

# FAKULTA STROJNÍ

Ústav strojírenské technologie



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

## Optimalizace laserového svařování automatické převodovky DQ 200

**Autor:** Nikola Klárová

**Studijní obor:** Výroba a ekonomika ve strojírenství

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph. D.

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Klárová Jméno: Nikola Osobní číslo: 473723  
Fakulta/ústav: Fakulta strojní  
Zadávající katedra/ústav: Ústav strojírenské technologie  
Studijní program: Výroba a ekonomika ve strojírenství  
Studijní obor: Technologie, materiály a ekonomika strojírenství

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Optimalizace laserového svařování automatické převodovky DQ 200

Název bakalářské práce anglicky:

Optimization of laser welding automatic gearbox DQ 200

Pokyny pro vypracování:

Popis vyráběného dílu s důrazem na svařované části  
Rozbor laserového svařování a analýza vlivů na kvalitu laserových svařových spojů – řešerše současného stavu řešené problematiky  
Zmapování aktuálního stavu výroby a experimentální ověření vlivu změny parametrů a podmínek procesu výroby (včetně úpravy/čištění dílů před svařením)  
Závěrečné vyhodnocení - návržení optimálního nastavení podmínek a parametrů procesu

Seznam doporučené literatury:

- [1] Vrbová, M., Jelínková, H., Gavrilov, P.: Úvod do laserové techniky, FJFI, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1998
- [2] Katayama, S.: Handbook of laser welding technologies, Woodhead publishing, 2013, ISBN 978-0-85709-264-9
- [3] Ready, F. J. et al: LIA Handbook of Laser Materials Processing, Springer, 2001, ISBN 978-3-540-41770-5

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., ústav strojírenské technologie FS

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

Ing. Pavel Novotný, ŠKODA AUTO a.s.

Datum zadání bakalářské práce: 15.04.2021 Termín odevzdání bakalářské práce: 06.08.2021

Platnost zadání bakalářské práce: 31.12.2021

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis dílkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studentky

## **Anotační list**

**Název bakalářské práce:** Optimalizace laserového svařování automatické převodovky DQ 200

**Autor práce:** Nikola Klárová

**Akademický rok:** 2020/2021

**Vysoká škola:** ČVUT v Praze, Fakulta strojní

**Ústav:** 12133 - Ústav strojírenské technologie

**Vedoucí bakalářské práce:** doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE

**Konzultant:** Ing. Pavel Novotný

**Zadavatel:** ŠKODA AUTO a.s.

**Rozsah práce:** 65 stran, 10 tabulek, 88 obrázků, 10 příloh

**Abstrakt:** Bakalářská práce se v první části zabývá historií závodu ŠKODA AUTO a.s. ve Vrchlabí a zmapování výroby převodovek na trhu. Dále se bakalářská práce teoreticky věnuje problematice laserového svařování a analýze svařovací linky pro výrobu převodových kol do převodovky DQ 200. Praktická část práce je zaměřena na vyhodnocení vlivu vad po laserovém svařování – zejména výskyt rozstříku svarového kovu. Byly provedeny zkoušky znečištění svařovaných dílů a posouzení jejich vlivu na výskyt vad po svařování. Na základě realizovaných zkoušek lze konstatovat, že nebyl zjištěn vliv znečištění dílů na výskyt rozstříku od svařování.

**Klíčová slova:** Laserové svařování, DQ 200, ŠKODA AUTO a.s., svařovací linka, svařování, ozubená kola, převodové stupně, převodovka, vláknový laser, měření mastnoty, měření znečištění.

## Annotation

**Title of bachelor dissertation:** Optimization of laser welding automatic gearbox DQ 200

**Author:** Nikola Klárová

**Academic year:** 2020/2021

**University:** CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering

**Department:** 12133 – Department of Manufacturing Technology

**Supervisor:** doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE

**Consultant:** Ing. Pavel Novotný

**Theme:** ŠKODA AUTO a.s.

**Extent:** 65 pages, 10 tables, 88 pictures, 10 attachments

**Abstract:** The first part of my bachelor's thesis describes the history of ŠKODA AUTO a.s. in Vrchlabí and the production of gearboxes on the market. Further the bachelor's thesis deals theoretically with the issue of laser welding and analysis of welding lines for the production of gears for DQ 200 gearboxes. The practical part is focused on welded parts and assessment of their external influence on the occurrence of defects after welding. Based on the performed proof, it can be stated that the effects of contamination of parts on the occurrence of welding spray were not performed.

**Keywords:** Laser welding, DQ 200, ŠKODA AUTO a.s., welding line, welding, gears, gearbox, fiber laser, grease measurement, pollution measurement.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a v seznamu uvedla veškerou použitou literaturu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Ve Vrchlabí dne

-----  
Nikola Klárová

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala panu doc. Ing. Ladislavu Kolaříkovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala. Také bych chtěla poděkovat panu Ing. Pavlovi Novotnému a jeho kolegům ze ŠKODA AUTO a.s. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

# Obsah

1	Úvod.....	9
2	Historie závodu ŠKODA AUTO a.s. ve Vrchlabí .....	10
3	Výroba převodovky DQ 200.....	14
3.1	Princip dvouspojkové převodovky.....	14
3.2	Vstup točivého momentu .....	15
3.3	Hnací hřídele .....	16
3.3.1	Hnací hřídel 1 .....	16
3.3.2	Hnací hřídel 2 .....	17
3.4	Další typy automatických převodovek na trhu.....	17
3.4.1	Ručně řazená převodovka.....	17
3.4.2	Jednospojková automatizovaná převodovka .....	18
3.4.3	Dvouspojková automatizovaná převodovka.....	18
4	Laserové svařování.....	19
4.1	Popis základních částí laseru.....	19
4.1.1	Aktivní prostředí.....	19
4.1.2	Optický rezonátor .....	19
4.1.3	Zdroj energie .....	20
4.2	Princip laserového svařování .....	20
4.3	Optické vlákno .....	21
4.4	Vláknové lasery.....	21
4.4.1	Vláknový kontinuální laser.....	22
4.4.2	Vláknový pulzní laser.....	23
4.5	Parametry laserového svařování .....	23
4.5.1	Výkon laseru.....	23
4.5.2	Rychlost svařování .....	23
4.5.3	Zaostřovací systém .....	24
4.6	Vláknové lasery na trhu .....	24
5	Svařované díly.....	26
5.1	Druhy dílů .....	26
5.1.1	Ozubená kola 4., 6. a 7. stupně.....	26
5.1.2	Ozubené kolo zpětného chodu.....	29
6	Svařovací linka.....	31
6.1	Praní dílů v „pračce“ .....	32

6.2	Lisování.....	32
6.3	Svařování.....	34
6.3.1	Parametry svařování .....	36
7	Kontrola svařovaných dílů .....	38
7.1	Vizuální kontrola.....	38
7.2	Ultrazvuková kontrola.....	38
7.3	Kontrola velikosti svaru .....	40
8	Vady na dílech svařovaných kol 4., 6., 7. převodového stupně a zpětného chodu převodovky DQ 200 .....	41
8.1	Předpis pro rozstřík svarového kovu dle interní normy PV 3370.....	43
8.1.1	Realizace zkoušky na zbytkové nečistoty .....	44
9	Vyhodnocení kvality svarů v závislosti na změně svařovacích parametrů a podmínek procesu výroby .....	45
9.1	Zkouška svařování v závislosti na parametrech.....	45
9.2	Svařování s ochrannou atmosférou .....	47
9.3	Zkouška se separačním přípravkem .....	48
10	Zkouška vlivu podmínek na kvalitu svaru .....	50
10.1	Recognoil QB od firmy Techtest .....	50
10.1.1	Nastavení jednotek F.U. ....	51
10.1.2	Průběh měření .....	51
11	Závěr .....	59
12	Seznam použitých literárních zdrojů.....	60
13	Seznam tabulek .....	63
14	Seznam obrázků .....	64
15	Přílohy .....	67
15.1	Příloha č. 1 – Hodnoty F.U. dílu SR4 před praním.....	67
15.2	Příloha č. 2 – Hodnoty F.U. dílu SR6 před praním.....	68
15.3	Příloha č. 3 – Hodnoty F.U. dílu SR4 po praní.....	69
15.4	Příloha č. 4 – Hodnoty F.U. dílu SR6 po praní.....	71
15.5	Příloha č. 5 – Vizuální kontrola dílů SR4 po svařování.....	72
15.6	Příloha č. 6 – Vizuální kontrola dílů SR6 po svařování.....	73
15.7	Příloha č. 7 – Metalografická zkouška na dílech SR4 .....	74
15.8	Příloha č. 8 – Metalografická zkouška na dílech SR4 .....	75
15.9	Příloha č. 9- Údaje o produktu HOUGHTO-CLEAN 141.....	75
15.10	Příloha č. 10 – Údaje o produktu CUSTOS 623 .....	76



## Seznam použitých zkratek a jednotek

ŠA	ŠKDOA AUTO a.s.
TW1	Triebwelle 1 – Hnaný hřídel 1
TW2	Triebwelle 2 – Hnaný hřídel 2
TW3	Triebwelle 3 – Hnaný hřídel 3
AW1	Antriebswelle 1 – hnací hřídel 1 vnitřní
AW2	Antriebswelle 2 – hnací hřídel 2 venkovní
STW	Station Wagon. Typ karoserie, dnes nazývaný combi.
RLR	Rücklaufgrad – Zpětný chod
SR4	Schaltrad 4 – Převodový stupeň 4
SR6	Schaltrad 6 – Převodový stupeň 6
SR7	Schaltrad 7 – Převodový stupeň 7
LWM senzor	Laser Welding Monitor – Senzor pro laserové monitorování svařovacího procesu
LPM senzor	Leaser Power Measure – Senzor pro měření výkonu laseru
CJ	CrossJet – Proud stlačeného vzduchu směřující kolmo k laserovému paprsku. Odvádí nečistoty a odšťik, prodlužuje životnost ochranného skla.
DQ	Direct Qualt – Automatická převodovka
MQ	Manual Qualt – Manualní převodovka
K1	Kupplung 1 – Spojka 1
K2	Kupplung 2 – Spojka 2
ASG	Automatisiertes Schaltgetriebe – Automatizovaná převodovka
RS	Rennsport – Auta ve sportovní verzi
UT	Utrasonic test – Ultrazvuková kontrola
BP	Bakalářská práce
LASER	Light amplification by stimulated of radiation
UV	Ultra Violet – Ultrafialové záření

LED	Light Emitting Diode – svítivá dioda
RFU	Relativní fluorescenční jednotka
F.U.	Jednotky fluorescence
l	Litr (metrická jednotka objemu)
mm	Milimetr (fyzikální jednotka délky ( $10^{-3}$ m))
$\mu\text{m}$	Mikrometr (fyzikální jednotka délky ( $10^{-6}$ m))
ms	Milisekunda (jednotka času ( $10^{-3}$ s))
W	Watt (fyzikální jednotka výkonu)
kW	kilowatt (fyzikální jednotka výkonu ( $10^3$ W))
Nm	Newton metr (fyzikální jednotka momentu síly)
l/min	Litr za minutu (objemová průtoková rychlost)

# 1 Úvod

ŠKODA AUTO a.s. ve Vrchlabí se od roku 2012 začala zabývat výrobou dvouspojkové převodovky typu DQ 200, jedná se o automatickou sedmistupňovou převodovku.

S výrobou převodovky se vyskytl problém při svařování dílů ozubených kol, kdy při použití technologie laserového svařování vzniká „rozstřík“ svarového kovu (podle ČSN EN ISO 6520-1), který je na základě firemního předpisu PV3370:2006-12 [23] nepřijatelnou vadou. V převodovce DQ 200 jsou svařovaná řadící kola 4., 6., 7. rychlosti a kolo zpětného chodu (viz obrázek 8).

Při svařování vzniká „rozstřík“ svarového kovu, který je nepřijatelný a musí se dalším procesem obrábění odstraňovat. Tento proces zatěžuje vrchlabský závod jak časově, tak finančně.

Cílem bakalářské práce je tedy zaměřit se na díly, které jsou svařované, a u těchto dílů rozebrat problematiku laserového svařování a zanalyzovat vlivy, které mohou svařování ovlivňovat (vzhledem k výše zmíněným vznikajícím vadám). Další dílčí cíl bakalářské práce je zmapování aktuálního stavu výroby převodovek a experimentálně ověřit vlivy, které vzniknou změnou parametrů procesu výroby, včetně návrhu optimálního nastavení parametrů a podmínek laserového svařování s co nejmenším vznikem „rozstříku“ svarového kovu.

## 2 Historie závodu ŠKODA AUTO a.s. ve Vrchlabí

Továrnu ve Vrchlabí založil Ignaz Theodor Petera a jeho synové v roce 1864. Výroba zde byla původně zaměřena na koňské postroje, kočáry, sáně a jejich příslušenství. Vyrábělo se především ze dřeva, kůže a železa. [1]



Obrázek 1 Dobový plakát firmy Petera und Söhne [4]



Obrázek 2 Letecký pohled na závod ŠA v Mladé Boleslavi dnes [28]

V roce 1908 se začaly zakázkově vyrábět karosérie. Továrna ve Vrchlabí se stala jednou z nejlepších a nejžádanějších firem na výrobu automobilových karosérií. [1]



*Obrázek 3 ŠKODA 645 z roku 1932 [4]*

Syn Ignaze, Theodor Robert Petera, byl vášnivý milovník létání, a proto se snažil v roce 1938 prosadit sériovou výrobu kluzáků Grunau Baby. Za druhé světové války se továrna přeorientovala na výrobu zbraní.

V roce 1946 se z Peterovy továrny stala První severočeská továrna na výrobu letadel, karosérií a vozidel. Firma byla znárodněna a stala se součástí Automobilových závodů, národního podniku, od tohoto roku je součástí ŠKODA AUTO.

Továrna začala prosperovat opět od roku 1952, kdy se zavedla sériová výroba užitkových verzí modelů ŠKODA 1200. Praktických dodávek a STW se za 4 roky vyrobilo 4646 kusů [1].



*Obrázek 4 ŠKODA 1200/1201 [4]*

Model ŠKODA 1203 byl uveden na trh v roce 1968 a byl využíván jako sanitka, mikrobuss, valník, ale také jako pohřební vůz. Toto auto si našlo mnoho využití.

Modelů ŠKODA 105, 120 (viz obrázek 5) a 130 bylo od roku 1976 do roku 1988 vyrobeno ve vrchlabském závodě 109 116 kusů [1].



*Obrázek 5 ŠKODA 120 [2]*

Na veletrhu v Brně byl v roce 1987 představen model ŠKODA FAVORIT, který se začal sériově vyrábět ve Vrchlabí, a to v provedení 136 L. Design tohoto auta navrhovala italská společnost Stile Bertone.

ŠKODA FORMAN se začal vyrábět v roce 1989 (viz obrázek 6). Jednalo se větší verzi ŠKODA FAVORIT, toto auto bylo využíváno u zdravotnické pomoci, ale i pro hasičské sbory.



*Obrázek 6 ŠKODA FORMAN [29]*

ŠKODA 28.března 1991 podepsala smlouvu a vstoupila do koncernu Volkswagen. Tato smlouva nabyla platnost 16. dubna 1991. Během čtvrtstoletí se z regionálního výrobce stala automobilka národního formátu. Tento krok byl pro automobilku ŠKODA velkým přínosem.

Následoval model ŠKODA FELICIA, jehož první vůz byl vyroben ve Vrchlabí v roce 1994. A byl to první model, který byl už částečně vyvíjen na počítači. Od roku 1998 se začala vyrábět ŠKODA OCTAVIA s dvěma různými karosériemi: combi

a liftback. Toto auto se vyvíjelo už od roku 1992, ale představeno bylo až v roce 1996. ŠKODA FABIA se ve vrchlabském závodě začala vyrábět od roku 2002.



*Obrázek 7 ŠKODA ROOMSTER [30]*

V roce 2011 se začala v závodě vyrábět ŠKODA ROOMSTER (viz obrázek 7), ta se zde vyráběla pouze rok, tj. do roku 2012. Tento rok byl pro závod ve Vrchlabí zlomový, protože byla ukončena kompletní výroba automobilů a výroba byla plně zaměřena na výrobu převodovek. Následně byla zmodernizována výrobní hala a začala se zde vyrábět špičková sedmistupňová automatická převodovka DQ 200, která se uplatňuje v celé řadě dalších modelů koncernu Volkswagen. (např. FABIA, RAPID, OCTAVIA, RAROQ, SUPERB, A1/S1, A3, Q2, TT, Beetle, Golf, Passat, Polo, Touran, Ibiza...). [1]

### 3 Výroba převodovky DQ 200

Převodovka DQ 200 je koncipovaná pro motory s točivým momentem do 250 Nm. Tato převodovka má dvojitou suchou spojku a pohon na přední kola. Je to první sedmistupňová převodovka, kterou je možno příčně uložit ve vozidle. Tato převodovka podstatně snižuje spotřebu a tím také zmenšuje produkci emisí.

