mm. Tvrdost nitridační vrstvy je asi 750 HV. Ocel se užívá též na nitridované čepy. Materiálu 31CrMoV9 odpovídá chemické složení, které je uvedeno (viz *Tab. 2*), mechanické vlastnosti (viz *Tab. 3*). Převod značení tepelného zpracování (viz *Tab. 4*). [32] Teploty probíhající při tepelném zpracování (viz *Tab 5*). [33]

*Tab. 2 - chem. složení [31]*

Prvek	Chemické složení v [%]
C	0,27 – 0,34
Mn	0,40 – 0,70
P	≤0,025
S	≤0,035
Si	≤0,4
V	0,1 – 0,2
Cr	2,3 – 2,7
Mo	0,15 – 0,25



Tab. 3 Mechanické vlastnosti Tab. 3 [31]

<b>Mechanické vlastnosti</b>				
průměr d [mm]	16 – 40	40 – 100	100 – 160	160 – 250
Re [MPa]	≥900	≥800	≥700	≥650
Rm [MPa]	1100 – 1300	1000 – 1200	900 – 1100	850 – 1050
A [%]	≥9	≥10	≥11	≥12
Tvrdość [HB]	331 – 380	298 – 359	271 – 331	253 – 319

V případě dílce se jedná především o symbol +A, který znamená „Annealed softened delivery condition“ (žihání na měkko) dle tab. výše

Tab. 4 - převod značení pro TZ [32]

Symbol	Význam	Odpovídající ČSN 42 002
+AR	válcovaný (bez zvláštních podmínek na válcování nebo tepelné zpracování)	.0
+N	normalizačně žiháný nebo normalizačně válcovaný	.1
+AC	žiháný na globulární karbidy	.2
+A	žihání na měkko	.3
+Q	kalený	.4
...	...	...

Tab. 5 - Teploty při tep. zpracování [33]

<b>Tepelné zpracování</b>
kování 1150 až 800 °C
normalizační žihání 800 až 860 °C
žihání na měkko 700 až 740 °C
kalení do vody 830 až 880 °C
kalení do oleje 850 až 890 °C
popouštění 550 až 650 °C
nitridování asi 500 °C

## **1.8 Druhy kontrol**

Základní typy kontrol, se kterými se můžeme v praxi setkat, a každá výrobní organizace si jejich náročnost stanovuje dle vlastního výrobního procesu, se rozdělují na 3 základní druhy. Jedná se o kontrolu vstupní, mezioperační a výstupní. Pomocí kontroly lze také preventivně předcházet negativním jevům v procesu.

### **1.8.1 Vstupní kontrola**

Podle vnitropodnikových směrnic na počátku výroby probíhá kontrola všech komponentů výrobků. Dle směrnic podniku je dán i způsob kontroly. Např. u velkovýroby a sériové výroby nejsou kontrolovány všechny kusy, protože by to bylo nevýhodné. Používá se metoda náhodného výběru, pokud náhodně vybrané kusy nevyhovují předepsaným požadavkům je celá dodávka vrácena dodavateli. [34]

### **1.8.2 Mezioperační kontrola**

Při mezioperační kontrole (výrobní kontrole, samokontrole) se provádí průběžná kontrola vyráběných dílů, jestli odpovídají příslušné výrobní dokumentaci. Je v pravomoci každého pracovníka výroby. [35]

V každé firmě se mezioperační kontrola liší dle vyráběného sortimentu a dle požadavků kvality. Podle typu kontroly se používají různé druhy měřících přístrojů např. posuvná měřítka, úchylkoměry, posuvná měřítka, váhy, porosimetry (měření kvality laku). Žádný výrobní proces není dokonalý a v jeho průběhu se mohou vyskytovat výrobky s vadami. Pro jejich odhalení se v různých fázích výroby provádí mezioperační kontrola kvality. Mezioperační kontrola se provádí k odhalení výrobků, které obsahují vady. [36]

### **1.8.3 Výstupní kontrola**

Výstupní kontrola má za cíl zabránit tomu, aby poškozené výrobky byly dodány zákazníkovi. Mnohde hraje výstupní kontrola nejdůležitější roli. Kontrola se zaměřuje na finální výrobek. Kontrola jako taková nesnižuje počet neshodných výrobků. [5]

## II. Praktická část

## 2 Produkt pro zhodnocení systému kontroly

Kapitola slouží k seznámení s dílcem (viz *Obr. 1*), který je předmětem této bakalářské práce, a to zejména pro analýzu kontroly tohoto dílce. Dle zadání je dílec tepelně zpracován a jsou na něm vykonávány různé operace kontrol, ať už se jedná o vstupní, mezioperační nebo výstupní kontrolu z pohledu materiálu, na které se zaměřím v dalších kapitolách. Po konzultaci s pracovníky kontroly a technologie byl zvolen dílec s názvem kolo dělené nebo „GE kolo“. Jedná se o ozubené kolo, které je složeno ze dvou dílů a pomocí ozubení přenáší krouticí momenty. Výroba kola byla přesunuta z USA firmou General Electric Company (GE) do České republiky, proto jsou v práci někdy uváděny Americké normy (ASTM). Zákazník GE se specializuje především na oblast dopravy. Ozubená dělená kola, tedy vybraný dílec, který je předmětem této práce, je určen do motorů jako součást klikového hřídele do diesel - elektrických lokomotiv (viz *Obr. 2*) v USA. Stručný výrobní postup GE kola je umístěn v příloze. Jsou zde aplikovány technologické operace jako soustružení, frézování, broušení a také tepelné zpracování.



*Obr. 1 - GE kolo*



*Obr. 2 - diesel - elektrická lokomotiva*

### 2.1.1 Konstrukční charakteristika součásti

Zde jsou uvedeny základní parametry dílce. Také je zde uvedena část výkresu z výrobního výkresu (viz *Obr. 3*).

**Součást má charakteristické rozměry:**

**Modul ozubení:**  $m = 5,08 \text{ mm}$

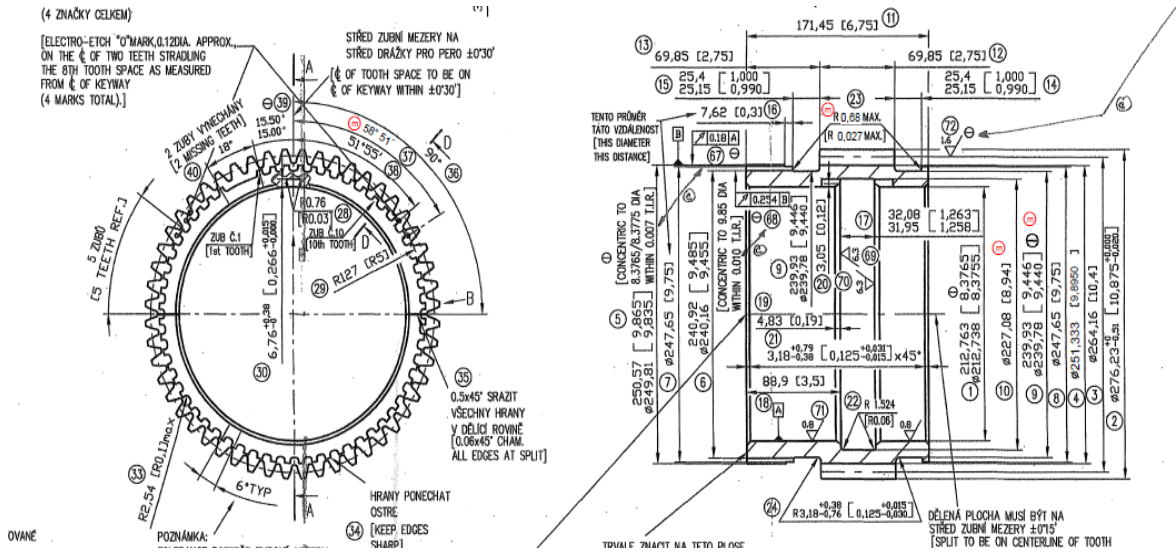
**Počet zubů:**  $z = 52$

**Hlavový průměr:**  $D_a = 278,225 \text{ mm}$

**Patní kružnice:**  $D_f = 251,333 \text{ mm}$

**Střední aritmetická odchylka profilu (Ra):**  $0,8 - 6,3 \text{ } \mu\text{m}$

## Název: KOLO GE



Obr. 3 - Ukázka součásti dle výr. výkresu

### 2.1.2 Materiálová charakteristika dle dílce

**Materiál:** 31CrMoV9+A

Charakteristika materiálu specifikovaná požadavky firmy General Electric, kde byla zahájena původní výroba tohoto výrobku, jenž byla následně přesunuta do Wikov MGI. Dle tavební analýzy zaznamenané v inspekčním certifikátu 3.1 je chemické složení uvedeno (viz Tab. 5).