Jako charakteristické konstrukční znaky převodovky DQ 200 lze uvést, že konstrukce je tvořena jednotkou, která je složena ze spojky a mechatroniky (viz obrázek 8). Má suchou dvojitou spojku a oddělený olejový okruh pro mechatroniku a samostatnou převodovku. Má sedm stupňů na pěti hřídelích označených TW1, TW2, TW3, AW1 a AW2. [3]



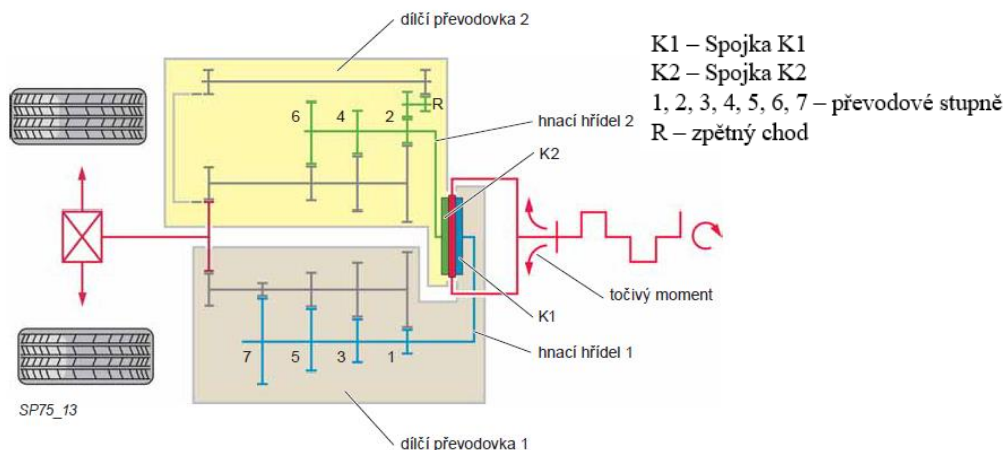
**Obrázek 8** Hlavní části převodovky DQ 200 [3]

#### 3.1 Princip dvouspojkové převodovky

Automatická převodovka s dvojitou spojkou je složena ze dvou navzájem nezávislých dílčích převodovek. Každá převodovka je konstruována jako mechanická převodovka a každá převodovka má jednu spojku. Obě spojky jsou konstruované jako suché. Jsou ovládány mechatronikou v závislosti na převodovém stupni. [3]

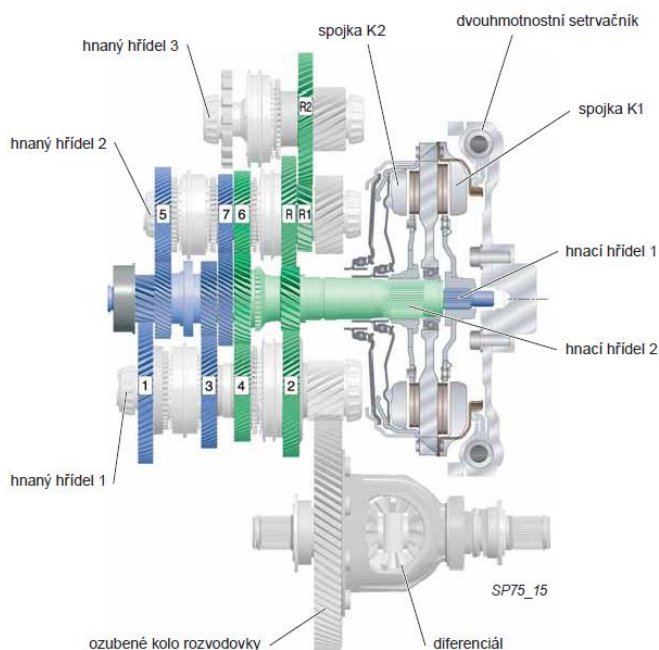
Přes první spojku jsou ovládány převodové stupně 1, 3, 5 a 7. Tyto převodové stupně jsou uloženy v dílčí převodovce. Na hřídeli 2 jsou převodové stupně 2, 4, 6 a zpětný chod. Tyto chody jsou řazeny přes spojku 2 (viz obrázek 9). [3]





**Obrázek 9** Princip převodovky DQ 200 [3]

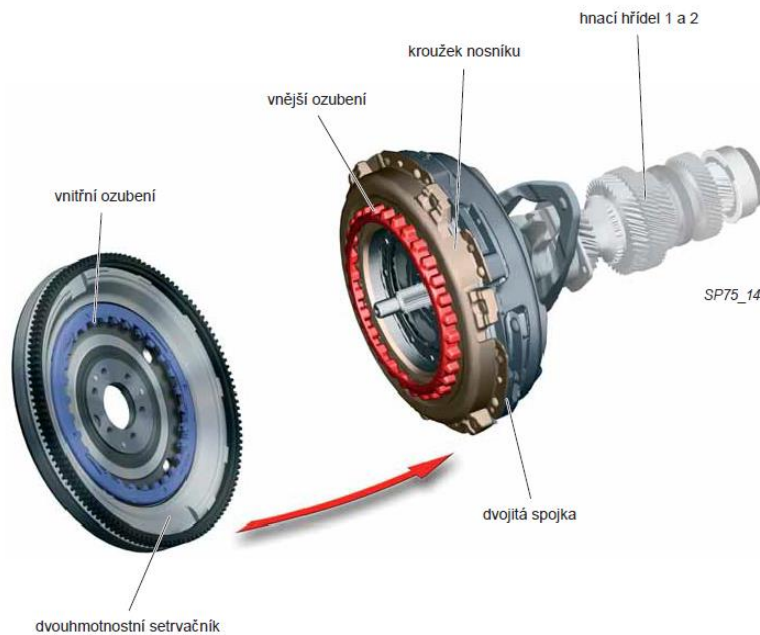
Točivý moment na kola přenáší vždy jen jedna převodovka. Ve druhé převodovce je předřazený následující převodový stupeň, ale spojka pro tento převodový stupeň je stále rozpojená. Každý převodový stupeň má přiřazenu konvenční synchronizační a řadičí jednotku jedné mechanické převodovky. [3]



**Obrázek 10** Tři hřídele s ozubeným kolem rozvodovky diferenciálu [3]

### 3.2 Vstup točivého momentu

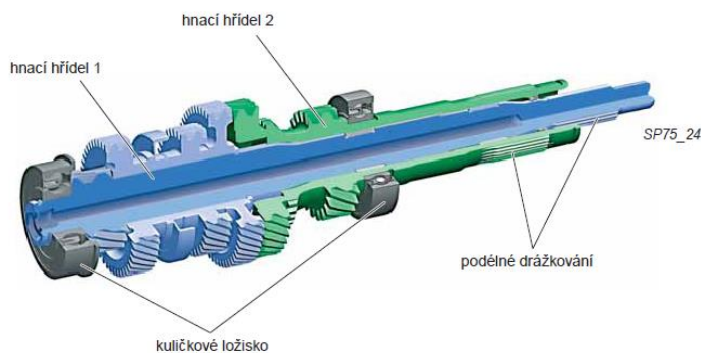
Točivý moment je přenášen z dvouhmotnostního setrvačnicku na dvojitou spojku. Dvouhmotnostní setrvačnick je vybaven vnitřním ozubením, který zapadá do vnějšího ozubení na nosném kroužku dvojitě spojky. Odtud se točivý moment přenáší dále do dvojitě spojky (viz obrázek 11). [3]



Obrázek 11 Vstup točivého momentu [3]

### 3.3 Hnací hřídele

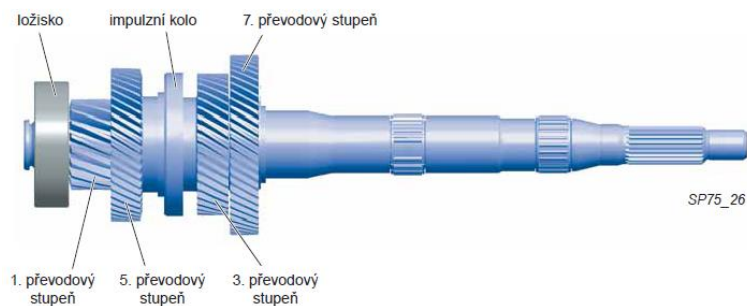
Hnací hřídele (viz obrázek 12) jsou uloženy ve skříni převodovky. Přenášejí točivý moment motoru podle zařazeného převodového stupně na hnané hřídele. Každý hnací hřídel je spojen podélným drážkováním se spojku. Každý hnací hřídel je opatřen kuličkovým ložiskem, přes které jsou hřídele uloženy ve skříni převodovky. [3]



Obrázek 12 Hnací hřídel [3]

#### 3.3.1 Hnací hřídel 1

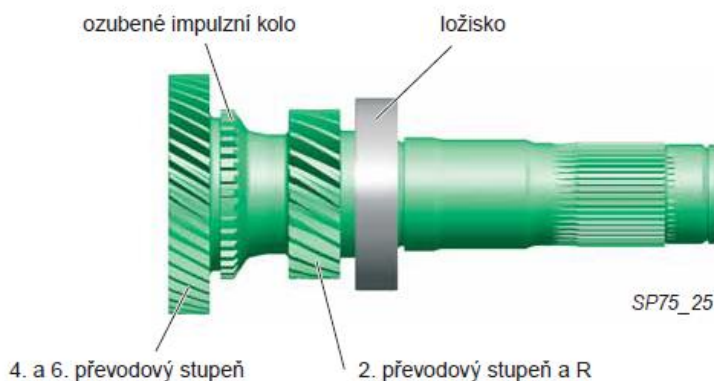
Hnací hřídel 1 je spojený podélným drážkováním se spojku 1 (viz obrázek 10) a jsou přes něj řazeny převodové stupně 1, 3, 5 a 7. Pro zjištění vstupních otáček převodovky slouží impulzní kolo snímače, které je umístěno na hřídeli (viz obrázek 13). [3]



**Obrázek 13 Hnací hřídel 1 [3]**

### 3.3.2 Hnací hřídel 2

Tento hřídel je dutý a je spojen podélným drážkováním se spojkou 2. Přes druhý hřídel jsou řazeny tyto převodové stupně 2, 4, 6 a R (viz obrázek 14). Vstupní otáčky u převodovky zjišťuje impulzní kolo snímače, které je umístěno na hřídeli. [3]



**Obrázek 14 Hnací hřídel 2 [3]**

## 3.4 Další typy automatických převodovek na trhu

Převodovka DQ 200 samozřejmě není jediná na trhu, a proto v následujících kapitolách budou stručně zmíněny i jiné převodovky, které se na našem trhu vyskytují.

### 3.4.1 Ručně řazená převodovka

Tato převodovka patří k nejpoužívanějšímu typu převodovky. Dnešní ručně řazené převodovky, neboli manuální převodovky, mají synchronizační systém, který slouží k vyrovnání rozdílu obvodových rychlostí řazeného kola hřídele, díky tomu můžeme řadit rychle a bezhlučně a také se tímto systémem zvyšuje životnost.

U tohoto druhu převodovky vše ovládá řidič, používá k řazení spojkový pedál a řadící páku, kterou si volí řidič řadící stupeň.

Ve ŠA se dále vyrábí manuální převodovka typu MQ 200. Tato převodovka je ručně řazená a vyrábí se jako pěti – a šestistupňová převodovka. Je určena pro motory s točivým momentem do 200 Nm. [10, 11, 15]

### **3.4.2 Jednospojková automatizovaná převodovka**

Jedná se o přímo řazenou převodovku, u které se spojkový pedál ovládá například servomotory, hydraulickým systémem nebo jinými automatizovanými systémy. Tento druh převodovky řadí s přerušením toku výkonu, a proto přeřazení trvá relativně dlouho, také se může stát, že převodovka má nepřiměřenou reakci.

Jako příklad jednospojkové převodovky lze uvést převodovku ASG, která se využívá například ve vozech Škoda Citigo. [10, 11, 15]

### **3.4.3 Dvouspojková automatizovaná převodovka**

Do této kapitoly zapadá již zmíněná převodovka DQ 200 (se suchou spojkou), která je předmětem zájmu této BP, ale jsou zde však i další převodovky z dílny Volkswagen. Tyto převodovky jsou schopny přenášet točivý moment až 600 Nm. Převodovky mají nízkou spotřebu a sportovní charakter. Výhodou u těchto převodovek je nízká hmotnost, méně složitá konstrukce a nižší pořizovací cena.

Dvouspojkové převodovky pro větší točivé momenty musí být vybaveny mokkými spojkami a elektrohydraulickým řazením. Příkladem velmi výkonné převodovky, která se používá pro modely Audi A5, Q5 a A6 je převodovka DL501 s mokrou spojkou, které se také říká S-TRONIC. Tato převodovka je schopna přenášet točivý moment až 550 Nm.

Další velmi používané dvouspojkové převodovky jsou DG250 (6ti stupňová převodovka s mokrou spojkou, pro motory 2l nebo 3,2 l). DG500 (7mi stupňová převodovka s mokrou spojkou, v Audi RS3 nebo Transporter), DL382 (7mi stupňová převodovka s mokrou spojkou, u Audi A4/A5/A6).

V dnešní době se upřednostňují dvouspojkové převodovky, jelikož jsou pro řidiče příjemnější. Tyto převodovky jsou rychlejší a mají přirozenější reakce než jednospojkové převodovky. [10, 11, 15]

## 4 Laserové svařování

Bakalářská práce se bude dále věnovat svařování dílů, které jsou blíže popsány v 5. kapitole. Tyto díly jsou svařovány pomocí laserového svařování. Proto tato kapitola bude zaměřena na stručný popis principu laserového svařování.

### 4.1 Popis základních částí laseru

Laser se skládá ze tří hlavních částí a tím je aktivní prostředí, optický rezonátor a zdroj energie.

Laser vzniká stimulovanou (vynucenou) emisí záření. Elektronové (kvantové soustavy) v atomech látky aktivního prostředí jsou nejprve excitovány na horní energetickou hladinu, kde se však dlouhodobě neudrží, a v miliontině sekundy přeskočí na hladinu pracovní (metastabilní). Díky slabému impulzu ve formě stimulujícího fotonu (částice světla) dochází k deexcitaci spojené s emisí stejného fotonu, jakým byl fotonu stimulující. V důsledku toho lavinovitě vznikají identické fotony, které jsou vyzářovány stejným směrem.

Vznikající záření (světlo) má určité vlastnosti, mezi které patří vysoká koherence, vysoká monochromaticnost a nízká divergence. [14]

#### 4.1.1 Aktivní prostředí

Aktivní prostředí laseru je tvořeno látkou, která obsahuje oddělené kvantové energetické hladiny elektronů a může být tvořeno např. pevnou, plynnou nebo kapalnou látkou. V tomto prostředí dochází k vybuzení atomů (tzv. excitaci) na vyšší energetickou hladinu. Tím, že se atom „vrátí“ do základního stavu (tzv. spontánní emise), vyzáří foton. Tento foton vyvolá tzv. stimulovanou emisi u dalšího atomu (v případě, že je v aktivním prostředí vyvolán stav tzv. inverzní populace) a tento děj se opakuje. Fotony se začnou hromadit, energie v rezonátoru tím vzrůstá, tím vzniká paprsek koherentního laserového záření. [17]

#### 4.1.2 Optický rezonátor

Laser využívá rezonátor k zesilování světla. Standardní konstrukce rezonátoru vypadá tak, že se jedná o dutinu, která je ohraničena odrazovými plochami. V tomto prostředí se akumuluje optická energie. Ta vzniká tak, že fotony se odrážejí od zrcadel, tím stimulují další vybuzené atomy a intenzita světla uvnitř narůstá. Když přesáhne určitou mez, světelný impulz vyrazí polopropustným zrcadlem ven, ve formě laserového paprsku. Jakmile se vyzáří fotony, atomy se vrátí do svého základního stavu a po opětovaném vybuzení se děj opakuje.

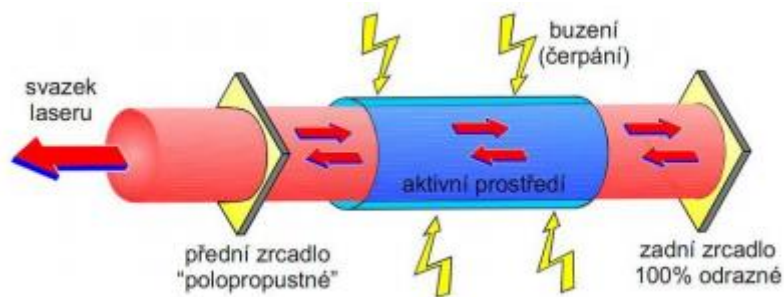
Jedna ze základních konstrukcí optického rezonátoru je ta, kdy rezonátor tvoří dvojice rovnoběžně umístěných zrcadel. Jedno zrcadlo je nepropustné a druhé polopropustné (viz obrázek 15). Optické rezonátory mají i složitější konstrukce

v závislosti na podobě aktivního prostředí – takto vzniklé uspořádání se používá např. v diskových nebo vláknových laserech. [17]

### 4.1.3 Zdroj energie

Poslední důležitou částí laseru je zdroj energie. Zdroj záření slouží k dodávání energie elektronům v aktivním prostředí, aby se mohly přesouvat z základní energetické hladiny na vyšší energetickou hladinu. Jako zdroj energie používáme výbojku, elektrický proud nebo například chemickou reakci.

Pevnolátkový laser funguje obvykle na principu optického buzení, které je vyvoláváno např. výbojkami. Výbojka je buď spirálovitá nebo lineárně tvořena křemennou trubicí.



Obrázek 15 Základní schéma laseru [9]

Na koncích jsou elektrody a je plněna plynovou náplní. Laserový krystal (tvořící aktivní prostředí u standartních pevnolátkových laserů) umístíme s budící výbojkou do budící dutiny. Úkolem budící dutiny je koncentrovat a odrážet co nejvíce světla na aktivní prostředí. Budící dutina může mít různý tvar jako je např. elipsa, dvouelipsa, čtyřelipsa. Budící dutina je uvnitř pokovena odrazivou vrstvou, nejčastěji stříbrem, zlatem nebo dielektrickými vrstvami.

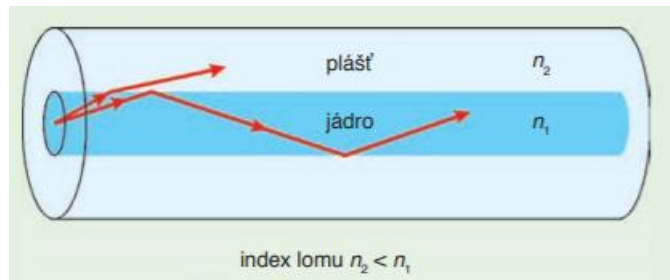
Rezonátor se skládá většinou ze zrcadel, kdy jedno je totálně odrazné a druhé je polopropustné. Tato varianta je nejjednodušší, v laseru mohou být přidány i další optické elementy jako jsou clona, mřížka, teleskop a další. Tyto součástky ovlivňují výstupní parametry jako je energie, délka impulsu, spektrum záření atd. [12,13,14]

## 4.2 Princip laserového svařování

Laserové svařování funguje na principu, kdy optické záření roztaví materiál do požadované hloubky s minimálním odpařením povrchu. Nejvíce využívané průmyslové lasery jsou lasery pevnolátkové (především Nd:YAG lasery) a plynové (zejména CO<sub>2</sub> lasery). Laserové svařování je jedno z nejnáročnějších svařování. Kvalita svaru závisí především na přípravě svarových ploch, stavu povrchu svařovaného dílu, typu použité ochranné atmosféry, zajištění vhodné rychlosti ochlazení tavné lázně, nastavení svařovacích parametrů a způsobu fixace. Kombinací těchto faktorů můžeme významně ovlivňovat výslednou kvalitu svaru. [5, 21]

### 4.3 Optické vlákno

Optické vlákno je složeno z nejméně dvou částí, a to jádra a pláště, které jsou vyrobeny z podobných materiálů, nejčastěji však z křemenného skla. Velikost (průměr) optického vlákna se pohybuje okolo osminy milimetru. Světlo se pohybuje v jádru válce kvůli jevu úplného vnitřního odrazu od rozhraní jádra a pláště (viz obrázek 16). Optická vlákna využíváme pro telekomunikaci na velmi dlouhé vzdálenosti. Najdou však využití i pro osvětlení, resp. pro vedení světla (např. i laserového paprsku ve viditelném a blízké infračervené oblasti elektromagnetického spektra). [7]

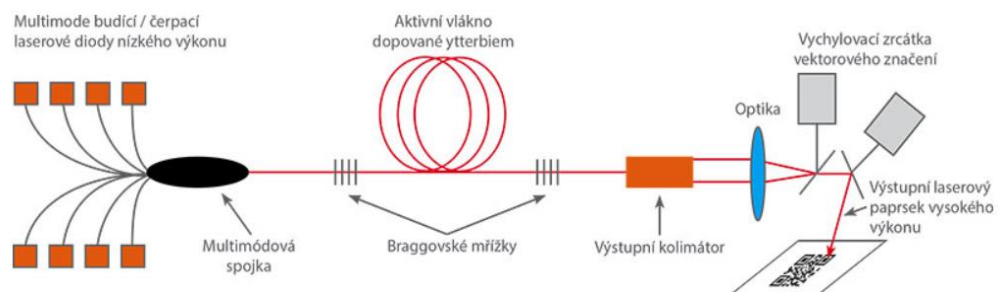


Obrázek 16 Šíření světla optickým vláknem [7]

### 4.4 Vláknové lasery

Vláknový laser vznikl spojením dvou různých technologií, a to spojením optického vlákna (které zde slouží jako aktivní prostředí) a laseru. Jde tedy o to, že speciálně upravené optické vlákno slouží jako aktivní prostředí vláknového laseru (tj. speciální typ pevnolátkového laseru). Optické vlákno má na okrajích braggovské mřížky, místo zrcadel (viz obrázek 17), které jsou u standardní konstrukce rezonátoru (viz obrázek 15). Tyto mřížky mají však stejný význam. [7]

Tyto lasery mají v dnešní době velké spektrum uplatnění, používáme je například pro svařování, v lékařství, k měření času (optické atomové hodiny), až po používání u obranných systémů. Vláknové lasery byly objeveny už v roce 1960, kdy byl také objeven první laser. Vláknový laser byl ale považován za kuriozitu a tehdejší vývoj se věnoval rozvoji pevnolátkových laserů.

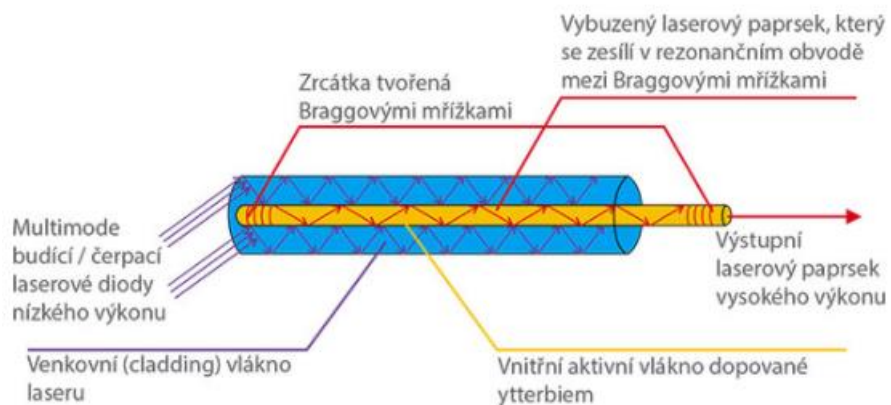


Obrázek 17 Princip vláknového laseru [6]

Vláknový laser je výhodný z mnoha důvodů, jako např. jeho vysoká účinnost, která se pohybuje okolo 25-35 %. Také má velmi kvalitní výstupní paprsek. Laser je

bezúdržbový, nemá tedy náročné nastavování a servis. Jeho výhodou je i to, že nepotřebuje složité chlazení, vlákna totiž mají velký poměr plochy pláště vůči celkovému objemu a mohou také měřit až desítky metrů, proto stačí chladit pouze vzduchem.

Optické vlákno u vláknového laseru odpovídá funkci aktivního prostředí u pevnolátkového laseru. V optickém vlákně se vytváří laserový paprsek a optické vlákno slouží zároveň jako optický zesilovač. Aktivní optické vlákno, které výkon zesiluje, funguje na principu, že středové optické vlákno je obklopeno druhým vláknem (viz obrázek 18). Budící diody svítí do druhého většího vlákna a světelný tok působí na vlákno. Vnitřní vlákno obsahuje aktivní prvek. Budící optické diody mají jinou vlnovou délku, než má výsledný paprsek laseru. Větší množství diod vybudí v optickém vlákně vysokou energii s velmi dobrou kvalitou paprsku. Paprsek se získává také díky optickému zesilovači, který konvertuje malý světelný signál z budících diod do paprsku, jež je tisíckrát silnější. Výkon také můžeme zvýšit použitím více laserových diod.



Obrázek 18 Princip aktivního optického vlákna [6]

U polovodičových a pevnolátkových laserů se používají optická vlákna jen k přenosu laserového paprsku ze zdroje laseru do skenovací hlavy. Tomuto vlákně se říká pasivní vlákno. Toto optické vlákno není dvojitě a jedná se o pasivní optické vlákno. V pasivním vlákně dochází k útlumu laserového paprsku a k snížení výkonu. [6, 7, 8]

#### 4.4.1 Vláknový kontinuální laser

Optické vlákno je dopováno prvky, zvyšující emisní schopnosti kovů vzácných zemin (např. erbiem, ytterbiem, thuliem), tato vlákna mohou mít různé průřezy např. čtvercové, obdélníkové atd., tím se mění specifikace laserového paprsku. Výstupní paprsek je složen z mnoha vystupujících paprsků a díky tomu můžeme dosáhnout vyššího výkonu laserového paprsku.

V kontinuálním režimu nedochází ve zdroji k radikální akumulaci energie. Záření je tedy lineární. Kontinuální vláknový laser se používá především pro řezání, svařování, popisování, mikroobrábění a texturování povrchu. [6, 8]



Tento typ laseru je využit i ve ŠA Vrchlabí a byl použit v experimentální části BP. Bližší specifikace laseru a jeho parametry jsou popsány v kapitole 6.3.

#### 4.4.2 Vláknový pulzní laser

V tomto režimu se energie akumuluje na delší dobu, díky tomu má laserový paprsek větší výkon. Paprsky mají mezi sebou ale prodlevy, jelikož musíme nahromadit energii.

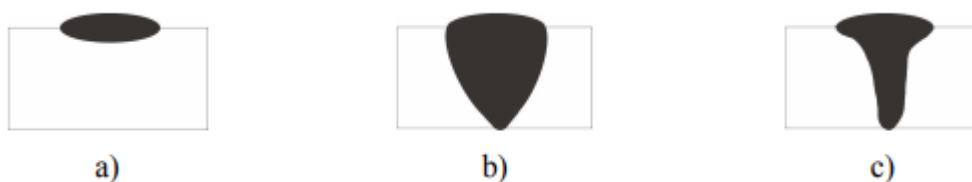
Vláknové pulzní lasery nejčastěji využíváme pro popisování, gravírování, řezání, vrtání a mikroobrábění. Přednosti vláknového pulzního laseru je excelentní kvalita laserového paprsku, jeho vysoký výkon, nízký příkon, velmi nízké provozní náklady a minimální ztrátový výkon. [8]

### 4.5 Parametry laserového svařování

Při laserovém svařování jsou důležité základní parametry, které ovlivňují kvalitu svaru. Tím je nastavení výkonu, rychlosti svařování a parametry zaostřovacího systému. Aby bylo docíleno co nejlepšího svaru, musí mezera mezi spojovanými díly být alespoň o polovinu menší než průměr paprsku (stopa dopadu), který se pohybuje okolo 150  $\mu\text{m}$ . [8, 16, 21]

#### 4.5.1 Výkon laseru

Parametr se uvádí ve W, resp. kW nebo v procentech maximálního výkonu laseru. Výkon vztažený na plochu o průměru udává plošnou hustotu výkonu paprsku. Maximální výkon laseru ovlivňuje, jaká bude maximální tloušťka svařovaného materiálu. Výkon také můžeme zvýšit použitím více laserových budících diod. Laserové svařování se také využívá z důvodů vyššího výkonu, účinnosti i kvality jeho paprsku. V závislosti na výkonu laseru a průměru fokusovaného paprsku nebo poloze ohniska vůči materiálu, získáváme konkrétní hodnotu plošné hustoty výkonu paprsku. Ten nám rozděluje tři varianty svařování a ty jsou kondukční (plošná hustota je  $10^4 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$ ), penetrační a keyhole (plošná hustota  $10^6 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$  až  $10^7 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) svařování. [8, 16, 21]



Obrázek 19 Schéma příčného řezu svarem pro a) kondukční, b) penetrační, c) keyhole svařování [21]

#### 4.5.2 Rychlost svařování

Říká, jakou dráhu projde zdroj ohřevu v dotyku s materiálem za jednotku času. Tento parametr ovlivňuje geometrii svaru, strukturu, vlastnosti a chemické složení

materiálu v tepelně ovlivněné oblasti, jelikož rychlost svařování ovlivňuje rozložení teploty v materiálu. [8, 16]

#### 4.5.3 Zaostrňovací systém

Zde je důležitá konstrukce zaostrňovacího systému, uspořádání čoček nebo objektivu, průměr zaostrěného paprsku a také poloha ohniska vzhledem k povrchu materiálu. [16]

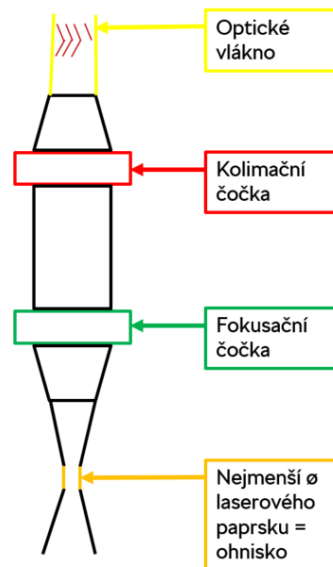
Parametry laseru použitého ve ŠA:

- fokusační čočka  $F_f = 200$  mm
- kolimační čočka  $F_c = 200$  mm
- $\varnothing$  optického vlákna = 200  $\mu\text{m}$
- ohnisková vzdálenost  $f = 200$  mm

$$\frac{F_f}{F_c} = \frac{\varnothing \text{ laserového paprsku}}{\varnothing \text{ optického vlákna}} \quad (1)$$

$$\frac{200}{200} \cdot 1 = 200 \mu\text{m} \quad (2)$$

$\varnothing$  laserového paprsku je tedy 200  $\mu\text{m}$



Obrázek 20 Svařovací hlava a její uspořádání ve ŠA Vrchlábí [1]

#### 4.6 Vlákňové lasery na trhu

Závod ŠKODA AUTO a.s. ve Vrchlábí používá pro svařování vlákňový laser od firmy ROFIN FL030. Tento laser má maximální výkon laserového záření 3 kW. Skládá se ze tří modulů, z nichž každý má výkon 1 kW. Generovaná vlnová délka je v rozmezí

od 915 nm do 1100 nm, doba trvání samostatného impulsu je od 0,05 ms do nekonečna. Na trhu jsou však ale i jiné značky laserů jako je TRUMPF nebo IPG laser. Od značky TRUMPF lze uvést model TruFiber 2001, který dosahuje výkonu 2 kW a jeho vlnová délka je v rozmezí  $1075 \pm 7$  nm. Závod ŠA ve Vrchlabí vlastní také IPG laser, ten je ale použit na svařovací lince na tzv. dolní hale (která nebyla použita při řešení BP), jedná se o typ VSL-3000. Tento svařovací laser má také výkon 3 kW jako od firmy ROFIN. [18]

## 5 Svařované díly

Ve Vrchlabském závodě ŠA probíhá svařování na výrobní lince, kde laserovému svařování předchází čištění a lisování dílů. Oba tyto procesy ovlivňují kvalitu následného svařování. Výsledná kontrola kvality se provádí tak, že vždy po laserovém svařování podstoupí díl zkoušku ultrazvukem, díl podstupuje také vizuální kontrolu.

Svařují se vždy dvě součásti k sobě, které jsou před samotným svařováním na sebe nalisovány. Bakalářská práce se zaměřuje na výrobu na lince, která je umístěna na tzv. horní hale a probíhá zde výroba ozubených kol od samého začátku výroby převodovky DQ 200 ve Vrchlabí.

### 5.1 Druhy dílů

Laserem se svařují následující typy ozubených kol: ozubené kolo 4., 6., 7. stupně a zpětný chod (viz obr. 20-30). Díly ozubených kol 4., 6. a 7. stupně mají stejný typ svaru. U ozubeného kola zpětného chodu jsou jiné požadavky na svar. Proto dále v bakalářské práci budou výše zmíněné tři převodové stupně řešeny jako jeden a dále bude zvlášť řešeno ozubené kolo pro zpětný chod.

Všechny uvedené svařované díly jsou vyráběny z materiálu TL 4227 (značení dle ŠA). Toto označení materiálu odpovídá podle normy ČSN EN 14220 oceli s označením 16MnCr5 (1.7131). Chemické složení použitého materiálu je uvedeno v tabulce č. 1.

Tabulka 1. Chemické složení materiálu TL 4227 v hmotnostních % [1]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	N <sup>1)</sup>
0,14 až 0,22	≤ 0,12	1,00 až 1,50	≤ 0,035	0,020 až 0,035	0,80 až 1,30	0,015 až 0,040	≤ 0,015

1) poměr Al/N musí být minimálně 2:1

Tabulka 2. Rozměry ozubených kol

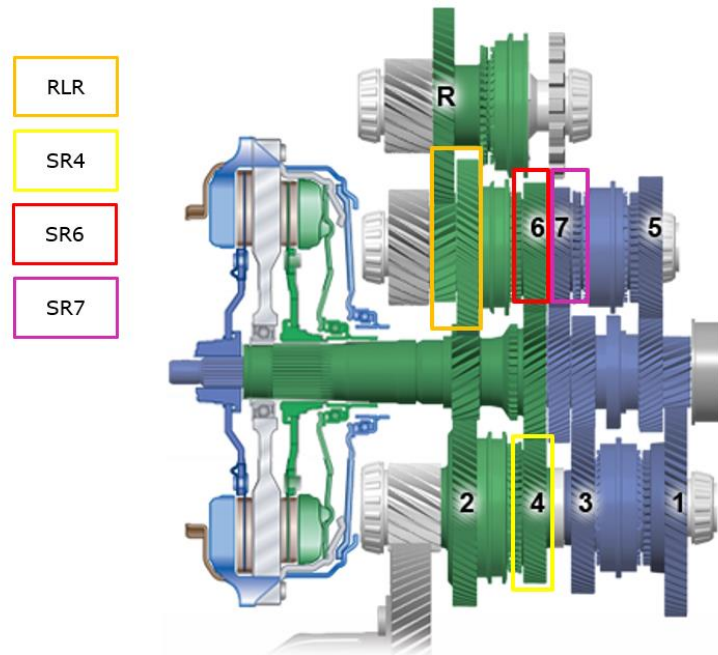
	Vnitřní Ø [mm]	Vnější Ø [mm]
SR4	41	95
SR6	41	80
SR7	41	74
RLR	36	110

#### 5.1.1 Ozubená kola 4., 6. a 7. stupně

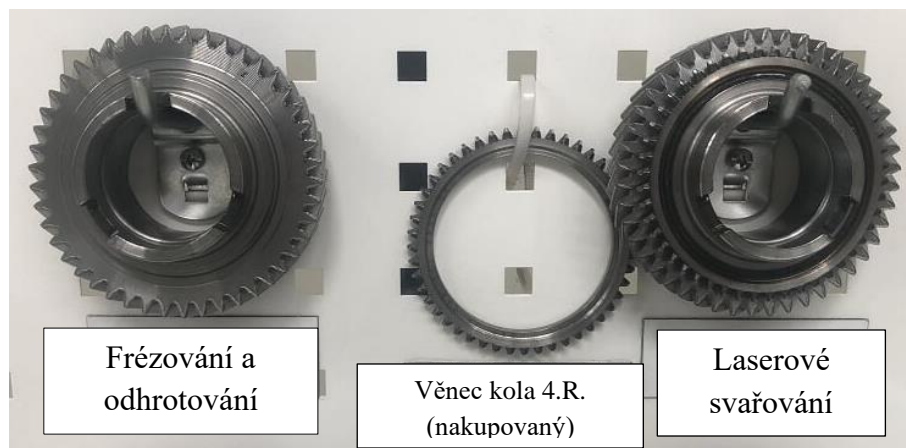
Tato ozubená kola mají stejné předpisy pro svar, která jsou uvedena v interní normě PV 6364. Hloubka průvaru je specifikovaná na 3,5 mm a je zde předepsaná povinná kontrola podle normy PV 6364 (viz kapitola 7). Svarový spoj je označen červeným kroužkem na obrázcích 25, 27 a 29. [22]

Věncová kola pro 4., 6. a 7. stupeň se nakupují. Dováží se uskladněn v papírové krabici, kdy je každý kus uložen ve speciálním sáčku, který zajišťuje ochranu dílu proti salinitě při dovozu přes moře.