Tab. 5 - chemické složení dle tavební analýzy

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Al	V	N	H	O	Ca
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm
0,27	0,4	-	-	-	2,3	-	-	0,15	-	0,1	-	-	-	-
0,34	0,7	0,4	0,03	0,03	2,7	-	0,3	0,25	0,05	0,2	-	-	20	0
0,33	0,58	0,255	0,02	0,017	2,58	0,05	0,02	0,212	0,019	0,124	0,006	1,10	0,002	-

### Mechanické vlastnosti dle výkresu:

Povrchová tvrdost 687 HV<sub>0,5</sub> (měřena na příčném řezu vzorku)

Zušlechtěno na tvrdost 300 – 355 HV

Dílec má speciální požadavky na materiál viz kap. 10.3.

## 2.2 Charakterizace vybraného podniku

Přesně 22. prosince 1918 vznikla firma Prostějovské továrny na stroje Wichterle & Kovářik, akciová společnost. Tímto sloučením vznikla největší československá továrna na výrobu zemědělských strojů. Závod se rozkládal na ploše 250 000 m<sup>2</sup> a zaměstnával 2 000 dělníků a 150 úředníků. Značku Wikov vzkřísil v roce 2004 Martin Wichterle, kdy nově zakoupené firmy ČKD Hronov a Škoda Gear z Plzně přejmenoval na Wikov MGI a Wikov Gear. Tím se začala psát novodobá historie firmy. Působí ve strojírenství více než 130 let. Přes 100 let je tradičním výrobcem ozubených kol a mechanických převodovek. [37]

Firma disponuje kalíciemi lisy pro kalení kol do průměru 1 200 mm, ozubených věnců a prstenců. Vše je zaznamenáváno v protokolech o tepelném zpracování. V úseku kvality se provádí zkoušky materiálu. Ultrazvukové, magnetická prášková metoda, chemická analýza, mechanické zkoušky na tah a vrubovou houževnatost. Pro měření vibrací, hluku, teploty, otáček a odladění převodovek se provádí záběhový test převodovek. Tyto testy jsou standardně prováděny se zatížením i bez a se simulací dynamického zatížení. K dispozici k obrábění jsou jak klasické konvenční stroje, tak i číslicově řízené stroje, víceosá obráběcí centra, portálové frézky a karusely, brusky na ozubení pro rotační i rovinné díly. Nachází se zde středisko tepelného zpracování a souřadnicových měřících strojů (CMM). Firma je držitelem certifikátu ISO. [38]



Obr. 4 - struktura společnosti [38]

### 2.2.1 Výrobní sortiment a profil společnosti

Mezi hlavní výrobní sortiment patří kolejová vozidla, a různé druhy pohonů. Pohony tramvají, jednotek metra, jednotek monorail, elektrických jednotek, motorových jednotek, pohony náprav lokomotiv, pohony trolejbusů, elektrobusesů, hybridních busů, pohony turbín větrných elektráren, turbín podmořských přílivových elektráren. Dále se firma zaměřuje na výrobu pohonů pro tepelnou energetiku, cementárny a zpracování surovin, povrchové a hlubinné doly, těžbu ropy a plynu, lodní průmysl, gumárenský a chemický průmysl, metalurgický průmysl, rychloběžné aplikace, větrnou a přílivovou energetiku a vodní energetiku. Ukázka výrobku z výrobního sortimentu (viz *Obr. 5*) hlavní budova (viz *Obr. 6*) firmy.



*Obr. 5 - převodovka pro kolejová vozidla [38]*



*Obr. 6 - technicko - hospodářská budova firmy [38]*

### **2.2.2 Požadavky na materiál od General Electric pro Wikov MGI**

Zákazník firma General Electric, pro něž je výrobek určen stanovila speciální požadavky na materiál na výrobu kola pro firmu Wikov MGI. Tyto požadavky Firma Wikov přebírá a požaduje splnění požadavků na materiál po dodavateli výchozího materiálu Třinecké Železářny a.s. a v další řadě po firmě Kovárny a.s, která výchozí materiál předzpracovává pro firmu Wikov MGI. V objednávce musí být vždy odeslán předpis požadavky na materiál, který obsahuje informace o požadavcích na polotovary, čistotu, chemické složení a další speciální požadavky. Požadavky pro vstupní materiál jsou uvedeny níže. Normy jsou uvedeny dle ASTM (American Society for Testing and Materials), jelikož požadavky jsou formulovány zákazníkem z USA, kde tyto normy využívají.

#### **Požadavky na polotovar**

Jako výchozí polotovar musí být použit výkovek a Rozmezí kalitelnosti musí souhlasit s H – pásmem požadovaným v ASTM A304. Žádná část výrobku nesmí být svařovaná, ani opravovaná zavařením.

#### **Požadavky na čistotu**

Výchozí materiál pro výkovky, musí být vakuově odplyněn, výkovky musí odpovídat ložiskové čistotě oceli dle ASTM A866, laboratoř akreditovaná k provedení zkoušky musí vystavit certifikát o zkoušce, další postup viz norma ASTM E45 použitá metoda A.

#### **Požadavky na Chemické složení**

Jsou dány dle materiálové normy ASTM A866, ocel nesmí být odkysličována, materiály na bázi vápníku (Ca), omezení obsahu síry na 0,025 % dle požadavků na výkresu, omezení vyplývající z ASTM A 866 na obsah Cu, O, Al

#### **Požadavky na dokumentaci, v certifikátu musí být uvedeno**

Číslo tavby, dávky, potvrzení použité technologie vakuového odplynění výchozího polotovaru pro výkovek, potvrzení, že ocel nebyla deoxidována, materiály na bázi vápníku (Ca), chemické složení materiálu, odebrání a měření vzorků dle ASTM E45 metodou A, vyhodnocení vzorků dle ASTM A866, předložena akreditace k provedení zkoušky, podpis a razítko a oprávněné osoby. Ocelové normy ASTM jsou nástrojem třídění, vyhodnocení a určení materiálu, chemické, mechanické a metalurgické vlastnosti různých druhů ocelí, které se používají především při výrobě mechanických součástek.



## 2.3 Inspekční certifikát 3.1

Je třeba brát ohled na inspekční certifikát 3.1, který dokazuje, že jsou splněny požadavky objednávky. Výchozí materiál je nejdříve zpracován ve firmě Moravia Steel a.s. (Třinecké Železářny), ze které putuje do Kováren a.s., a až poté k výrobcí děleného kola Wikov MGI. Proto je nutné prověřit všechny materiálové certifikáty od obou firem. Požadavek na chemické složení zajišťuje první výchozí firma Moravia Steel a.s., která dodá hutní materiál pro výrobu výkovku do kováren. Kompletní inspekční certifikáty jsou umístěny v příloze č.2

### **Inspekční certifikát 3.1 od Třineckých Železáren a.s.**

První inspekční certifikát 3.1 je vyhotoven firmou Třinecké Železářny a.s. V prvním kroku je proveden záznam z tavební analýzy chemických prvků materiálu od dodavatele oceli Moravia Steel a.s. Požadavek na chemické složení především obsah síry je splněn podle předpisu a požadavků firmou General Electric, pro něž je výrobek určen. Firma Třinecké Železářny dodá materiál kovárnám, včetně definovaného tepelného zpracování. Materiál je 31CrMoV9+AR, +AR znamená, že materiál je válcovaný (bez zvláštních podmínek na válcování nebo tepelné zpracování) viz *Tab. 4* [32]. Materiál tedy odpovídá předpisům objednávky. Definuje rozměr polotovaru včetně tvaru, rozměru a povrchu, který odpovídají předpisům v objednávce. Dále je zde uvedeno označení tavby č. 28608, počet kusů v jedné tavbě (15 ks), způsobu výroby ingot, hmotnost tavby (22 000 kg), chemické složení. V mechanických hodnotách certifikátu 3.1 nalezneme, že bylo provedeno vakuování, test na povrchové vady. Také je uveden tvářecí stupeň 4.2, prokalitelnost, čistota dle ASTM E45 dle požadavků na materiál. Také vyhovuje předpisům objednávky. V Inspekčním certifikátu 3.1 (viz *Tab. 7*) jsou uvedené rozměry polotovarů, mechanické operace provedené dle požadavků na materiál, prokalitelnost a čistota.

Tab. 7 – Úryvek z Inspekčního certifikátu 3.1 firmy Moravia Steel

Popis výrobku / Rozměry / Tolerance				
Tyče kruhové D = 200 mm (průměr) + 2,500 - 2,500				
L = 5 - 6 m (délka)				
Přímost tyčí 0,400 %				
Chemické složení v % odpovídá předchozí tabulce				
Mechanické hodnoty				
B07 tavba	D56 Pěchovací zk.	D57 Oduhličení	C54 Mikročistota	C57 Velikost zrna
C30 Tvrdost HB	C93 Vakuování	D53 Kontrola totožnosti	D54 Povrchové vady	D61 Stupeň protváření
	ano		provedena	4,2
Prokalitelnost C55	mm	1,5 3 5 7 9 11 13 15 20 25 30 35 40		
	HRC	52 51 50 50 50 50 50 50 50 49 48 46 45		
Mikročistota Typ A (ASTM E45 A)		Typ B		Typ D
	tenký	hrubý	tenký	hrubý
	0,8	1,0	0,0	0,0
				1,0
				0,0

### Inspekční certifikát 3.2 od Kováren a.s.

Druhý inspekční certifikát 3.1 od firmy Kovárny a.s. definuje materiál dodané oceli, také jeho formu tepelného zpracování. Materiál 31CrMoV9+A, +A znamená, že je žíhaný na měkko. Typ polotovaru je výkovek. Je splněn výchozí požadavek na materiál a polotovár firmy Wikov. Je zde uvedeno číslo tavby 28608, které musí být shodné s předchozím certifikátem, jelikož je to stejná tavba. Množství dodaných kusů (34 ks). Je zde vyhodnocena čistota dle ASTM E – 45 metodou dle ASTM A 866 (viz Tab. 8), která je vyhodnocena výsledkem vyhovující. Tím je splněn další požadavek na materiál.

Tab. 8 - Hodnocení čistoty od Kovárny a.s. pro Wikov MGI

Číslo vzorku	Typ A		Typ B		Typ C		Typ D	
	jemný	hrubý	jemný	hrubý	jemný	hrubý	jemný	hrubý
1	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
2	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
3	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
4	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
5	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
6	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
průměr	0,83	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00

Dodané výrobky obou firem vyhovují požadavkům objednávky. Materiál putuje nejdříve z firmy Moravia Steel a.s. do Kováren a.s., proto má Kovárna také požadavky na materiál, které musí firma Moravia Steel splnit, aby bylo možné splnit požadavky firmy Wikov. Proto jsou zde uvedeny parametry z inspekčního certifikátu 3.1 firmy Moravia Steel, který splňuje požadavky objednávky Kováren a.s. celý certifikát je umístěn v příloze č.2.

## 2.4 Tepelné zpracování dílce – „GE kolo“

První operací tepelného zpracování výrobku ve firmě je proces zušlechťování, tedy kalení a popouštění. Dílec se uloží do pece včetně zkušebnímu kusu. V první fázi dochází k přehřevu na menší než kalící teplotu, ve kterém dílec setrvá. Poté je zvýšena teplota na kalící teplotu, ve které dílec setrvá v rozmezí 1,75 – 2,5 hodiny. Další operací je popouštění na vysoké teploty, která se odvíjí po zjištění tvrdosti po kalení. Podle toho se zvolí čas popouštění a výdrž. Požadovaná tvrdost po operaci popouštění je okolo 304 – 350 [HBW]. Následně se dílec chladí v olejové lázni. Na konci procesu se provádí kontrola po tepelném zpracování. Dílec je poté určen k dalším operacím pro obrábění.

Dalšími operacemi tepelného zpracování po obráběcích procesech jsou normalizační žíhání a popouštění na vysoké teploty. Žíhání se provádí ke snížení vnitřních pnutí výrobku. Dílec včetně zkušebnímu kusu se založí do žíhací pece s vířením atmosféry. Ochlazení probíhá na vzduchu. Všechny průběhy teplot se zaznamenávají.

Poslední operací tepelného zpracování je Nitridace. Před nitridací je třeba provést technologické úpravy jako použití nátěrů proti nitridaci určitých ploch ochrannou pastou. Kolo se opět vloží se zkušebními vzorky do pece pro nitridování. Nitridace se provádí pomocí vpouštění čpavku. Nitriduje se okolo 100 hodin. Dalšími náležitostmi operace jsou kontroly teplot, průtoků čpavku a disociace čpavku, vyplachování dusíkem a podrobná dokumentace operace.

## 3 Analýza kontroly

Kapitola se zabývá mapováním kontroly materiálu vybraného dílce ve firmě. Zabývá se vstupní, mezioperační kontrolou po obrábění, tepelném zpracování a výstupní kontrolou.

### 3.1 Analýza vstupní kontroly

Vstupní kontrola by měla být schopna identifikovat co nejvíce parametrů stanovených v požadavcích na materiál především ty nejpodstatnější, abychom zabránili případným neshodám ve výrobě a měli jistotu, že veškerý materiál, co projde přes vstupní kontrolu do výroby je v pořádku.

V případě dílce ve firmě není brán na vstupní kontrolu materiálu příliš velký důraz. Spoléhá se na stanovenou důvěru mezi zákazníkem a dodavatelem, který je držitelem certifikátu ISO. Dle názoru pracovníků je otázkou, zda je ekonomicky výhodné zavádět vstupní kontrolu konkrétně pro zvolený dílec. Firma musí zajistit kvalitního a důvěryhodného dodavatele. Stanovení kvalitního dodavatele však není možné ověřit, pokud firma neprovede účinnou materiálovou kontrolu, která při vstupní kontrole není. Podrobná rozsáhlá vstupní kontrola by pak zvyšovala cenu finálního výrobku.

Kontroluje se pouze inspekční certifikát. Další důležité kroky, které probíhají po vstupní kontrole, jsou označení materiálu, k rychlé identifikaci a případné dohledatelnosti při problémech a reklamacích. Ve firmě je přesně definovaný kontrolní plán dílce, který se vytvoří na oddělení kvality a podle plánu se kontrolní operace řídí od vstupní kontroly až po výstupní kontrolu.

Vstupní kontrola převezme od dodavatele s každou novou materiálovou šarží materiálu dle ČSN EN 10 204 dokument kontroly. Pomocí tohoto dokumentu dodavatel zaručuje kvalitu dodávky. Dokument kontroly obsahuje veškeré informace o dodaném materiálu. Certifikáty se kontrolují vizuálně, a to každý certifikát. Dále se zaznamenávají do systému Axapta, který slouží k řízení a plánování firemních zdrojů. Tento systém zaznamená, že došlo k uvolnění výrobní dávky. V *Tab. 8* je uveden záznam z kontrolního plánu ze vstupní kontroly.