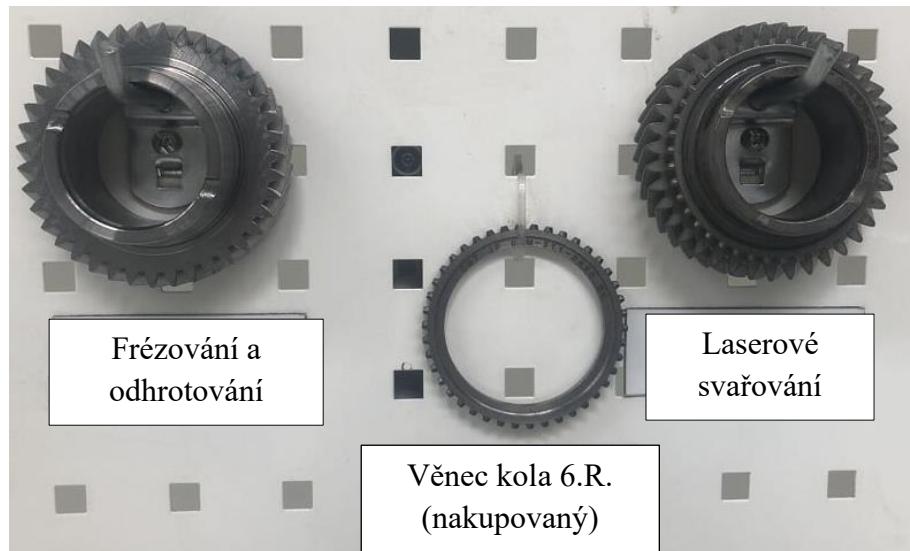
Díly vyráběné ve Vrchlabí se po frézování a odhrotování nijak nekonzervují, jsou převezeny ke svařovací lince, kde se zpravidla ihned vkládají na linku. Zaměstnanci je vkládají v rukavicích, aby nebyly díly nijak znečištěny.



**Obrázek 21** Svařované díly na převodovce DQ 200



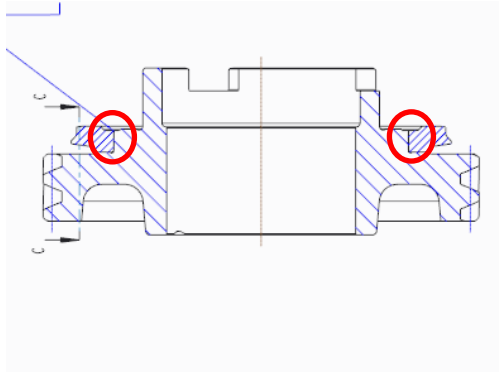
**Obrázek 22** Postup výroby SR4



**Obrázek 23** Postup výroby SR6



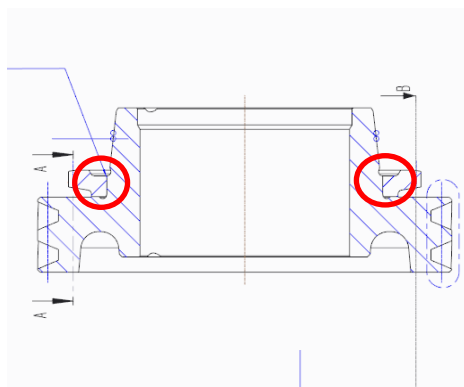
**Obrázek 24** Postup výroby SR7



Obrázek 25 Výkres ozubeného kola 4. stupně s věnečkem [1]



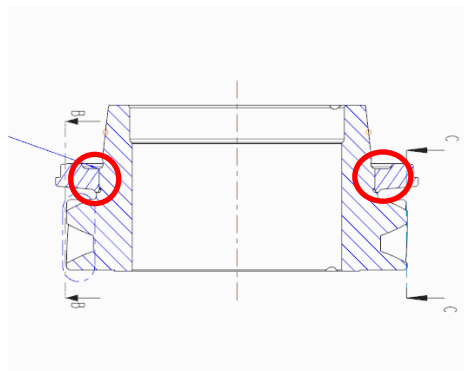
Obrázek 26 Ozubené kolo 4. stupně s věnečkem [1]



Obrázek 27 Výkres ozubeného kola 6. stupně s věnečkem [1]



Obrázek 28 Ozubené kolo 6. stupně s věnečkem [1]



Obrázek 29 Výkres ozubeného kola 7. stupně s věnečkem [1]

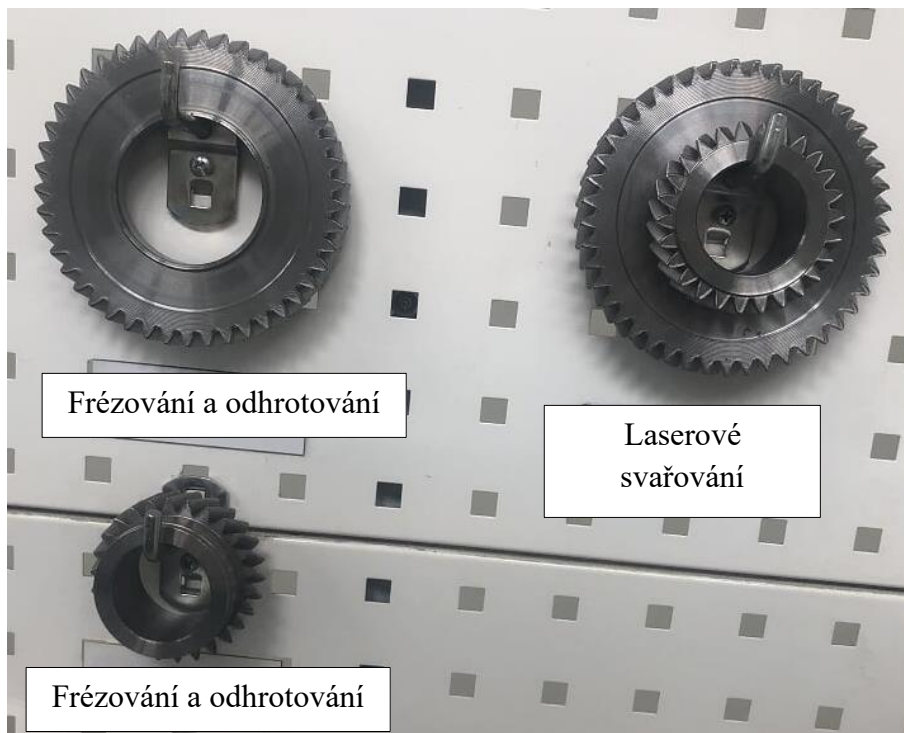


Obrázek 30 Ozubené kolo 7. stupně s věnečkem [1]

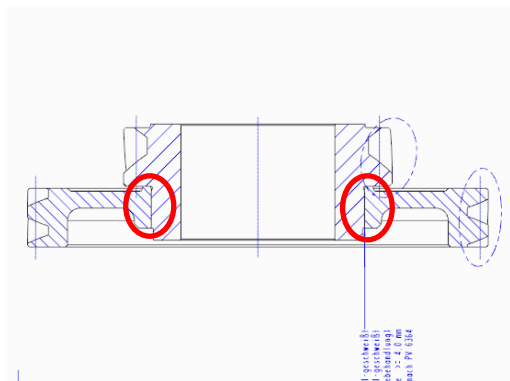
### 5.1.2 Ozubené kolo zpětného chodu

Ozubené kolo zpětného chodu musí mít průvar svaru větší nebo roven 4 mm. Svarový spoj je označen červeným kroužkem (viz obrázek 32). Stejně jako převodová kola 4., 6. a 7. stupně musí splňovat požadavky na ultrazvukovou kontrolu (PV 6364). [22]

U zpětného chodu není žádný díl nakupovaný, všechny části se vyrábí v závodu ŠA ve Vrchlabí. Díly jsou převezeny pomocí vozíku ke svařovací lince, kde se vkládají stejným postupem jako předchozí díly.



**Obrázek 31** Postup výroby RLR



**Obrázek 32** Výkres ozubeného kola zpětného chodu [1]



**Obrázek 33** Ozubené kolo zpětného chodu [1]



## 6 Svařovací linka

Laserová svařovací linka ve ŠA Vrchlabí se skládá z několika na sebe navazujících výrobních procesů.

Jak už bylo uvedeno v předchozí kapitole, díly jsou jak nakupované, tak vyráběné přímo v závodě. Kvalita dílů před vstupem do svařovací linky není nijak ošetřena jakoukoliv normou, předpokládá se tedy, že do linky budou díly vkládány čisté, ale nelze zaručit, že všechny díly mají stejnou kvalitu čistoty povrchu.

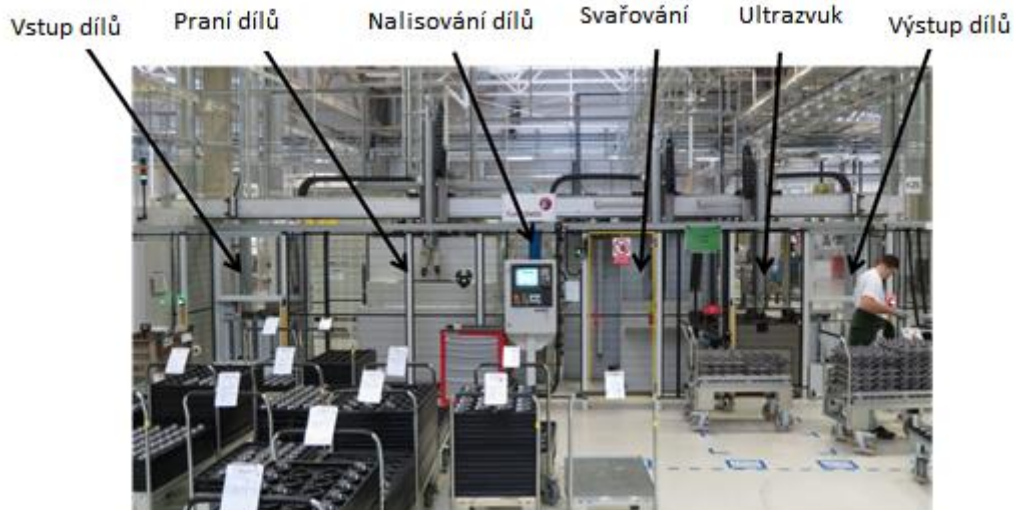
Nejprve díly (ozubené kolo a věneček kola) vstoupí do linky ručním vkládáním obsluhy stroje, dále pomocí robotického ramena jsou přesunuty do „pračky“, kde je prováděno čištění mytím. Tento proces mytí je dvoustupňový, díly se zde omyjí ve speciální lázni vodního roztoku HOUGHTO-CLEAN 141 (viz příloha č. 9) s koncentrací čisticí látky 2 %. Dále se díly přesunou do stejného roztoku s nižší koncentrací (1,5 %). Tento roztok se využívá pro oplach dílů z více koncentrovaného roztoku. Poté následuje sušení ofukem a vzájemné nalisování dílů (ozubené kolo a věneček kola). Díly po nalisování jsou přesunuty ke svařovací buňce. Zde jsou díly nejprve svařeny stehovými svary (ty slouží pouze k předpřípravě svarové plochy) pomocí nízkých procesních parametrů a až poté probíhá vlastní svařování po celém obvodu součásti.

Jakmile jsou díly svařeny, je automaticky kontrolována kvalita svaru pomocí ultrazvukové zkoušky, která probíhá v probublávajícím vodním roztoku Custo 623 (přípravek pro povrchovou úpravu kovů, jedná se o pasivační prostředek<sup>1</sup> ve vodě rozpustný pro oceli a litinu) s koncentrací 2 % (viz příloha č. 10), který slouží pouze k pasivaci. Nakonec je svařená a zkontrolovaná součást přesunuta k výstupu z linky, kde zaměstnanci součásti ručně odeberou.

Takt linky je nastaven tak, aby byl vyroben průměrně jeden díl za 16,35 s, tedy za 1 hodinu se vyrobí zhruba 220 ks.

---

<sup>1</sup> Ochranná vrstva na povrchu kovu, zabraňující korozi nebo narušení povrchu kovu



Obrázek 34 Pohled na automatickou linku pro svařování laserem [4]

## 6.1 Praní dílů v „pračce“

K očištění je použit zásaditý mycí prostředek s názvem HOUGHTO-CLEAN 141 (viz příloha č. 9), který má nízkou chemickou oxidaci a využívá se pro čištění kovů na bázi železa. Výhodou tohoto prostředku je jeho snadná likvidace a multifunkčnost. Využívá se především pro odstranění rezných olejů a běžných nečistot vzniklých ve výrobě a při obrábění. V „pračce“ je možnost nastavit teplotu oplachovací nádrže, která je nastavená  $50 \pm 5$  °C. Teplota sušícího vzduchu se pohybuje  $30 \pm 5$  °C.

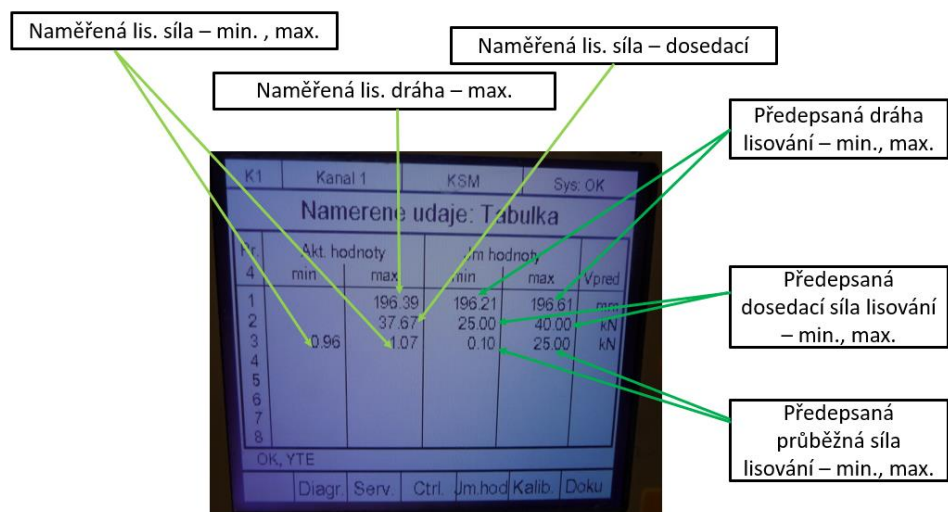
Díly vstupují do automatické „pračky“, kde jsou oplachovány shora, koncentrovanějším vodným roztokem pomocí zvonu, který díly zakryje. Díly se dále přesunou do další části pračky, kde probíhá stejný proces, ale ve vodném roztoku s nižší koncentrací. [19]

## 6.2 Lisování

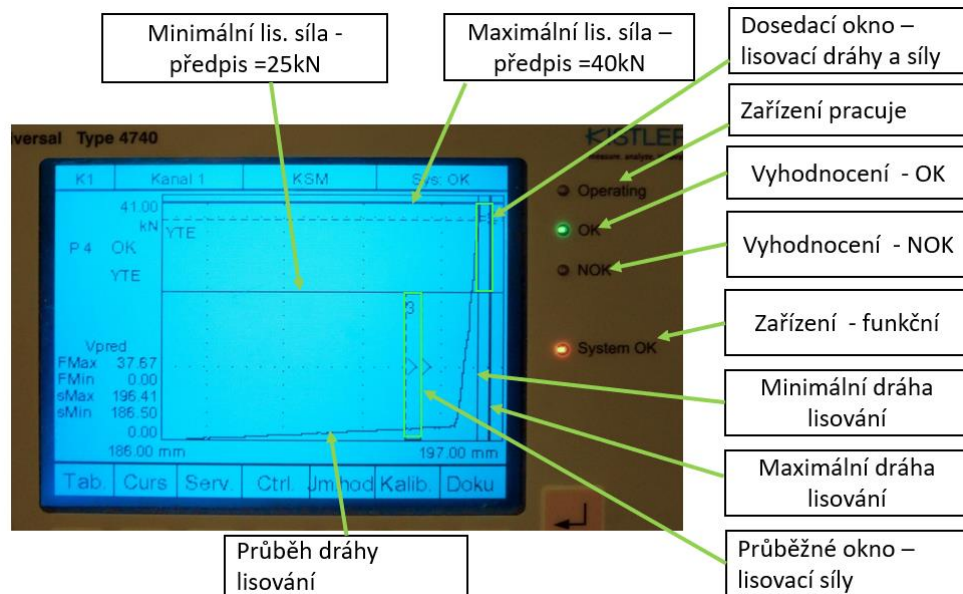
Díly jsou zde na sebe položeny pomocí automatického portálového zařízení od firmy Five Cinetic. Lisování probíhá pomocí lisovacího vřetena s vyhodnocovací jednotkou od firmy Kistler a lisovacím stolem od firmy Five Cinetic. Nalisování má minimální předepsanou dosedací sílu 25 kN a maximální 40 kN. Nastavení síly probíhá pomocí jednotky od výše zmíněné firmy Kistler. Je dána minimální a maximální lisovací dráha (viz obr. 35). [1]



**Obrázek 35 Lisovací stůl od firmy Five Cinetic [1]**



**Obrázek 36 Hodnoty nastavení na lisovacím stole od firmy Kistler [1]**

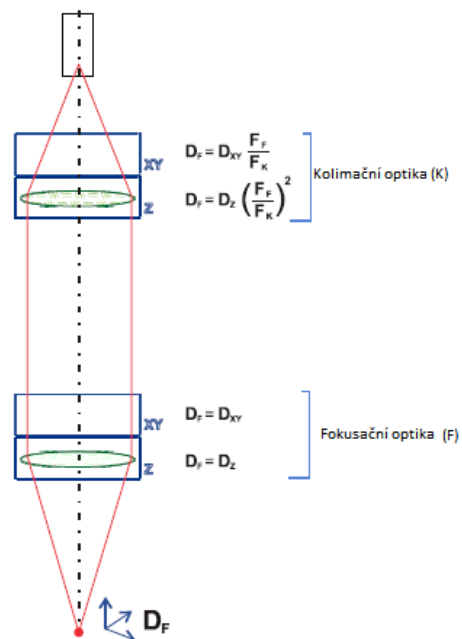


Obrázek 37 Graf průběhu síly na lisovacím stole od firmy Kistler [1]

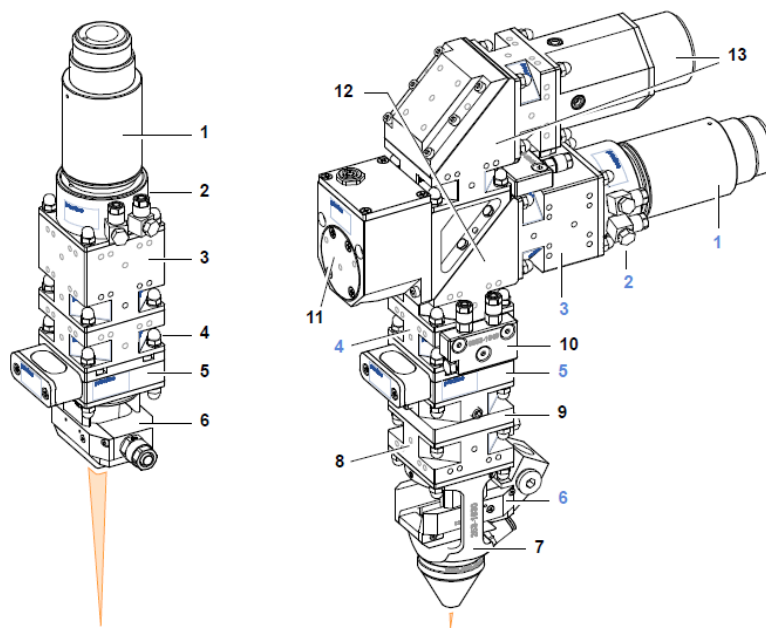
### 6.3 Svařování

Díly se po nalisování přesunou ke svařování. Nalisované díly jsou, jak již bylo dříve řečeno, nejprve se stehovými svary a až po tomto kroku je vytvořen vlastní obvodový svar. Svařování probíhá pomocí svařovací hlavy od firmy PRECITEC a zdrojem od firmy ROFIN s výkonem 3 kW (viz kapitola 4.6).