### **3.1.1 Vstupní materiál**

Vstupního materiál není firmou Wikov MGI a.s. prověřován ani testován z hlediska materiálových vlastností. Pro vstupní materiál je nezbytné, aby splňoval požadavky na materiál, které jsou uvedeny v předchozí kapitole a potvrzeny v inspekčním certifikátu 3.1.

Vzhledem k tepelným a obráběcím operacím provedeným na dílci je pro vstupní materiál s ohledem k výrobě důležité dodržení chemického složení a uspořádání mikrostruktury, jenž může mít vliv na proces zušlechťování (kalení a vysokoteplotní popouštění viz teoretická část) a obrábění. Chemické složení se vztahuje na jednu tavbu. Obsah uhlíku ovlivňuje tvrdost a prokalitelnost vrstvy. Dle tavební analýzy v inspekčním certifikátu 3.1 je obsah uhlíku 0,3 hmotn. %, což je v souladu s obsahem uhlíku dle normy pro daný materiál 31CrMoV9 (viz teoretická část). Pokud by obsah uhlíku neodpovídal předepsané hodnotě, negativně by uhlík ovlivnil tvrdost a prokalitelnost povrchu dílce. Dle požadavků je důležité, aby vstupní materiál nebyl odkysličován a materiál byl na bázi vápníku (Ca). Dále je nutné, aby materiál měl omezený obsah síry na 0,025 hmotn. %. Obsah síry je splněn dle tavební analýzy v inspekčním certifikátu. Obsah síry odpovídá 0,008 hmotn. %. Je nutné, aby měl vstupní materiál chemické složení stanovené dalšími požadavky na chemické složení. Obsah mědi (Cu), kyslíku (O), hliníku (Al), které jsou stanoveny v požadavcích, aby odpovídali ložiskové čistotě dle normy ASTM A866. Dle inspekčního certifikátu 3.1 je potvrzeno dodržení požadavku na hmotnostní procentní obsah chemických prvků v materiálu. Dále má chemické složení vliv na tvrdost a hloubku nitridační vrstvy a také na rychlost disociace amoniaku (rychlost štěpení) při nitridaci. Zejména vodík má negativní vliv na proces disociace. Obsah vodíku dle tavební analýzy je 1,1 ppm.

Pro vstupní materiál je rovněž důležitý stav mikrostruktury. Výchozí materiál už je tepelně před upraven dodavatelem Kovárny a.s. dle požadavků na materiál operací žiháním na měkko. Dle požadavků na materiál je v inspekčním certifikátu 3.1 vyhodnocena mikročistota dle norem uvedená v kapitole (inspekční certifikát), kde splňuje požadavky dle normy. Pokud by mikrostruktura nebyla vyhovující, měla by negativní vliv na obrobiteľnosť.

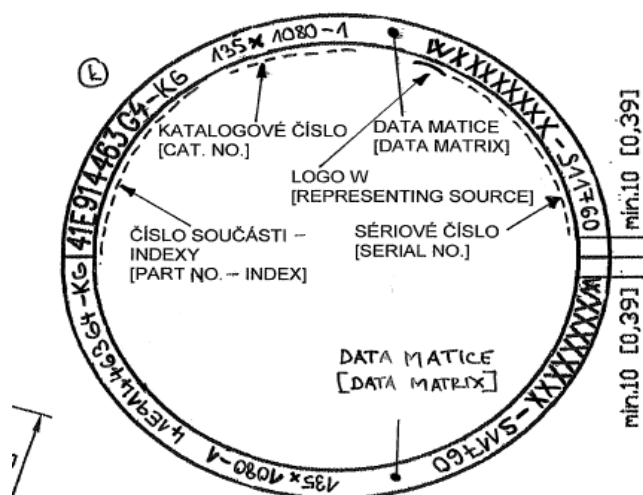
### **3.1.2 Označení polotovaru a zkušebního kusu**

Z výrobní dávky jsou vybrané zkušební kusy, u kterých se musí zajistit zkušební vzorek, v našem případě se upíchno u testovaného materiálu pro dílec mezikruží v šířce

30 mm. Mezikružší musí být řádně označeno číslem tavby a pořadovým číslem položky za přítomnosti oddělení řízení jakosti. Dále se značí vyráběný dílec. Na čelo se razí pořadová čísla podle řízení jakosti. Číslo se razí na obě poloviny děleného kola. Kvůli identifikaci obou dílů a zpětné dohledatelnosti. Kde v případě reklamací a poškození součásti se může zpětně dohledat až na vstup procesu, zda došlo k pochybení na straně výrobce. Značení dílce je uvedeno (viz Tab. 8) . Umístění dat (viz Obr. 7)

Tab. 8 - značení dílce

Na dílec se razí:	Poznámky	
1. Katalogové číslo		
2. Data matice	dle specifikací	
3. Číslo součásti	představuje výkresové číslo dílu př. 08 - 000855	
4. Sériové číslo	Označení - S11760	1. číslice - rok výroby
		2. číslice - měsíc výroby
		3. číslice - pořadové číslo
5. Logo firmy	identifikace výrobce	
6. Datum matice		



Obr. 7 - Popis identifikace kusu

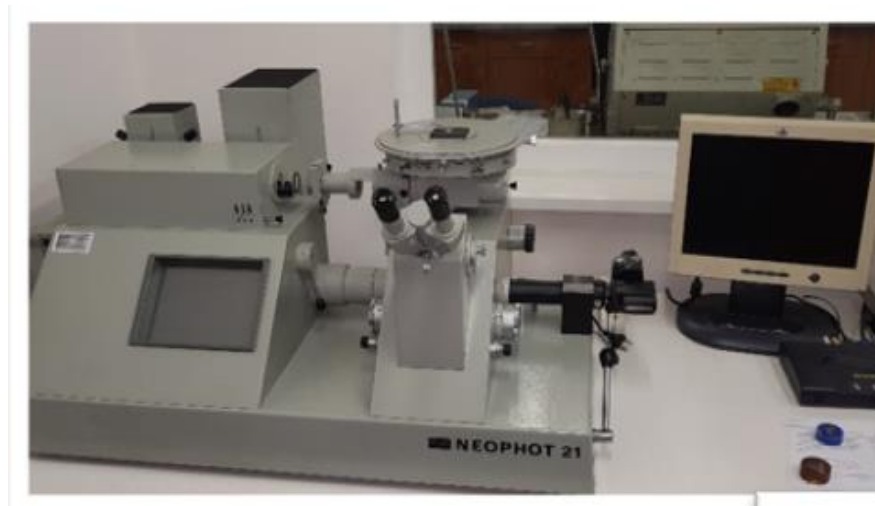
## 3.2 Analýza mezioperační kontroly

Při mezioperační kontrole se zaměříme především na kontrolu před nebo po technologických operacích, zejména obrábění nebo tepelném zpracování. Ve firmě se provádí kontrola z hlediska materiálu jak po obrábění konkrétně broušení, tak i po tepelném zpracování. Při nebo mezi technologickými operacemi jako soustružení, frézování se žádná kontrola materiálu dílce neprovádí.

### 3.2.1 Kontrola mikrostruktury po TZ

Zkouška Mikrostruktury vychází z normy dle ČSN ISO 6 336 – 5. Tato část normy č.5 popisuje: Údaje o pevnosti a kvalitě materiálů a ISO 6 336 popisuje napětí v dotyku a ohybu a uvádí pro ně číselné mezní hodnoty. Jsou specifikovány požadavky na kvalitu a tepelné zpracování materiálu, spolu s uvážením jejich vlivu na obě mezní hodnoty.

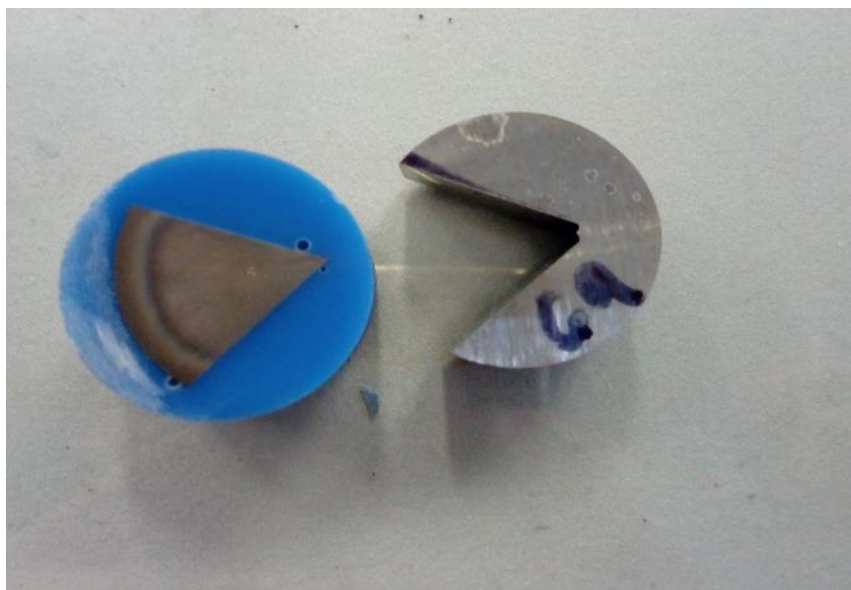
Zkouška se provádí po nitridaci pomocí metalografického mikroskopu, podle kterého se vyhodnocuje mikrostruktura zkušební vzorku dle normy. Více podrobností o metodě viz teoretická část. Kontroluje se každá pátá dávka, které přísluší zkušební vzorek a výsledek se zaznamenává do protokolu mikrostruktury.



*Obr. 8 - metalografický mikroskop neophot 21 Carl Zeiss ve Wikov MGI*

Pomocí metalografického mikroskopu (viz Obr. 8) se provede na zkušebním vzorku materiálu, který byl spolu s dílcem tepelně zpracován metalografický výbrus. Kontrolují se tři oblasti zkušební vzorku. Oblast hranice nitridační vrstvy s vrstvou nenitridovanou,

vrstva nenitridovaná, a oblast jádra. Obrázky oblastí a vzorku včetně vyhodnocení jsou uvedeny níže.



*Obr. 9 - zkušební vzorek pro vyhodnocení mikrostr. a nitr. vrstvy*

zkušební vzorek (viz *Obr. 9*) pro vyhodnocení mikrostruktury a nitridační vrstvy  
Postup přípravy vzorku pro kontrolu mikrostruktury je popsán v teoretické části.



*Obr. 10 - mikrostruktura hranice nitr. vrstvy a nenitr. vrstvy*

mikrostruktura hrubozrného heterogenního dusíku viz (viz *Obr. 10*) vyhodnocená jako silně nadprůměrná 7,5 $\mu$ m. Velikost zrna 6 a lepší dle ČSN EN ISO 643.





*Obr. 11 - mikrostr. vrstvy nenitridované*

Mikrostruktura hrubozrnného heterogenního dusíku (viz *Obr. 11*). Vyhodnocením pro tuto strukturu je, že ve vrstvě jsou vyloučeny nitridy a lamely  $\epsilon$  - fáze.



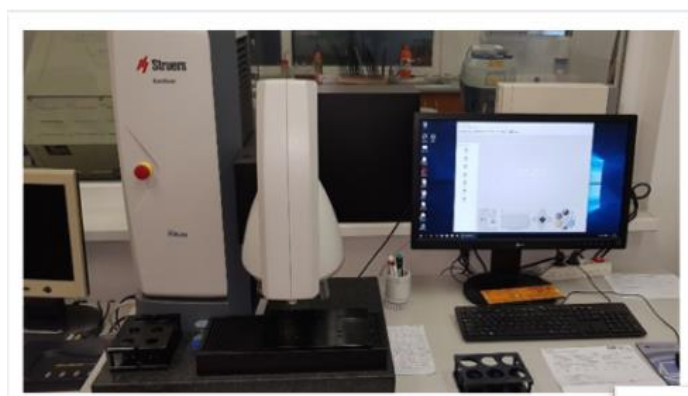
*Obr. 12 - mikrostruktura jádra*

Vyhodnocení pro mikrostrukturu jádra je, že bainit a perlit se zde nevyskytují a volný ferit není obsažen.

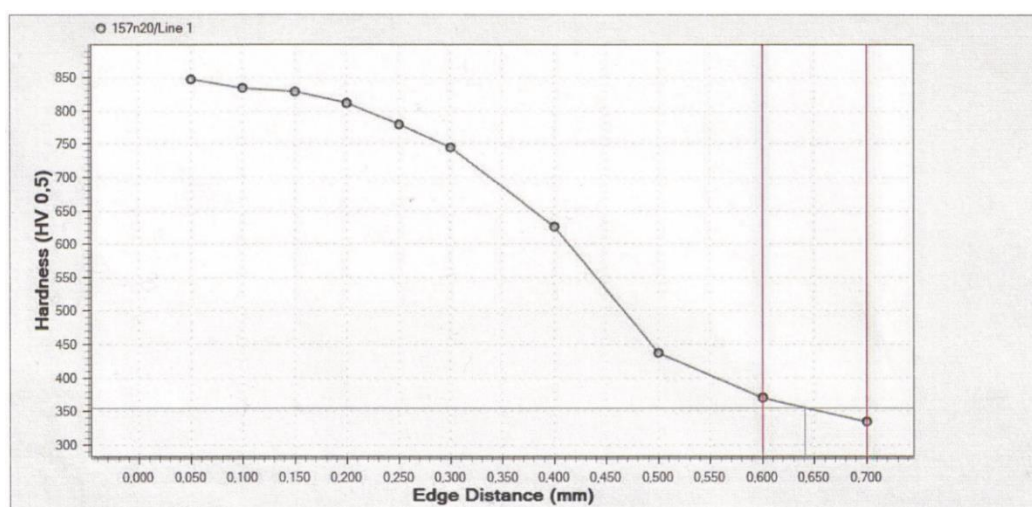
### **3.2.2 Kontrola nitridační vrstvy**

Mikrotvrdoměr - Struers DuraScan – 50 (viz *Obr. 13*) v metalografické laboratoři, slouží k zjišťování tvrdosti cementační a nitridační vrstvy v závislosti na tloušťce. Pro náš vybraný dílec, na kterém byla zjišťována tvrdost nitridované vrstvy v závislosti na její

tloušťce, platí níže přiložený graf na *Obr. 14*. Vzorek se testuje měřícím zařízením a je kontrolován jeden kus z každé výrobní dávky. Na vzorku se dělají body směrem od povrchu materiálu směrem k jádru, které souhlasí s body vyznačenými v grafu. Je to graf, který zobrazuje závislost tvrdosti podle Vickerse na hloubce nitridační vrstvy. Předepsaná minimální tvrdost byla 687 [HV] a tloušťka vrstvy dle výkresu 0,45 – 0,55 mm, technologická hloubka 0,60 – 0,70 mm. Hodnoty můžeme orientačně porovnat s grafem níže.



*Obr. 13 - Mikrotvrdoměr DuraScan - 50*



*Obr. 14 - Vyhodnocení - nitridační vrstvy*

V grafu (viz *Obr. 14*) vidíme významné body, pro které se určují vlastnosti. Pro přehlednost jsou uvedeny v tabulce. Z grafu nebo tabulky (viz *Tab. 11*) lze vyčíst, že požadovaná minimální tvrdost je nižší než vyhodnocená tvrdost na vzorku. Tvrdost nitridační vrstvy je tedy v pořádku. Je obecně známo, že tvrdost v závislosti na nitridační hloubce klesá, což je možné vyčíst i z grafu nebo tabulky.