Svařovací hlava je nastavena na tyto hodnoty: kolimační čočka na hodnotu 200 mm a fokusační čočka na hodnotu 200 mm (viz obr. 19).

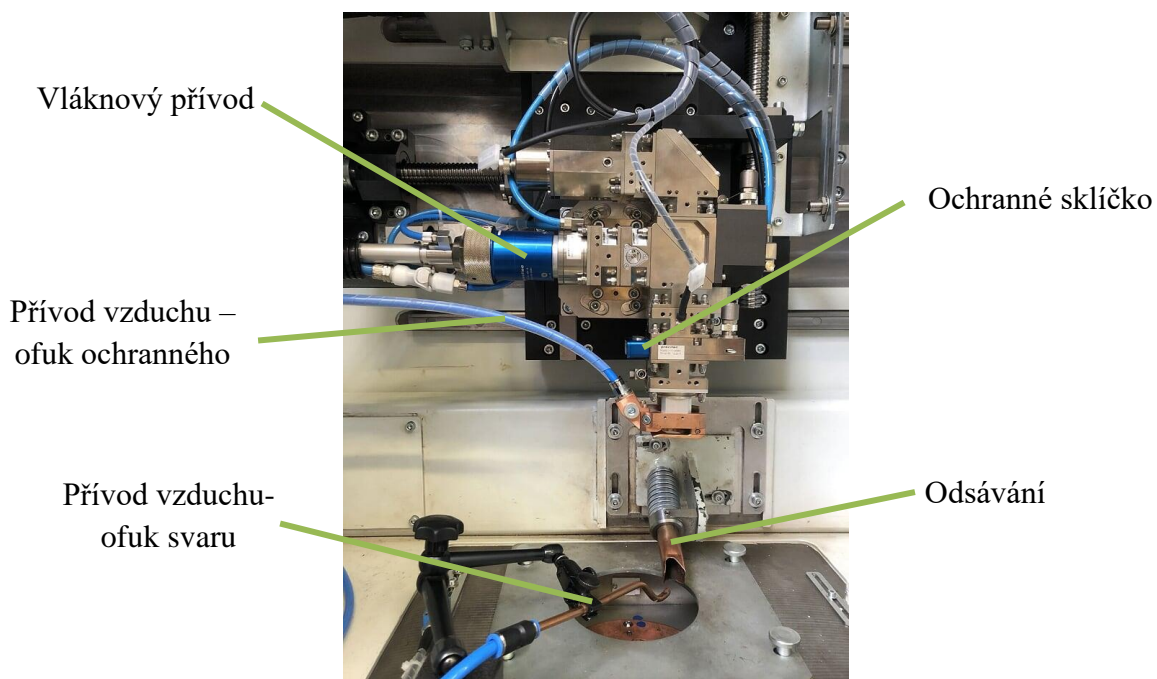


Obrázek 38 Nastavení laserového paprsku od firmy PRECITEC [1]

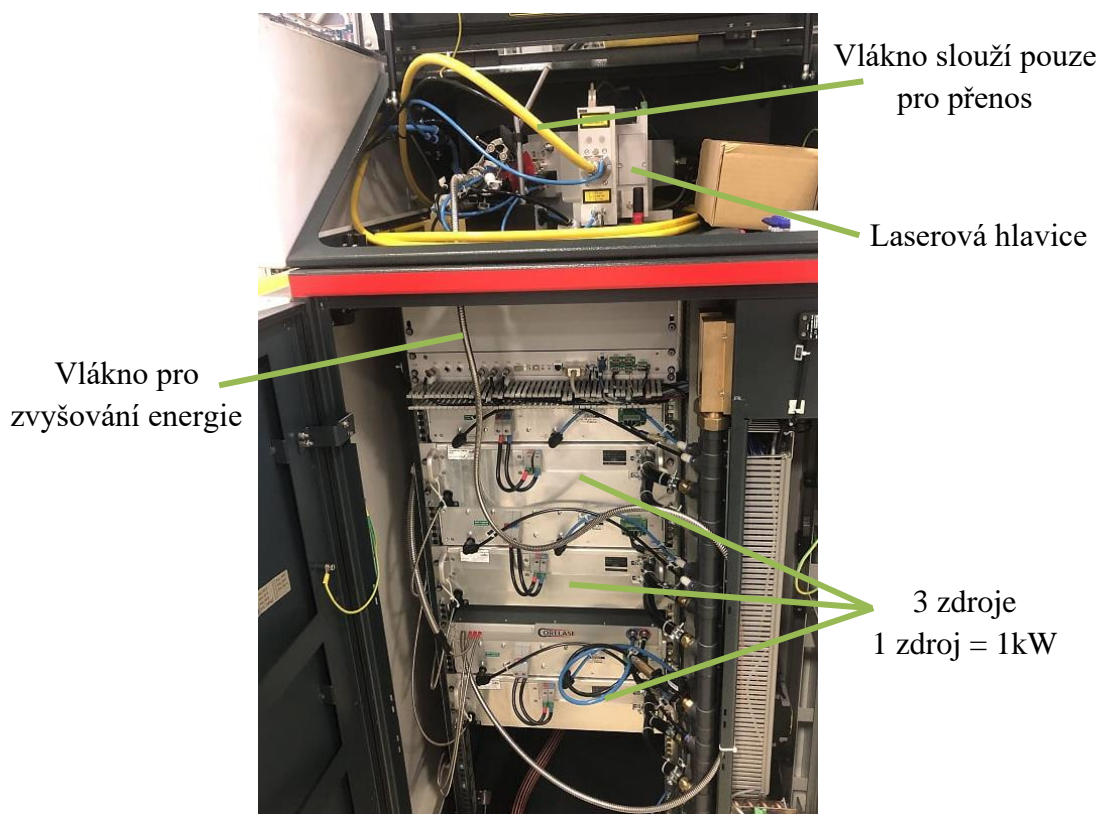


- |                            |                                      |
|----------------------------|--------------------------------------|
| 1 Vláknoový přívod         | 8 Kompenzační plynový modul          |
| 2 Adaptér clony (chlazený) | 9 Nastavovací modul H25 (směry xy)   |
| 3 Kolimační modul          | 10 Chlazení vodou                    |
| 4 Fokusační modul          | 11 Senzor LPM                        |
| 5 Ochranné sklíčko         | 12 Modul na ohyb paprsků             |
| 6 CrossJet CJ              | 13 Senzor LWM se zobrazovací optikou |
| 7 Přívod ochranného plynu  |                                      |

Obrázek 39 Svařovací hlava od firmy PRECITEC – popis [1]



Obrázek 40 Svařovací hlava od firmy PRECITEC



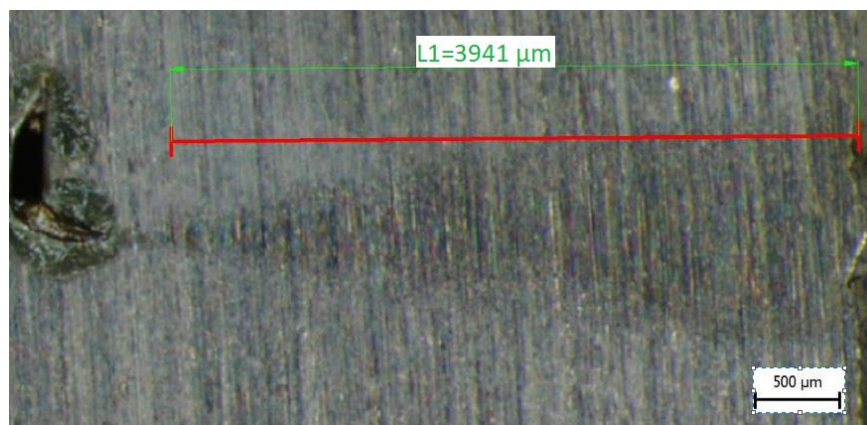
Obrázek 41 Zdroj od firmy Rofin

### 6.3.1 Parametry svařování

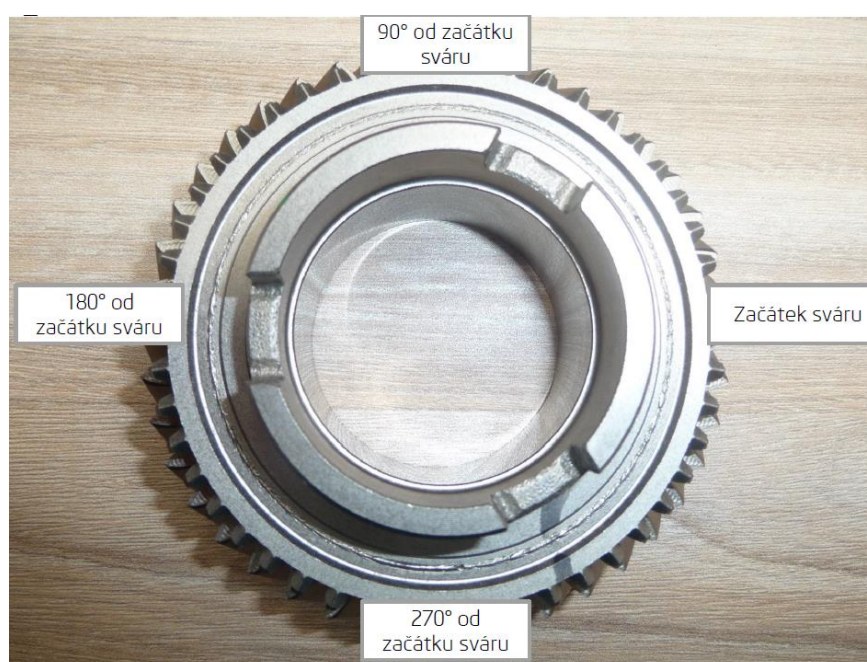
Každý díl (pro jednotlivé převodové stupně) má přednastaven jiné parametry pro stehování a svařování. Tyto hodnoty parametrů byly odladěny dlouholetým provozem a jsou považované za optimální pro dané díly.

Tabulka 3. Nastavené hodnoty svařovacích parametrů

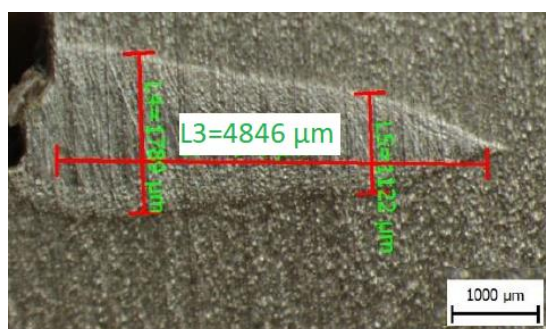
	Svařovací parametry			Stehovací parametry	
	Svařovací výkon [W]	Svařovací rychlost [mm/min]	Hloubka průvaru [mm]	Svařovací výkon [W]	Svařovací rychlost [mm/min]
SR4	2500	2250	3,5	1320	8000
SR6	1700	1650	3,5	1000	8000
SR7	1700	1700	3,5	1000	8000
RLR	2100	1100	4	1250	8000



Obrázek 42 Makrovýbrus laserového spoje zobrazující hloubku průvaru u dílu SR4 [1]



Obrázek 43 Čelní pohled na svar ozubeného kola dílu SR4 [1]



Obrázek 44 Makrovýbrus laserového spoje zobrazující hloubku průvaru dílu RLR [1]

# 7 Kontrola svařovaných dílů

## 7.1 Vizuální kontrola

Vizuální kontrola se provádí na každém svařeném dílu okamžitě po svaření, u dílu SR4 probíhá vizuální kontrola pod lupou až po zakalení. Kontroluje se svar především s ohledem na rozstřík svarového kovu, převýšení svaru na dosedací ploše (které by tam nemělo být), soustředěnost svaru ke spáře, čistota svaru, případná další poškození a správná kompletnost dílu. [3]

U vizuální kontroly se hodnotí především maximální délka jednotlivých vad. Při počtu zubů  $< 40$  může být vada na vzdálenosti 1 zub + 1 zubová mezera věnce, při počtu zubů  $> 40$  může být vada na vzdálenosti 2 zuby + 1 zubová mezera. Maximální počet jednotlivých vad je 3. [1]

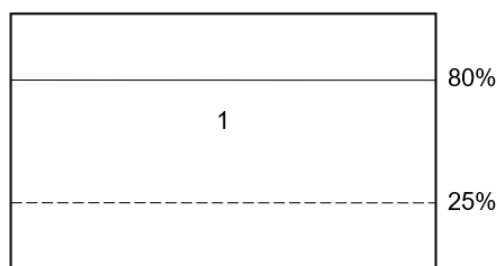
## 7.2 Ultrazvuková kontrola

Ultrazvuková kontrola v rámci výrobní linky je dána interní normou PV 6364. Tato kontrola se provádí na každém dílu pomocí přístroje VOGT, která je realizována probublávající technikou ponorem ve vodném roztoku s 2 % koncentrací Custos 623 (viz příloha č. 10). [20, 22]

Norma PV 6364 specifikuje ultrazvukovou zkoušku svarových spojů. Svarový spoj musí splňovat kvalitní požadavky na spojení svarového kovu a základního materiálu (viz obrázek 47). [1, 22]

Kontrola probíhající následujícím způsobem začíná na velikosti minimální hloubky provaření (viz obrázek 46). Omezení ve směru povrchu svaru není definováno. Je třeba se snažit o maximalizaci oblasti kontroly v závislosti na kontrolní hlavici. Přístroj je nastaven tak, že zkouška je vyhodnocována pouze v části 1 (viz obrázek 45). „Úroveň echa v nesvařené oblasti musí být minimálně 80% výšky stínítka po celém obvodu“ [22].

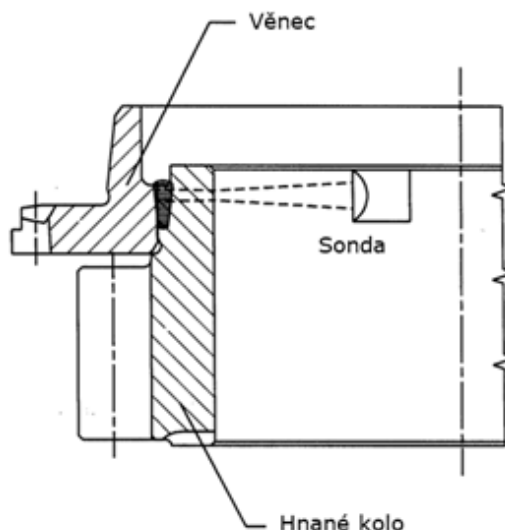
Kontroluje se i funkčnost UT kontroly, a to jednou za 120 min pomocí měrky. [1]



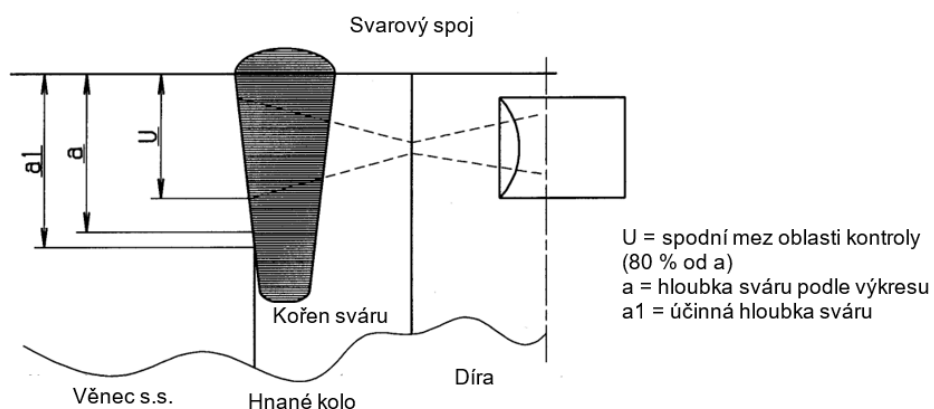
**Obrázek 45** Způsob hodnocení UT zkoušky úroveň prahu na stínítku [1]

1 Oblast vyhodnocení signálu, 80 % výška stínítka jako minimální výšky oběhu echa chyb v nesvařené oblasti, 25 % výška stínítka jako práh sledování a registrace signálů



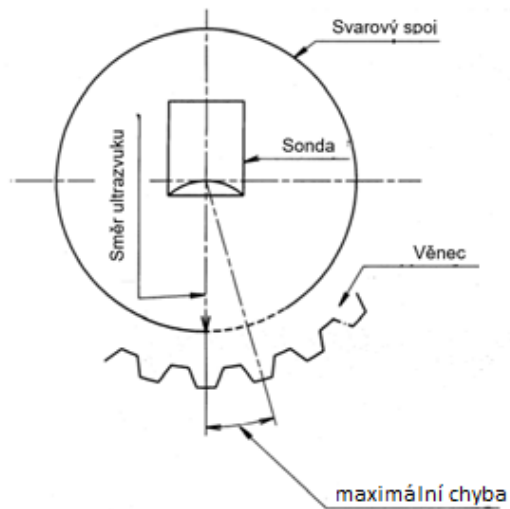


**Obrázek 46** Oblast UT kontroly svarového spoje (schéma) [1]



**Obrázek 47** Oblast UT kontroly svarového spoje – detail (zvětšený řez) [1]

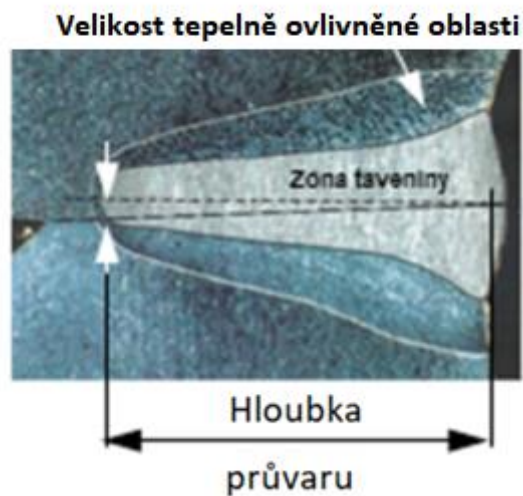
Z hlediska ultrazvukové kontroly jsou kontrolovány především následující vady: chyby polohy svaru, nedostatečné provaření, podélná porozita nebo místní trhliny. Kolo musí být kompletně obvodově svařeno, aby byl svar těsný a bylo zabráněno vnikání vody. Vady se vyhodnocují pomocí počítačově řízeného signálu. Hodnoty mohou mít maximálně sumu všech signalizovaných vad do 10 % délky svaru nebo maximálně sumu jednotlivé chyby 5 % délky svaru nebo maximálně 5 jednotlivých chyb na celou délku svaru.