Tab. 11 - vyhodnocení nitridační vrstvy

vzorek	vrstva	vzdálenost	tvrdost	metoda	objektiv
157n20	vrstva 1	0,05	848	HV 0,5	50x
157n20	vrstva 1	0,1	834	HV 0,5	50x
157n20	vrstva 1	0,15	829	HV 0,5	50x
157n20	vrstva 1	0,2	812	HV 0,5	50x
157n20	vrstva 1	0,25	780	HV 0,5	50x
157n20	vrstva 1	0,3	745	HV 0,5	50x
157n20	vrstva 1	0,4	626	HV 0,5	50x
157n20	vrstva 1	0,5	437	HV 0,5	50x
157n20	vrstva 1	0,6	370	HV 0,5	50x
157n20	vrstva 1	0,7	334	HV 0,5	50x
157n20	jádro	7,6	323	HV 0,5	50x
157n20	jádro	7,1	314	HV 0,5	50x
157n20	jádro	7,6	310	HV 0,5	50x

### 3.2.3 Kontrola tvrdosti jádra

Na rozdíl od kontroly nitridační hloubky, kde se zaznamenává tvrdost na zkušebním vzorku, u měření tvrdosti jádra na přístroji (viz Obr. 15) se tvrdost měří přímo na ozubeném kole zkouškou tvrdosti podle Rockwella. Tvrdost jádra je kontrolována na každé páté výrobní dávce a celý průběh této kontroly se zaznamenává do měřícího protokolu.



Obr. 15 - stroj pro měření tvrdost ve Wikov MGI

Přístroj (viz Obr. 15) se používá pro měření tvrdosti dle Rockwella na našem vybraném dílci. Je možné vyměnit zkušební těleso a měřit tvrdost podle jiných metod.

Zkušební dílec se položí na pracovní plochu a vnikacím tělesem ve tvaru kuželu se provede vtisk a vyhodnotí se, zda tvrdost odpovídá předepsané hodnotě 30 – 36 HRC a údaj se zaznamená do měřicího protokolu.

#### **3.2.4 Kontrola pomocí magnetické práškové metody**

Po kontrole tvrdosti vybraný dílec putuje do zkušebny, jenž je vybavena strojem, pomocí kterého se provádí magnetická prášková metoda na detekci mikrotrhlin a vnitřních vad materiálu. V našem případě se kontrolují povrchy zubů po broušení. Kontroluje se 100 % všech vyrobených kusů z každé dávky a záznam se zaznamenává do měřicího protokolu. Pracovník pro obsluhu stroje používá ruční elektromagnet REM 230, který je určen pro nedestruktivní zkoušení feromagnetických výrobků.

#### **3.2.5 Kontrola broušených ploch („spálených míst“) - Barkhausen**

Ke kontrole broušených ploch, zejména ozubení. Při použití Barkhausenovi metody se používá měřicí přístroj Rollscan 300 (viz *Obr. 16*). Rollscan je digitální analyzátor Barkhausenova šumu. Slouží jak k ruční analýze, tak je základem každého automatizovaného zařízení. Cílem této metody je korelace mezi podmínkami broušení, zbytkovými napětími, strukturou a magnetoelastickým parametrem. Tato metoda není součástí kontrolního plánu vybraného dílce, nicméně se namátkově používá po určité době ke kontrole broušených ploch ozubení. Analyzátor Rollscan 300 je rychlý a snadný způsob, jak zlepšit kvalitu produktu. Je určen pro kontrolu kvality povrchu a testování vad na povrchu, jako jsou popáleniny při broušení, zahrnující změny napětí a mikrostruktury u feritických ocelí a jiných feromagnetických materiálů. Díky široké škále senzorů lze kontrolovat čepy pístů, ozubená kola, ložiskové kroužky a válečky, vačkové hřídele a dalších mnoho částí.



*Obr. 16 - Rollscan 300*

### **3.3 Analýza výstupní kontroly**

Výstupní kontrola je poslední kontrolní operace před expedicí výrobku k zákazníkovi. Jejím cílem zkontrolovat, aby výrobky po celém výrobním procesu nebyly nijak poškozené a byly vyexpedovány v pořádku.

#### **3.3.1 Kontrola poškození povrchu**

Kontrola je velice jednoduchá. Záleží hlavně na poctivosti kontroly ze strany pracovníka, protože kontrola je vizuální a pracovní plochy se musejí důkladně, každý zubu z každé strany. Kontroluje se jeden kus z výrobní dávky. Nedělá se žádný záznam ze zkoušky.

## **4 Návrh umožňující kvalitnější proces kontroly**

V kapitole je seznámeno s hodnocením celého procesu a následným návrhem metodik ke zlepšení celého procesu.

### **4.1 Technické zhodnocení**

Stávající stav kontroly vybraného dílce ve Wikovu není dle analýzy a konzultace s pracovníky vyhovující. Vstupní materiál včetně požadavků v objednávce nelze důkladně otestovat a splnění požadavků tak prověřuje pouze dodavatel. Wikov je tedy odkázán na důvěryhodnost dodavatele. Zařízení k ověření potřebných vlastností materiálu jsou ve firmě k dispozici, a proto je škoda je nezařadit do procesu kontroly. Firma na vstupu procesu kontroluje pouze materiálový certifikát, což by mohlo vést k možnému vzniku pochybení ve výrobě z důvodu rizika dodání neadekvátního materiálu. Firma už na vstupu procesu ztrácí kontrolu nad materiálem. Při dalších kontrolách jako mezioperační nebo výstupní se již předpokládá, že je materiál v pořádku a není třeba se zabývat jeho kvalitou. Není možné zjistit, zda dodaná šarže materiálu je v pořádku, pokud by vadný materiál nezpůsobil nesprávnosti ve výrobě.

Požadovaná jakost výrobku, a na ní závislá zmetkovitost je ovlivněna kvalitou dodané šarže materiálu od dodavatele. Pokud dodavatel z nějakého důvodu (omyl, lidský faktor) doručí vadnou dávku, pravděpodobně by měl Wikov velký problém. V lepším případě by se vadný materiál identifikoval při mezioperační kontrole. Operace jako tepelné zpracování a obrábění jsou finančně nákladné a identifikace vadného materiálu až ve výrobě by znamenalo ekonomické ztráty. V horším případě při nezjištění vadného materiálu během

výrobního procesu by hrozilo vyexpedování výrobků zhotoveného z vadné šarže materiálu k zákazníkovi. U zákazníka vadné výrobky při začlenění do provozu mohou zapříčinit riziko možné havárie a kolize.

Škody způsobené v provozu, a s tím spojené reklamace a servis by vykazovali velké ekonomické ztráty, kterým se dá předcházet eliminací vadného materiálu kontrolou již na začátku procesu. Zlepšení procesu kontroly v procesu by mělo za následek vyloučení vadného materiálu, možné zlepšení ve zmetkovitosti, přehled nad materiálem, zamezení kolizí a havárií u zákazníka, a rovněž jistotu, že materiál ve výrobním procesu je adekvátní.

## **4.2 Návrh zlepšení procesu kontroly**

Při návrhu zlepšení procesu kontroly vycházím z analýzy procesu, kterou jsem popsal v předchozích kapitolách. Beru v potaz, že firma disponuje všemi zařízeními, které jsou navrženy pro optimalizaci procesu, proto tento návrh nevyžaduje žádné velké investice do nových přístrojů. Je potřeba zejména zvýšit kontrolu nad materiálem a být schopen prověřit požadavky na materiál zadané v objednávce. A to pomocí metod, které v této kapitole uvádím.