Obrázek 48 Maximální délka jednotlivé vady (při počtu zubů  $\leq 40$ ) [1]

### 7.3 Kontrola velikosti svaru

Kontrola velikosti svaru (resp. hloubka průvaru) se realizuje v laboratoři metalograficky (destruktivní metodou). Tato zkouška byla prováděna při praktické části a je popsána v kapitole 10.1.2. Vždy na začátku směny po seřízení stroje a při každé změně nastavení procesních parametrů.

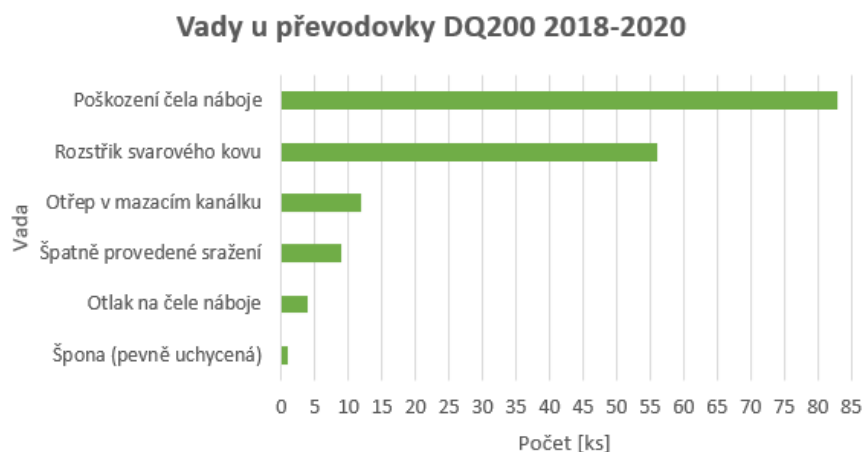


Obrázek 49 Hloubka průvaru [4]

## 8 Vady na dílech svařovaných kol 4., 6., 7. převodového stupně a zpětného chodu převodovky DQ 200

Následuje statistické zpracování dat vyhodnocených z auditů závodu ŠKODA AUTO a.s. ve Vrchlabí z období: 2018 až říjen 2020, kdy bylo vyhodnoceno zhruba 180 ks svarových spojů. Z auditů byly vybrány pouze informace, které se týkaly daných ozubených kol. Z obrázku 50 je vidět, že největší problém je poškození čela náboje (viz obrázek 51), tato vada je specifikována výkresovou dokumentací (a nesouvisí přímo se svařovacím procesem), jako další vady geometrie nástroje. Druhá nejčastější vada je rozstřík svarového kovu dle interní normy PV 3370 (viz obrázek 52). Další nejčastější vady opět nesouvisí přímo se svařováním.

Celkově bylo vyhodnocováno 183 vad z toho 151 vad se vyskytovalo na ozubených kolech převodových stupňů 4, 6, 7 a zpětného chodu, ostatní vady se vyskytovaly na dílech, které se nesvařují. Z těchto čtyř ozubených kol byly nejvíce problémové převodové stupně 4 a 6 (viz obrázek 57).



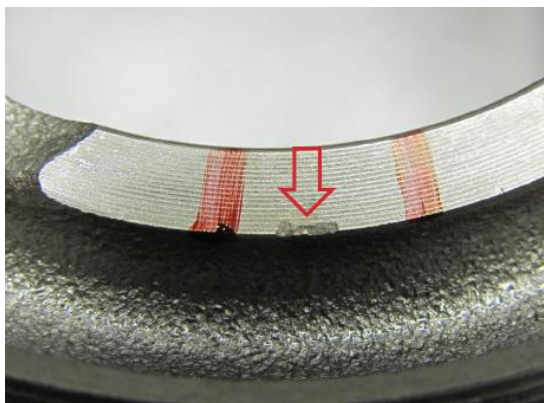
Obrázek 50 Vady vyhodnocené u převodovky DG200 v období 2018-2020

**Geometrické vady výrobků a svarových spojů definují především následující normy:**

- ČSN EN ISO 8062-1 Geometrické specifikace produktů (GPS) - Rozměrové a geometrické tolerance tvarovaných součástí – Část 1: Slovník
- ČSN EN ISO 6520-1 Svařování a příbuzné procesy – Klasifikace geometrických vad kovových materiálů – Část 1: Tavné svařování

- ČSN EN ISO 1319-1 Svarové spoje zhotovené elektronovým a laserovým svařováním – Požadavky a doporučení pro určování stupňů jakosti – Část 1: Ocel, nikl, titan a jejich slitiny

Nicméně nalezené vady, které se nacházejí na těchto dílech, nejsou popsány interními předpisy a neexistuje pro ně konkrétní směrnice pro hodnocení (ukázky vad jsou zobrazeny na obrázcích 51–56). Vady jsou řešeny podle výkresové dokumentace, kromě zbytkových nečistot, tato vada je určována dle interní normy PV 3370, jak už bylo zmíněno v předchozím textu BP.



Obrázek 51 Poškození čela náboje [1]



Obrázek 52 Rozstřík svarového kovu [1]



Obrázek 53 Ořep v mazací drážce [1]



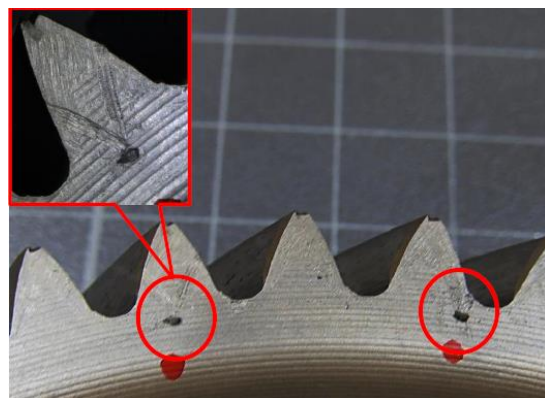
Obrázek 54 Špatně provedený keeping<sup>2</sup> [1]

---

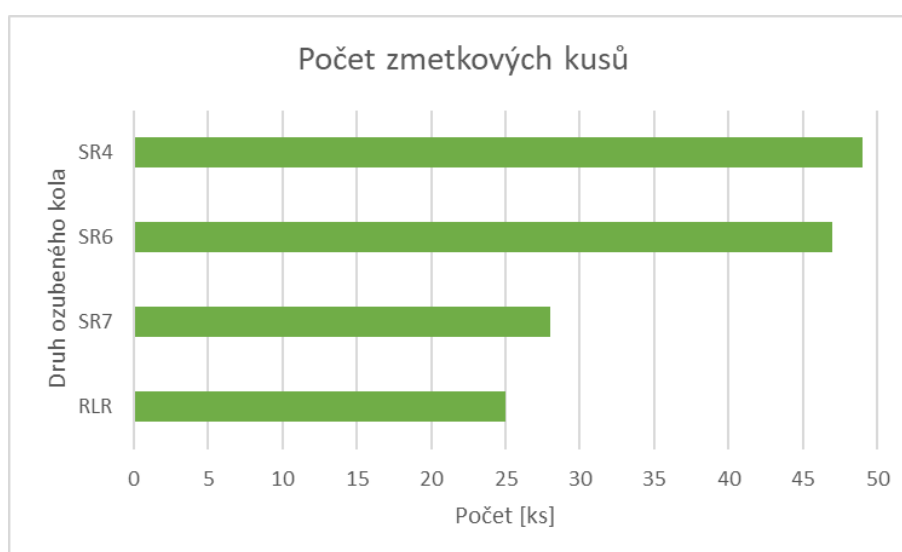
<sup>2</sup> Špatně provedené sražení – prováděno vytlačováním



Obrázek 55 Otlak na čele náboje [1]



Obrázek 56 Špona na boku kola [1]



Obrázek 57 Počty nevyhovujících jednotlivých ozubených kol

Jak je uvedeno výše, zásadní vada spojená se svařovacím procesem je rozstřík svarového kovu. Nicméně funkční problém je s touto vadou spojen pouze u ozubeného kola SR4, a to z toho důvodu, že svarová plocha je též plochou dosedací. Tato ozubená kola podstupují jako jediná vizuální kontrolu pod lupou, protože je zde nezbytné, aby plocha byla bez rozstříku svarového kovu. U ostatních svařovaných ozubených kol, tedy SR5, SR7 a RLR je rozstřík pouze estetickou vadou a na funkčnost nemá vliv.

## 8.1 Předpis pro rozstřík svarového kovu dle interní normy PV 3370

Zkouška zbytkových nečistot je definovaná ve ŠA normou PV 3370, která definuje zbytkové nečistoty pro součásti převodovek a má za cíl zajišťovat čistotu vnitřních prostorů převodovek. Zkouška se provádí na načisto obrobených, očištěných a pro montáž schválených konstrukčních celcích. Požadovaný počet zkušebních dílů se vyjme z obalu, očistí v laboratorních podmínkách, odstraněné zbytky se vyfiltrují a vyhodnotí podle velikosti částic, hmotnosti a jejich druhu. [1, 23]

### **8.1.1 Realizace zkoušky na zbytkové nečistoty**

Díly pro finální montáž jsou vyjmuty z originálního obalu. Čištění probíhá v organickém rozpouštědle na bázi uhlovodíku. Čištění se provádí za pomoci nízkotlakého ostřikování stříkací lahví, střednětlakého ostřikování pomocí stříkací pistole v čisticí kabině, čištěním ultrazvukem, mácháním v rozpouštědle anebo oboustranným proplachováním pomocí membránového čerpadla (proplachování vnitřku). Zkušební kapalina má odstranit nečistoty ulpívající na součástech. Vyhodnocení zkoušky a tím zjištění hmotnosti zbytkových nečistot se zjišťuje zpětným vážením filtru osušeného s konstantní hmotností. Výsledek v mg/díl se vydělí počtem zkušebních kusů. Dále se také určuje velikost částic a popřípadě i jeho složení. [1]

## 9 Vyhodnocení kvality svarů v závislosti na změně svařovacích parametrů a podmínek procesu výroby

Tyto zkoušky byly v minulosti prováděny v závodu ŠA ve Vrchlabí, aby mohl být vyhodnocen vliv parametrů a podmínek procesu svařování na kvalitu svarových spojů a zamezilo se výskytu rozstříku svarového kovu.

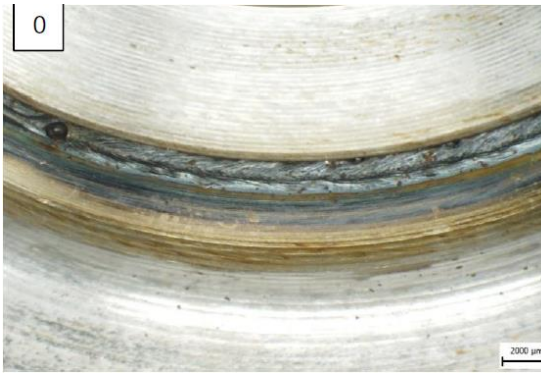
### 9.1 Zkouška svařování v závislosti na parametrech

Tato zkouška byla prováděna na kolech zpětného chodu. Měření „0“ je sériové nastavení svařovací linky (procesních parametrů) pro porovnání (výkon 2100 W, rychlost svařování 1600 mm/min a fokusace laserového paprsku na povrch svařovaného dílu). Postupně byly měněny parametry následujícím způsobem: u vzorků 1, 2 byl navýšen výkon laseru až na 2500 W s fokusací paprsku mírně pod úroveň povrchu. U vzorků 3 a 5 byla snížena rychlost svařování až na 1200 mm/min s fokusací mírně pod úroveň povrchu. U vzorku 4 byla provedena kombinace změny výkonu a rychlosti svařování. U vzorku 6 byla ještě odzkoušena výraznější změna fokusace paprsku.

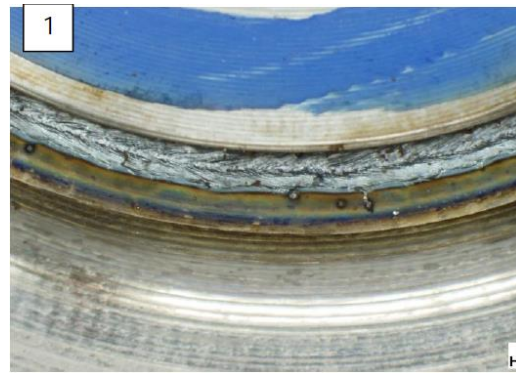
Tabulka 4. Hodnoty průvaru v závislosti na změně parametrů

typ kola	označení	výkon [W]	rychlost [mm/min]	focus	provaření
RLR	0	2100	1600	0	4,2
RLR	1	2300	1600	-3	3,3
RLR	2	2500	1600	-2	4,2
RLR	3	2100	1300	-2	3,9
RLR	4	2300	1400	-2	4,03
RLR	5	2100	1200	-2	4,2
RLR	6	2100	1200	-5	3,6

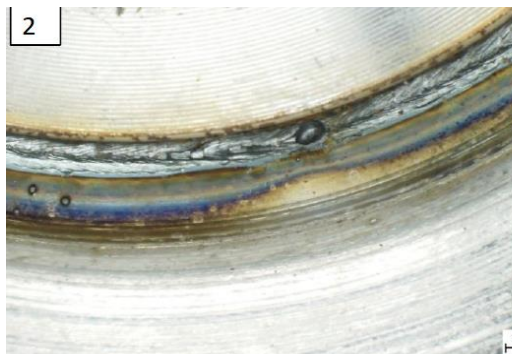
Na obrázcích 58 až 64 jsou zobrazeny výsledné svarové spoje (v čelním pohledu) pro jednotlivé zkušební vzorky po změně parametrů.



**Obrázek 58** RLR označení 0 [1]



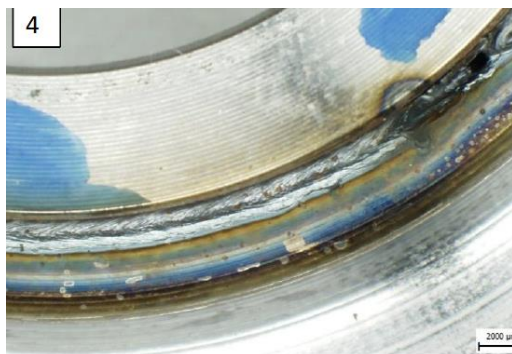
**Obrázek 59** RLR označení 1 [1]



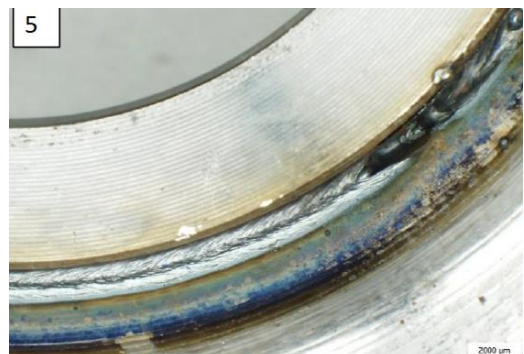
**Obrázek 60** RLR označení 2 [1]



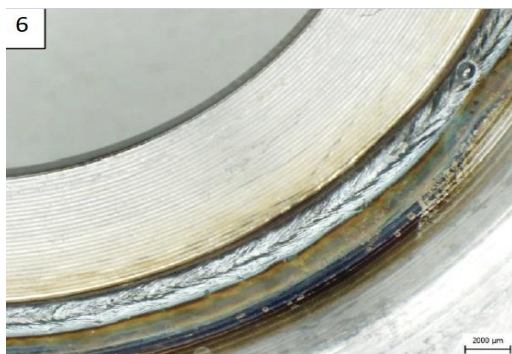
**Obrázek 61** RLR označení 3 [1]



**Obrázek 62** RLR označení 4 [1]



**Obrázek 63** RLR označení 5 [1]



**Obrázek 64** RLR označení 6 [1]

Při zvýšení svařovacího výkonu lze na obrázku 60 vidět zhoršení rozstříku svařového kovu. Ze vzorku 5 a 6 lze vidět, že změna fokusace (zaostření) nemá velký



vliv na povrchovou kvalitu svaru. Z obrázků 56 až 62 je také vidět, že pro vyšší kvalitu svarů je lepší zvolit menší výkon a delší dobu svařování. Závěr této zkoušky svařování bylo doporučení neměnit sériové nastavení parametrů („0“). Pokud by došlo ke zhoršení svařovaného povrchu, je doporučeno přejít na parametry nastavení 5 nebo 6.

## 9.2 Svařování s ochrannou atmosférou

Tato zkouška byla prováděna na převodových kolech 4. stupně na stroji Fives Cintetic s použitím ochranné atmosféry Varigon HE 30 (směs argonu a helia - 70/30 %) od firmy Linde Gas a.s. První měřený díl označen „1“ je odebrán jako porovnávací díl, před přeseřizováním svařovací linky. Ostatní díly byly svařovány se stejnými svařovacími parametry, měnil se pouze průtok ochranné atmosféry. Díly byly vyhodnocovány podle kvality povrchu svaru vizuální kontrolou. Metalografická zkouška byla prováděná pouze na vybraných vzorcích. [1]

Tabulka 5. Hodnoty nastavení při zkoušce s ochrannou atmosférou

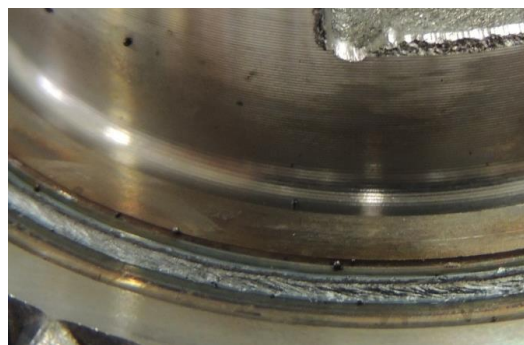
Označení dílu	Použitý plyn	Množství plynu při 6-7 Bar [l/min]	Výkon laseru [W]	Rychlost svařování [mm/mn]	Hloubka průvaru [mm]
1	stlačený vzduch	38	2100	2300	3,816;3,858
2	Varigon HE 30	20	2100	2300	3,620;3,615
3	Varigon HE 30	25	2100	2300	3,535;3,534
4	Varigon HE 30	30	2100	2300	---
5	Varigon HE 30	38	2100	2300	3,630;3,805



Obrázek 65 Zkušební vzorek č. 1 kola SR4 [1]



Obrázek 66 Zkušební vzorek č. 2 kola SR4 [1]



Obrázek 67 Zkušební vzorek č. 3 kola SR4 [1]



Obrázek 68 Zkušební vzorek č. 4 kola SR4 [1]



Obrázek 69 Zkušební vzorek č. 5 kola SR4 [1]

Závěrem této zkoušky je, že vliv ochranného plynu Varigon HE 30 neprokázal pozitivní vliv na výsledek povrchu svaru. Tento ochranný plyn byl vybrán z důvodu zlepšení kvality svařeného spoje a snížení pravděpodobnosti vad (nižší poretita). Také měl zajistit možnost rychlejšího svařování, díky přidanému heliu (které má vyšší tepelnou vodivost a tím přenáší do svaru větší množství tepla) a tím snížit výrobní náklady. Hodnoty výkonu při zkoušce byly zmenšeny a rychlost svařování byla zvětšena oproti nastaveným provozním hodnotám (výkon 2500 W, rychlost 2250 mm/min). Při porovnání dílů 2 až 4 s dílem 1 je vidět zhoršení rozstříku svarového kovu. Některé kuličky z rozstříku roztaveného svarového kovu byly nataveny k povrchu, jiné byly volně na povrchu. Což je nepřijatelné.

### 9.3 Zkouška se separačním přípravkem

Další zkouška byla provedena na dílech SR4 v automatickém režimu s čištěním, které je popsáno v kapitole 6.1. Díly byly rozděleny do dvou skupin po 3 ks. U první skupiny (vzorky označeny Y1, Y2, Y3) byl po praní nanesen separační přípravek SPECTRA WT 20<sup>3</sup> (který by měl zabránit ulpění případného rozstříku svarového kovu

---

<sup>3</sup> Bezsilikonová svařovací separace – zabraňuje napečení rozstříku při svařování na hubičích hořáků, svařovaných dílech

na povrchu součásti) a následně byly díly svařeny. Skupina vzorků S1, S2 a S3 byla svařena dle technologického postupu (bez použití separačního přípravku). [1]



*Obrázek 70 SR4 označení Y1 [1]*



*Obrázek 71 SR4 označení S1 [1]*



*Obrázek 72 SR4 označení Y2 [1]*



*Obrázek 73 SR4 označení S2 [1]*



*Obrázek 74 SR4 označení Y3 [1]*



*Obrázek 75 SR4 označení S3 [1]*

Cílem této zkoušky mělo být odstranění „rozstříku“ svarového kovu (kuliček) na povrchu svařovaných dílů, které vznikají rozstříkem svarového kovu. Zkouška s použitím separačního přípravku nicméně nepotvrdila významný vliv na zlepšení kvality svaru (snížení rozstříku). Rozstřík se usazoval i přes použití separačního přípravku.

## 10 Zkouška vlivu podmínek na kvalitu svaru

Tato zkouška byla prováděna na ozubeném kole SR4 a SR6. Tato kola byla zvolena, jelikož ze statistiky vyskytujících se vad vyšla jako nejvíce problémová (viz obrázek 50). Další faktor byl, že u kola SR4 je plocha dosedací, tudíž vady svaru (rozstřík) zde nejsou přípustné.

Zkouška proběhla pouze na 10 vzorcích (5 na díle SR4 a 5 na díle SR6) z důvodů časové náročnosti a omezení výroby na lince.

Nejprve proběhlo odebrání dílů před vstupem do linky. Díly byly odvezeny do laboratoře, kde proběhlo označení dílů, vnesení vlivů (viz kapitola 10.1.2) a následné prvotní změření znečištění dílů pomocí přístroje Recognoil QB (viz kapitola 10.1), poté díly byly převezeny zpět na linku. Díly se vložily do linky, kde prošly pouze pračkou, z důvodu zjištění znečištění po vyprání a před svařováním. Díly byly odebrány, odvezeny do laboratoře, kde proběhlo měření znečištění dílu na přístroji Recognoil QB. Místa na dílech, kde byl vnesen vliv vyšší koncentrace koncentráту z pračky, byl znovu označen a díly byly vysušeny. Následovalo měření znečištění na dílech, kde proběhlo opětované vnesení dílu koncentrátem. Díly opět byly odvezeny k lince, kde proběhl cyklus linky, ale bez praní. Díly byly po svaření odebrány z linky. Následně na všech proběhla vizuální kontrola a na dvou dílech od každého druhu ozubeného kola metalografická zkouška.

### 10.1 Recognoil QB od firmy Techtest

Přístroj Recognoil je stolní detektor kontaminace znečištění povrchových dílů. Objekt je ozářen pomocí 24 výkonných UV LED zářičů. Díky tomu kontaminanty vyvolají fluorescenci a jsou zachyceny pomocí citlivého detektoru. Proces snímání je bezkontaktní, rychlý a nevyžaduje přípravu povrchu dílu. Díky softwaru Recognoil PRO jsou data zpracována a vizualizována, je možno provádět statistickou a rozhodovací analýzu, vytvářet protokoly atd.

Zařízení však není vhodné pro každý materiál. Materiál by měl být na bázi kovu (nejlépe ocel nebo hliník). S dalšími materiály jako jsou sklo, plast, papír musí být upraveny speciální podmínky a materiály se musí testovat. Přístroj vyhodnocuje data podle vykazování fluorescence, proto nejsou vhodné materiály jako je keramika, plasty atd., je tedy nutné ověřit vhodnost materiálu pro měření na přístroji.

Fluorescence je typická pro izolanty a polovodivé materiály, kovy jsou dobrými elektrickými vodiči, nemají schopnost fluorescence, proto je na nich snadné zjišťovat fluorescenci kontaminujících prvků. [24, 25]



**Obrázek 76**    *Přístroj Recognoil QB [24]*

### **10.1.1 Nastavení jednotek F.U.**

Hodnoty z přístroje se odečítají podle jednotek F.U., nikdy ne podle barevné mapy. Barvu mapy si nastavuje obsluha přístroje, aby znečištění na mapě bylo vidět co nejlépe. Nastavení mapy lze uzamknout a porovnávat s dalším měřením, aby bylo možné mapy porovnat.

Jednotka F.U. (střední hodnota vztažená na měřenou plochu a obrazový výstup zobrazující rozložení nečistot na povrchu dílu) je pouze pomocná informace pro porovnání měření. Nejedná se o fyzikální jednotku. Hodnota F.U. tedy slouží pro porovnání naměřených hodnot. Pokud dojde ke snížení intenzity fluorescence, můžeme říct, že se snížilo znečištění a naopak. [25]

### **10.1.2 Průběh měření**

Díly SR4 a SR6, byly odebrány z místa pracoviště. Při manipulaci nebyly kontaminované měřené plochy (ani dotykem obsluhy). Díly byly označeny čísly 1 až 4.

- Díl č. 1 nebyl zde proveden žádný zásah, aby byl k dispozici počáteční stav, v jakém díly vstupují do linky.
- Díl č. 2 byl vyčištěn technickým lihem, aby bylo zjištěno, jestli by čištění dílů před vstupem do linky a zajištění stejných hodnot čistoty dílů, mělo vliv na kvalitu svarů.
- U dílu č. 3 byl pipetou nanesen odebraný koncentrát z pračky, pro ověření, zda v tomto místě bude vada svaru, z důvodu špatného praní a sušení
- Díl č. 4 byl vneseno umělé zamaštění prstem (vytvořen otisk), jelikož pracovníci standartně díly berou do rukou bez ochranných rukavic. Vzorek měl sloužit ke zjištění, jestli má vliv, když dojde

ke vzájemnému kontaktu rukou a součásti (a dojde tak ke kontaminaci dílu potem).

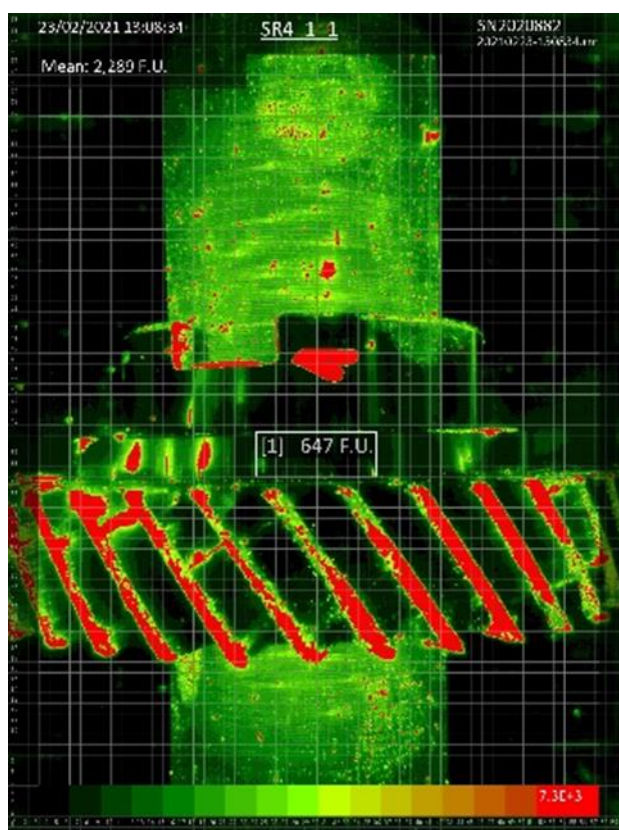
Takto připravené díly byly dále oprášeny pomocí ofukovacího balónku a vloženy na připravený přípravek do přístroje. Přístroj byl poté uzavřen a bylo spuštěno měření.

Měření znečištění jednotlivých dílů před očištěním (při vstupu do linky):

**Tabulka 6. Hodnoty F.U. převodového kola SR4 před praním**

	SR4 před praním [F.U.]				
	Díl 1	Díl 2	Díl 3	Díl 4	Díl 5
1- Bez vneseného vlivu	647	611	1157	1074	2096
2- Vyčištěno technickým lihem	813	620	610	1699	418
3- Zvýšená koncentrace roztoku z mycí lázně	14349	11510	14061	10273	21977
4- Vnesené umělé zamaštění	3875	16062	3573	4456	15459

Výstup měření ze zařízení (viz obrázek 77), kde je příklad pro díl 1, vzorek 1. Ostatní díly a vzorky jsou uvedené v příloze (viz příloha č. 1 a 2).



**Obrázek 77** Výstup z aplikace od firmy TechTest s.r.o. dílu SR4 před praním (díl 1 bez znečištění)

**Tabulka 7. Hodnoty F.U. převodového kola SR6 před praním**

	SR6 před práním [F.U.]				
	vzorek 1	vzorek 2	vzorek 3	vzorek 4	vzorek 5
1- Bez vneseného vlivu	688	2190	909	880	1938
2- Vyčištěno technickým lihem	1999	1242	791	1324	1270
3- Zvýšená koncentrace roztoku z mycí lázně	7611	5472	14600	8553	9540
4- Vnesené umělé zamaštění	11815	15385	3382	4133	2895

Díly po změření znečištění byly odneseny zpět na linku, kde proběhlo umytí dílů v pračce bez nalisování kroužku. Po fázi čištění byly díly opět odebrány z linky a opětovně změřeny z hlediska znečištění.

**Tabulka 8. Hodnoty F.U. převodového kola SR4 po prání**

	SR4 po prání [F.U.]				
	vzorek 1	vzorek 2	vzorek 3	vzorek 4	vzorek 5
1- Bez vneseného vlivu	12468	2177	9898	1740	3279
2- Vyčištěno technickým lihem	7965	2003	1712	1497	3379
3- Zvýšená koncentrace roztoku z mycí lázně	4574	1799	1636	1895	3252
4- Vnesené umělé zamaštění	6075	2767	5781	1581	2341
3+ zvýšená koncentrace roztoku z mycí lázně	7023	8378	13865	10996	8694

**Tabulka 9. Hodnoty F.U. převodového kola SR6 po prání**

	SR6 po prání [F.U.]				
	vzorek 1	vzorek 2	vzorek 3	vzorek 4	vzorek 5
1- Bez vneseného vlivu	3448	2513	4339	1784	2588
2- Vyčištěno technickým lihem	4738	19427	2015	2558	1867
3- Zvýšená koncentrace roztoku z mycí lázně	1354	1912	1730	16801	5440
4- Vnesené umělé zamaštění	2894	1684	3081	2640	2128
3+ zvýšená koncentrace roztoku z mycí lázně	9934	19788	10445	15781	13748

Po změření znečištění (viz tabulka 8 a 9) byla na díl 3 nanášena opět koncentrace roztoku z pračky a ještě jednou změřeno znečištění v přístroji (viz poslední řádek v tabulce 8 a 9), z důvodu ověření, zda vyšší koncentrace roztoku z pračky má vliv na svařování.

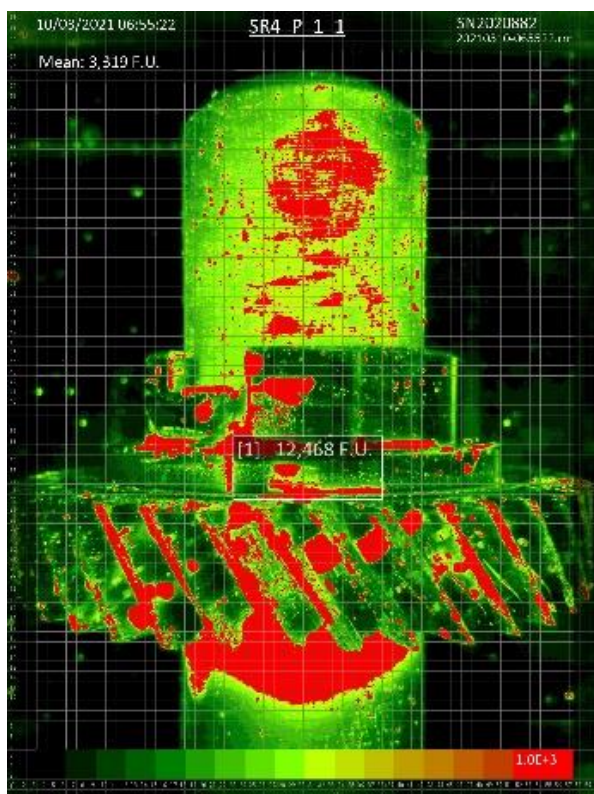
Jednotlivé součásti (tzn. SR4 a SR6) byly z důvodu výroby na lince čištěny (prány) v jiné dny. Převodový stupeň SR4 dne 10.3. 2021 a díl SR6 23.2. 2021. Rozdíl teplot je z důvodu, že každý díl byl čištěn na jiné lince. Na jedné lince se dělají díly SR6 a SR7, na druhé díly SR4 a RLR. Rozdělení dílů na linky je z důvodu špatného lisování (u dílu SR6) a parametry musely být upraveny. Změna teploty lázně měla pozitivní vliv na lisování. Rozdíl koncentrace lázně vzniká tím, že díly z prací lázně vynášejí na sobě určitou část vody a tím se koncentrace snižuje během chodu linky.

**Tabulka 10. Hodnoty koncentrace a teploty**

	SR4	SR6
Koncentrace [%]	1,7	1,2
Teplota [°C]	59	50

Po naměření hodnot znečištění byly jednotlivé vzorky vráceny na svařovací linku, kde proběhlo pouze nalisování ozubeného kola s věnečkem a jejich svaření. Tyto díly prošly už procesem čištění v pračce.

Výstup měření ze zařízení (viz obrázek 78), kde je příklad pro díl 1, vzorek 1. Ostatní díly a vzorky jsou uvedené v příloze (viz příloha č. 3 a č. 4).



**Obrázek 78** Výstup z aplikace od firmy TechTest s.r.o. dílu SR4 po praní (díl 1 bez znečištění)

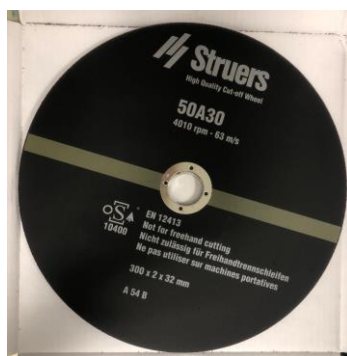
Po svaření byly vždy od každého převodového kola vybrány dva vzorky, u kterých byla realizovaná destruktivní zkouška makrostruktury, aby mohlo být ověřeno, jestli svar byl správně proveden. Pro SR4 byl vybrán vzorek 2 a 3. U převodového kola SR6 byly vybrány vzorky 3 a 5 (viz příloha č. 7 a 8).

Každý díl byl rozříznut na 4 části jednokotoučovou bruskou Discotom-60 od firmy Struers s dělicím kotoučem 50A30 o  $\varnothing$  300 mm x 2 mm x  $\varnothing$  32 mm, kotouč je vhodný pro tvrdé železné kovy (450–600 HV).





**Obrázek 79** *Jednokotoučová bruska Disotom-60*



**Obrázek 80** *Dělicí kotouč 50A30*

Díly byly dále obroušeny nejprve na brusném kotouči o hrubosti 180 pod vodou, poté na brusném kotouči s hrubostí 1200 pod vodou.



**Obrázek 81** *Brousící kotouč s hrubostí 180*



**Obrázek 82** *Brousící kotouč s hrubostí 1200*

Díly po zbrúšení byly naleptány nitalem (2%) po dobu 30 s, poté očištěné ethanolem a vysušené fénem.