### **4.2.1 Statistická přejímka**

Navrhuji zavedení vstupní kontroly materiálu metodou statistické přejímky dle normy ISO 2859. Statistická přejímka a jednotlivé druhy jsou popsány (viz kap. 1.4). Na základě této metody se rozhoduje o přijetí nebo zamítnutí dávky na základě zjištěných vlastností náhodného výběru. V podstatě by touto metodou bylo odhadováno, zda má dávka předepsanou kvalitu. Důvody pro zavedení této metodiky jsou cena zkoušky, zkoušení a rozlišení dodavatelů dle spolehlivosti a kvality. V případě dlouhodobě uspokojivé míry jakosti dávek (viz kap. 1.4) by u všech dodavatelů nebylo na vstupu nutno testovat všechny výrobky. Vzhledem k navrhnutí materiálových zkoušek v dalším návrhu není časově výhodné použít stoprocentní přejímku (viz kap. 1.4.2), ale přiklonil bych se spíše k zavedení přejímky Výběrové – namátkové (viz kap. 1.4.3) nebo Výběrové – periodické (viz kap. 1.4.4) Na základě spolehlivosti dodavatelů by se zavedl přejímací plán určité úrovně, který vychází z tabulek v normě ISO 2 589. Pro přejímací plán jsou stanoveny složitosti kontrol, kde na problémové dodavatele by byla zavedena zpřísněná kontrola. Co se týče dodavatelů méně problémových nebo bezproblémových, je vhodná aplikace kontrol normálních, mírných nebo žádných. Proces zpravidla začíná kontrolou normální a po určité době dle

pravidel příslušné normy se přechází k jiným úrovním kontrol. Vlastnost této metody chrání odběratele proti hrozbě zhoršení kvality dávky dodávaných v sérii. Je aplikovatelná při finančně nebo časově náročných zkouškách a destruktivních zkouškách. Výsledkem metody je přijetí nebo nepřijetí kontrolované dávky.

#### **4.2.2 Vizualní kontrola**

S ohledem na typ vykonávaných kontrol bych doporučil zavedení vizualní kontroly materiálu, kde pracovník při uskladnění materiálu opticky prohlédne, jestli materiál na první pohled není poškozen, případně znehodnocen. Vzhledem k tomu, že metoda není časově náročná a je levná, by bylo možné kontrolovat 100 % veškerého materiálu.

#### **4.2.3 Chemická analýza**

Chemická analýza pomocí spektrometru ve firmě zvaném Spectrotest. Analýzu je vhodné zařadit pro zjištění chemického složení materiálu vzhledem k požadavkům v objednávce na chemické složení viz kapitola „požadavky na materiál“, kde byla zvýšená pozornost na obsah S, Cu, O, Al a dalších prvků dle materiálové normy.

#### **4.2.4 Mechanické zkoušky materiálu**

Doporučil bych zavedení mechanických zkoušek. Četnost by závisela na stanovení spolehlivosti dodavatelů dle statistické přejímky. Např. u dlouhodobě spolehlivého dodavatele by mohla být kontrolována každá pátá dávka, u méně spolehlivého každá třetí dávka apod. Je však třeba zajistit zkušební vzorky po dodavateli konkrétně pro zkoušku tahem a zkoušku rázem v ohybu.

Zavedení Zkoušky tahem v ohybu dle ČSN EN 10 002 na trhacím stroji od výrobce UE40. Jedná se o zkoušku destruktivní a statickou. Zkouška spočívá v deformaci zkušební tyče jednoosým tahovým zatížením obvykle do přetržení. Zkouška kovových materiálů tahem se v ČR řídí normou ČSN EN 10 002. Při testování zkušebních vzorků od dodavatele je výsledkem zkoušky tahový diagram, ze kterého by bylo možné určit základní veličiny tahové zkoušky pro daný materiál jako pevnost v tahu  $R_m$  MPa, horní mez kluzu  $R_{eH}$  MPa, dolní mez kluzu  $R_{eL}$  MPa, Smluvní mez kluzu  $R_{p0,2}$  MPa dále také tažnost a kontrakci. Hodnoty by sloužily k porovnání s příslušnou materiálovou normou. Vyhodnocením by bylo, zda je materiál korektní z hlediska mechanických vlastností.

Zavedení zkoušky rázem v ohybu, která je definována normou ČSN 42 0381. Řadí se mezi zkoušky dynamické. Zkušební tyč je při této zkoušce plasticky deformována.

Zkouška rázem v ohybu je výchozí zkouškou pro hodnocení houževnatosti materiálů. Po dodavateli by byl vyžadován vzorek pro zkoušku rázem v ohybu na kladivu typu Charpy. Po porovnání parametrů s materiálovou normou by byl vyhodnocen závěr, zda je materiál vyhovující z hlediska houževnatosti.

#### **4.2.5 Nedestruktivní zkoušení**

Zavedení kontroly mikrostruktury vzorků pomocí mikroskopu a metalografických výbrusů nebo přenosným mikroskopem přímo na polotovaru a následné vyfocení, analýzu struktury a následné vyhodnocení. Použití těchto metod je vhodné z hlediska požadavků na materiál, a to požadavků na mikročistotu dle normy ASTM – 866 a dalších.

Zavedení kontroly pomocí ultrazvukové metody stroji Krautkramer USM 35XS z důvodu metody výroby polotovaru kováním a k identifikaci vnitřních materiálových vad.



## 5 Závěr

Cílem bakalářské práce je zhodnocení systému kontroly v podniku Wikov MGI a.s. na vybraném produktu „GE kolo“. V teoretické části jsem se zaměřil na zpracování rešerše dle výchozí normy ČSN EN 10 204. Na popis kontrolních a tepelných operací, které jsou na vybraném dílci aplikovány.

V praktické části byl nejprve analyzován dílec dle materiálových charakteristik, společně s požadavky na materiál vzhledem k výrobě a propojen s vazbou na inspekční certifikát od dodavatele. Následně byl analyzován proces tepelného zpracování pro vybraný díl. V následující části jsem se zaměřil na hodnocení jednotlivých druhů kontrol od vstupní, mezioperační, až po výstupní, vztažené na kontrolu materiálu. Vstupem pro následné navržení optimalizace bylo odhalit současné nedostatky procesu kontroly a určit postup s doporučením a rozšířením možných zkoušek, popř. kontrol, které by snížily riziko zmetkovitosti a zaručili vhodnost dodaného materiálu pro následné opracování a funkčnost. Na základě analýzy byl zhodnocen současný stav a následně navrženo pět metod, které mají vylepšit kontrolní proces. Jednotlivé metody byly navrženy s ohledem na vybavení a možnosti firmy, aby nemuselo docházet k nákladným investicím do kontrolního vybavení. Rovněž bylo bráno v potaz ekonomické a časové hledisko. Dílčí metody jsou charakterizovány a popsány k jakým účelům jsou vhodné a co má jejich výsledek přinést. Jedná se o zavedení metod jako statistická přejímka, vizuální kontrola, chemická analýza, mechanické zkoušky a nedestruktivní zkoušení.

Návrh zlepšení by přinesl větší kontrolu nad materiálem z pohledu firmy, menší riziko zmetkovitosti ve výrobě, u konečného zákazníka a ověřilo důvěru k dodavatelům na základě podložených statistických a ověřených faktů, popř. podložilo nutnost pro eventuální reklamace.

## Citovaná literatura

- [1] *Norma ČSN EN 10204: Kovové výrobky - druhy dokumentů kontroly*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2004.
- [2] *Atesty* [online]. b.r. [cit. 2020-02-14]. Dostupné z: <http://www.ferrum.cz/technicka-normalizace/atesty/>
- [3] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [4] *ISO 9000/9001* [online]. b.r. [cit. 2020-02-25].
- [5] BLECHARZ, Pavel. *Základy moderního řízení kvality*. Praha: Ekopress, 2011. ISBN 978-808-6929-750.
- [6] *ISO 9000 historie* [online]. b.r. [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/ISO\\_9000#cite\\_note-1](https://cs.wikipedia.org/wiki/ISO_9000#cite_note-1)
- [7] *ISO, ISO/TC. Ženeva: ISO, 2016*. b.r. ISBN 978-92-67-10656-4.
- [8] ŠKAPA, Stanislav. *Jakost výrobních procesů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-807-2045-716.
- [9] *ISO FAQ* [online]. b.r. [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://www.certifikace-iso.cz/faq/>
- [10] *Normy jakosti* [online]. b.r. [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20111113012736/http://normy.jakosti.cz/>
- [11] *Web - archiv.uk* [online]. b.r. [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20130728164740/http://www.british-assessment.co.uk/news/iso-9001-proven-to-help-win-new-business>
- [12] *Jstor-ISO* [online]. b.r. [cit. 2020-02-25].  
Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/20110397?seq=1>

- [13] *ISO-org* [online]. b.r. [cit. 2020-02-25].  
Dostupné z: <https://asq.org/quality-resources/iso-9000>
- [14] *Studijní Podklady - ČZU e - prezentace*. b.r.
- [15] <https://www.iso-ems.cz/iso-14001.php> [online]. b.r. [cit. 2020-03-17].
- [16] <https://www.cqs.cz/Nase-sluzby/ISO-45001-OHSAS-18001.html> [online].  
b.r. [cit. 2020-03-17].
- [17] KOŽÍŠEK, Jan. *Management jakosti*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3096-2.
- [18] FIALA, Alois. *Management jakosti s podporou norem ISO 9000:2000*. Praha: Dashöfer, 2000-2006. ISBN 80-862-2919-X.
- [19] FIALA, Alois. *Statistické řízení jakosti: prostředky a nástroje pro řízení a zlepšování procesů*. Brno: Vysoké učení technické, 1997. ISBN 80-214-0895-2.
- [20] ČSN ISO 2859 - 3. *Statistické přejímky srovnáváním: Občasná přejímka*. Český normalizační institut, 2006.
- [21] *Žihání na měkko* [online]. b.r. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: [http://katedry.fmmi.vsb.cz/Opory\\_FMMI/636/636-Vanova\\_ZTZ.pdf](http://katedry.fmmi.vsb.cz/Opory_FMMI/636/636-Vanova_ZTZ.pdf)
- [22] KORECKÝ, Jan. *Tepelné zpracování železných a neželezných kovů*. 3. vyd. Praha: SNTL, 1960. Řada hutnické literatury.
- [23] *Zušlechtování* [online]. b.r. [cit. 2020-03-29].  
Dostupné z: <https://www.kalirna.cz/cz/sluzby/75-zuslechtovani.html>
- [24] *Metalografický výbrus* [online]. b.r. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <http://ukmki.vscht.cz/files/uzel/0016736/Metalografie%20I.pdf?redirectd>
- [25] POKLUDA, Jaroslav, František KROUPA a Ladislav OBDRŽÁLEK. *Mechanické vlastnosti a struktura pevných látek: (kovy, keramika, plasty)*. Brno: PC-DIR, 1994. ISBN 80-214-0575-9.
- [26] JAREŠ, Vojtěch. *Základní zkoušky kovů a jejich teorie*. Praha: Academia, 1966.

- [27] SKÁLOVÁ, Jana, Rudolf KOVAŘÍK a Vladimír BENEDIKT. *Základní zkoušky kovových materiálů*. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN 80-708-2623-1.
- [28] KREJČAR, a ROXER. *Magnetická Metoda Prášková Stupeň I, II, III*. 2012.
- [29] *V. Residual stress evaluation in spirally welded pipes for gas pipeline*. b.r. ISBN 951-98400-7-9.
- [30] MALEC, Jiří. *Integrita povrchu, brusné spáleniny a přístrojové možnosti hodnocení*. Žďár nad Sázavou, 2010.
- [31] *Chem. a Mech. vlastnosti* [online]. b.r. [cit. 2020-02-16].  
Dostupné z: <http://www.round-bars.com/products/31crmov9-steel/>
- [32] *Převod značení TZ* [online]. b.r. [cit. 2020-02-16].  
Dostupné z: <http://www.dds-czech.cz/znacenidleu.php>
- [33] *Chem. složení oceli* [online]. b.r. [cit. 2020-02-14].  
Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/nizkolegovane-konstrukcni-oceli-tridy-15-jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani/>
- [34] *Dpd - vstupní kontrola* [online]. b.r. [cit. 2020-02-25].  
Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/vyroba/id:11813/je-kontrola-kvality-ve-vasem-procesu-dostacujici->
- [35] *Analýza systému vstupní kontroly*. Ostrava, 2018. Bakalářská práce. Vysoká škola Báňská.
- [36] *Automa* [online]. b.r. [cit. 2020-02-25].  
Dostupné z: [https://automa.cz/cz/casopis-clanky/automatizace-meziooperacni-kontroly-kvality-2013\\_04\\_0\\_10318/](https://automa.cz/cz/casopis-clanky/automatizace-meziooperacni-kontroly-kvality-2013_04_0_10318/)
- [37] *Historie. Wikov a.s.* [online]. b.r. [cit. 2020-02-14].  
Dostupné z: <https://www.wikov.com/cs/o-nas/historie>
- [38] *Wikov - o nás* [online]. b.r. [cit. 2020-02-15].  
Dostupné z: <https://www.wikov.com/cs/o-nas>
- [39] *Atesty - druhy* [online]. b.r. [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.k2l.cz/druhy-atestu/>

# Seznam příloh

Příloha č.1: Tabulky se stručným výrobním postupem

Příloha č.2: Inspekční certifikáty 3.1

# Seznam obrázků

OBR. 1 – GE KOLO .....	19
OBR. 2 – DIESEL – ELEKTRICKÁ LOKOMOTIVA .....	19
OBR. 3 – UKÁZKA SOUČÁSTI DLE VÝKRESU .....	20
OBR. 4 – STRUKTURA SPOLEČNOSTI .....	21
OBR. 5 – PŘEVODOVKA PRO KOLEJOVÁ VOZIDLA [38].....	22
OBR. 6 – TECHNICKO – HOSPODÁŘSKÁ BUDOVA FIRMY [38].....	22
OBR. 7 - POPIS IDENTIFIKACE KUSU .....	29
OBR. 8 - METALOGRAFICKÝ MIKROSKOP NEOPHOT 21 CARL ZEISS VE WIKOV MGI.....	30
OBR. 9 - ZKUŠEBNÍ VZOREK PRO VYHODNOCENÍ MIKROSTR. A NITR. VRSTVY .....	31
OBR. 10 - MIKROSTRUKTURA HRANICE NITR. VRSTVY A NENITR. VRSTVY.....	31
OBR. 11 - MIKROSTR. VRSTVY NENITRIDOVANÉ.....	32
OBR. 12 - MIKROSTRUKTURA JÁDRA .....	32
OBR. 14 - VYHODNOCENÍ - NITRIDAČNÍ VRSTVY.....	33
OBR. 14 - MIKROTVRDOMĚŘ DURASCAN - 50 .....	33
OBR. 15 - STROJ PRO MĚŘENÍ TVRDOST VE WIKOV MGI.....	34
OBR. 16 - ROLLSCAN 300.....	35

## Seznam tabulek

TAB. 1 - DOKUMENT KONTROLY [39].....	4
TAB. 2 - CHEM. SLOŽENÍ [31].....	15
TAB. 3 MECHANICKÉ VLASTNOSTI [31] .....	16
TAB. 4 - PŘEVOD ZNAČENÍ PRO TZ [32].....	16
TAB. 5 - TEPLoty PŘI TEP. ZPRACOVÁNÍ [33].....	20
TAB. 5 - CHEMICKÉ SLOŽENÍ DLE TAVEBNÍ ANALÝZY .....	20
TAB. 7 – ÚRYVEK Z INSPEKČNÍHO CERTIFIKÁTU 3.1 FIRMY MORAVIA STEEL .....	25
TAB. 8 - HODNOCENÍ ČISTOTY OD KOVÁRNY A.S. PRO WIKOV MGI .....	25
TAB. 9 - ZNAČENÍ DÍLCE .....	29
TAB. 10 - VYHODNOCENÍ NITRIDAČNÍ VRSTVY .....	34