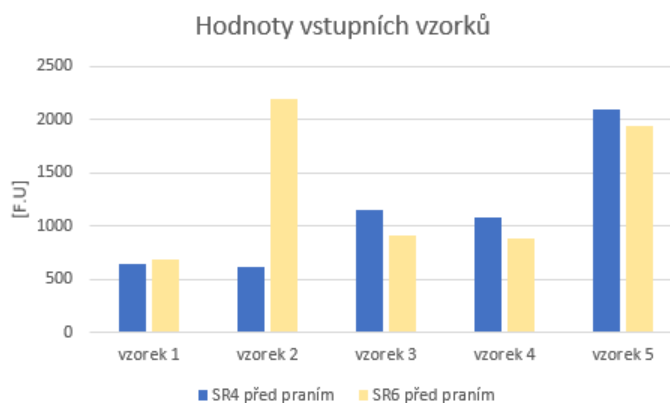


**Obrázek 83** Vzorek s viditelností průvaru svaru

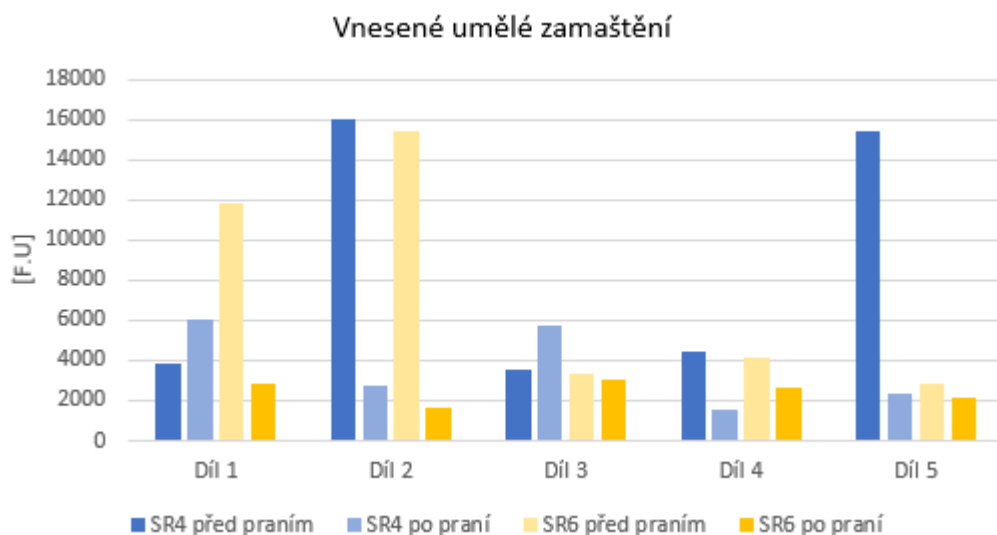
Jednotlivé vzorky byly nafoceny pomocí mikroskopu Olympus GX 51 (viz příloha č. 7 a 8).

Svary u SR4 a SR6 dle interních požadavků musí být větší nebo rovny 3,5 mm, všechny vzorky prošly interním požadavkem na hloubku průvaru. Byla provedena i vizuální kontrola, kde všechny vzorky byly v pořádku (viz příloha č. 5 a 6).

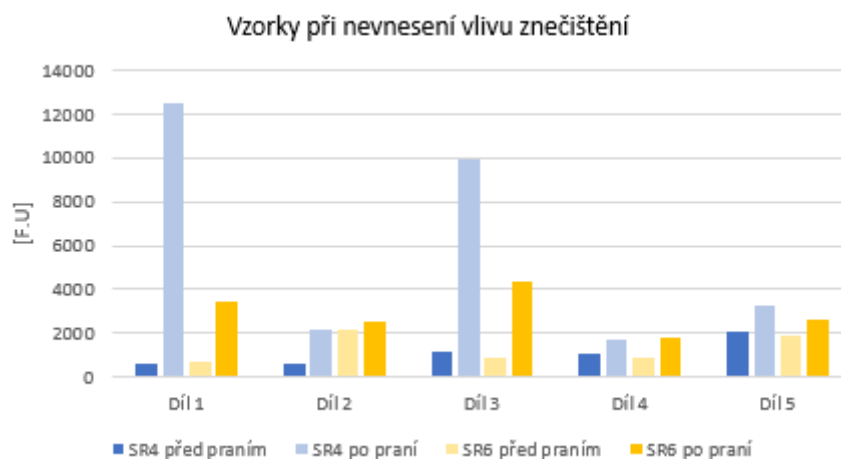
Na následujících obrázcích (č. 84 až 88) jsou graficky zobrazeny výsledky jednotlivých měření.



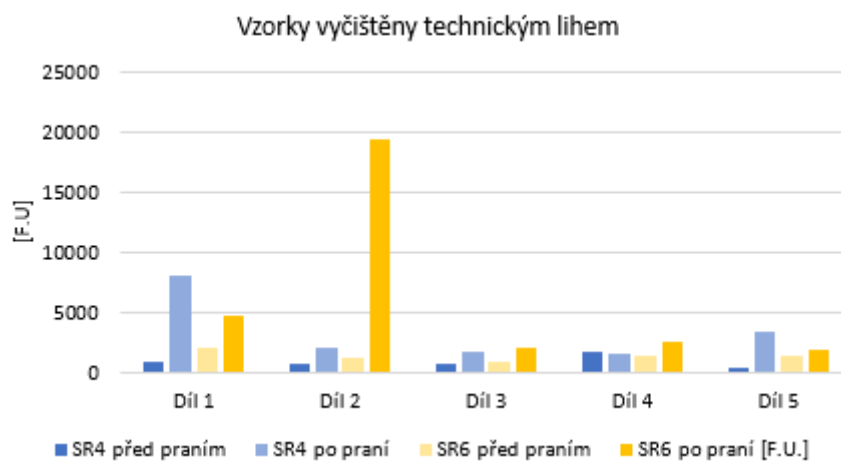
**Obrázek 84** Hodnoty fluorescence dílů před vstupem do linky



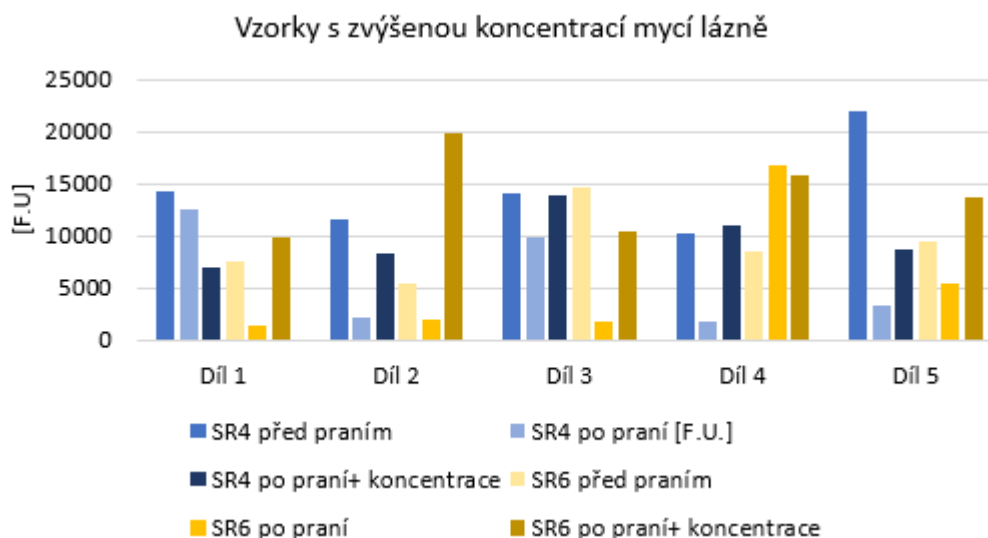
**Obrázek 85** *Hodnoty fluorescence po vnesení znečištění mastnoty*



**Obrázek 86** *Hodnoty fluorescence při nevnesení vlivu znečištění*



**Obrázek 87** *Hodnoty fluorescence při vyčištění technickým lihem*



**Obrázek 88** Hodnoty fluorescence při zvýšené koncentraci mycí lázně

Zkouška nepotvrdila, že zvolené způsoby znečištění by ovlivnily kvalitu svarového spoje. Viditelný rozstřík svarového kovu byl pouze na kole SR4 vzorek 5, kde nedošlo k žádnému vnesenému vlivu (č. 1). Výsledky tohoto experimentu nejsou proto průkazné, což ale může být způsobeno nedostatečným počtem zkušebních kusů (i vzhledem k četnosti vad zaznamenané ve výrobě).

Dle vypracovaných grafů (viz obr. 84 až 88) je možné vidět, že při nevnesení vlivu znečištění či po vyčištění dílů lihem po praní dílů vznikne zamaštění, které je způsobeno koncentrátem HOUGHTO-CLEAN 141 (viz příloha č. 9) s koncentrací čisticí látky 2 %. Vykázání znečištění a zvýšené fluorescence je vidět i na grafu (viz obr. 86), kde je nanášena po praní kapka s koncentrátem z pračky. Zde jde vidět, že hodnoty se zvýší. Naopak tomu bylo u vzorků, kde bylo vneseno umělé zamaštění, zde byly díly po praní ve většině případu odmaštěny.

Tato zkouška také neprokázala vliv na vadu při laserovém svařování, bylo by vhodné podívat se na další vlivy a zkusit experimenty v dalších oblastech.

Dále také může být ovlivněna kvalita svaru tím, v jaké kvalitě součásti vstupují do linky. Dle změřených vzorků je vidět, že každý díl vstupuje s jinou hodnotou fluorescence, tedy jinak znečištěn do linky, ŠA nemá pro kvalitu dílů před vstupem do linky žádnou stanovenou normu. Pro další experimenty by bylo vhodné stanovit počáteční přípustnou hodnotu zamaštění (znečištění).

# 11 Závěr

Bakalářská práce byla zaměřena na laserové svařování u vybraných svařovaných dílu a byla v práci rozebrána problematika laserového svařování. Pomocí dříve realizovaných zkoušek, jelikož výsledky byly poskytnuty od ŠKODA AUTO a.s. a doplněním o vlastní experimenty, byly zmapovány vlivy na kvalitu svarových spojů. Všechny zkoušky, které se zabývaly vlivem procesních parametrů, nevedli k žádoucímu zlepšení a doporučovaly se vrátit k výchozímu nastavení, jelikož neměly prokazatelný přínos pro výrobu. Dále nebyla zjištěna jednoznačná závislost nebo vliv experimentálně realizovanou zkouškou vlivu znečištění materiálu na kvalitu svaru. Nelze tedy konstatovat, že vnesený vliv (znečištění) ovlivňuje vznik vad při svařování.

Pro vyvození jednoznačného závěru by musely proběhnout experimenty v mnohem širším měřítku, případně by bylo vhodné je doplnit i v dalších oblastech.

Jako doporučení pro snížení nákladů při svařování převodových kol je možné doporučit připojit ke svařovací lince proces frézování po svaření, který by preventivně odstranil případný rozstřík ze svaru (pouze pro převodový stupeň SR4, kde je nutné dodržet čistotu dosedací plochy). U dalších svařovaných dílů nemá rozstřík svarového kovu vliv na funkčnost součásti. Ušetřily by se finance i čas na pracovníkovi, který každý díl SR4 pod lupou kontroluje.

Dále by také bylo možné některé díly vůbec nesvařovat a provádět výrobu dílů z jednoho kusu pomocí přesného zápustkového kování. Možnost zápustkového kování by ale nebylo možné realizovat u všech dílů. Důvodem je frézování, kdy pata ozubení má menší průměr než hlava synchronního ozubení.

## 12 Seznam použitých literárních zdrojů

- [1] *Firemní podklady ŠKODA AUTO a.s. závod Vrchlabí*, 2012.
- [2] Škoda 120 slaví čtyřicet let. Mnohé jezdí dodnes. In: *Autobible.cz* [online]. Dalibor Žák, 2016 [cit. 2020-08-04]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/skoda-120-slavi-ctyricet-let-mnohe-jezdi-dodnes/>
- [3] *7stupňová automatická převodovka 0AM: s dvojitou spojkou*. ŠKODA AUTO, 2009.
- [4] SLIMÁK, Ivan. *ŠKODA AUTO VRCHLABÍ. Vrchlabí*, 2018.
- [5] VRBOVÁ Miroslava, Helena JELÍNKOVÁ a Petr GAVRILOV. *Úvod do laserové techniky* [online]. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998 [cit. 2020-08-05]. ISBN 80-01-01108-6. Dostupné z: <http://people.fjfi.cvut.cz/sulcjan1/ult/ulat.pdf>
- [6] Princip vláknového - FIBER LASERU. *Leonardo technology* [online]. 2002 [cit. 2020-08-29]. Dostupné z: <http://www.lt.cz/e-learning/laser/princip-vlaknoveho-fiber-laseru>
- [7] *Vláknové lasery* [online]. ACADEMIA, 2004, 2014, 24 [cit. 2020-08-29]. Dostupné z: <https://www.academia.cz/uploads/media/preview/0001/04/56053bcfa66aef878e77d6a1c0ff489f622f00cc.pdf>
- [8] *Lintech: LASER PODLE TECHNOLOGIE* [online]. 2020 [cit. 2020-08-29]. Dostupné z: <https://www.lintech.cz/produkty/laserove-technologie/laser-podle-technologie>
- [9] BAZALOVÁ, Lucie. *Porovnání vlastností pevnolátkových laserů*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [10] *Automatické převodovky – elektronika řízení převodového ústrojí*. Ostrava, 2012. Bakalářská práce. VŠB.

- [11] KOTRČ, Jiří. *PŘEHLED A TRENDY VE VÝVOJI PŘEVODOVEK OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ*. Praha, 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [12] *Basic Laser Principles* [online]., 31 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <http://www.bgu.ac.il/~glevi/website/Guides/Lasers.pdf>
- [13] HECHT, Jeff. *Laser* [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/laser/Laser-applications>
- [14] *Princip laseru* [online]. In: [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/k22.htm>
- [15] ŠKODA AUTO vyrobila v Mladé Boleslavi sedmimiliontou převodovku typu MQ 200. *ŠKODA AUTO* [online]. [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/novinky/novinky-detail/2018-11-12-sedmimilionta-prevodovka>
- [16] ČÍP, Tomáš. *SVAŘOVÁNÍ VYSOKOPEVNOSTNÍCH OCELÍ LASEREM*. Brno, 2010. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [17] ROFIN FL 0XX Laser s vlákny: Návod k obsluze. Rofin.
- [18] *Fiber laser with TRUMPF DNA* [online]. In.: s. 4 [cit. 2020-11-04]. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Master/Products/Lasers/02\\_Brocures/TRUMPF-fiber-lasers-TruFiber-new-generation-EN.PDF](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Master/Products/Lasers/02_Brocures/TRUMPF-fiber-lasers-TruFiber-new-generation-EN.PDF)
- [19] *HOUGHTO-CLEAN 141: Údaje o produktu*. Brno.
- [20] *Ultrazvuková zkouška svarových spojů: Koncernová směrnice*. 2014.
- [21] ŠEBESTOVÁ, Hana. *VYBRANÉ ASPEKTY LASEROVÉHO SVAŘOVÁNÍ*. Olomouc, 2012. Disertační práce. UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI. Vedoucí práce prof. RNDr. Miroslav Hrabovský, DrSc.
- [22] *PV 6364: Svařovaná kola převodovky*. 4. VOLKSWAGEN, 2014.

- [23] *PV 3370: Zkouška zbytkových nečistot, resp. čistoty vnitřního prostoru*. 8. VOLKSWAGEN, 2006.
- [24] Recognoil produkty. *Recognoil* [online]. 2021 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://recognoil.techtest.eu/#products>
- [25] *Recognoil 2 W: Průvodce měřením v. 2.0*. TechTest, s.r.o., 2020. Dostupné také z: [www.techtest.eu](http://www.techtest.eu)
- [26] *Sita CleanoSpector* [online]. © SITA Process Solutions, 2019 [cit. 2021-6-14]. Dostupné z: <https://www.sita-process.com/products/fluorescence-measuring-and-testing-devices/sita-cleanspector/>
- [27] *ČSN EN ISO 6520-1. Svařování a příbuzné procesy – Klasifikace geometrických vad kovových materiálů – Část 1: Tavné svařování*. 2. Praha: Český normalizační institut, leden 2008.
- [28] Škoda Auto. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-7-15]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Škoda\\_Auto](https://cs.wikipedia.org/wiki/Škoda_Auto)
- [29] DUCHOŇ, Jiří. Škoda Forman: modelová řada v roce 1990 (prospekt). *AUTOREVUE.CZ* [online]. 2013., 1 [cit. 2021-7-16]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/skoda-forman-modelova-rada-v-roce-1990-prospekt>
- [30] NÁHRADNÍ DÍLY ŠKODA ROOMSTER. Vrakoviště náhradní díly [online]. [cit. 2021-7-16]. Dostupné z: <http://vrakoviste-nahradni-dily.cz/nahradni-dily-skoda-roomster.html>
- [31] ČSNE EN ISO 8062-1. *Geometrická specifikace produktů (GPS) - Rozměrové a geometrické tolerance tvarovaných součástí*. 2. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [32] ČSN EN ISO 13919-1. *Svarové spoje zhotovené elektronovým a laserovým svařováním – Požadavky a doporučení pro určování stupňů jakosti*. 2. Praha: Český normalizační institut, 2021.



## 13 Seznam tabulek

Tabulka 1.	Chemické složení materiálu TL 4227 v hmotnostních % [1].....	26
Tabulka 2.	Rozměry ozubených kol.....	26
Tabulka 3.	Nastavené hodnoty svařovacích parametrů.....	36
Tabulka 4.	Hodnoty průvaru v závislosti na změně parametrů.....	45
Tabulka 5.	Hodnoty nastavení při zkoušce s ochrannou atmosférou.....	47
Tabulka 6.	Hodnoty F.U. převodového kola SR4 před praním.....	52
Tabulka 7.	Hodnoty F.U. převodového kola SR6 před praním.....	52
Tabulka 8.	Hodnoty F.U. převodového kola SR4 po praní.....	53
Tabulka 9.	Hodnoty F.U. převodového kola SR6 po praní.....	53
Tabulka 10.	Hodnoty koncentrace a teploty.....	53

## 14 Seznam obrázků

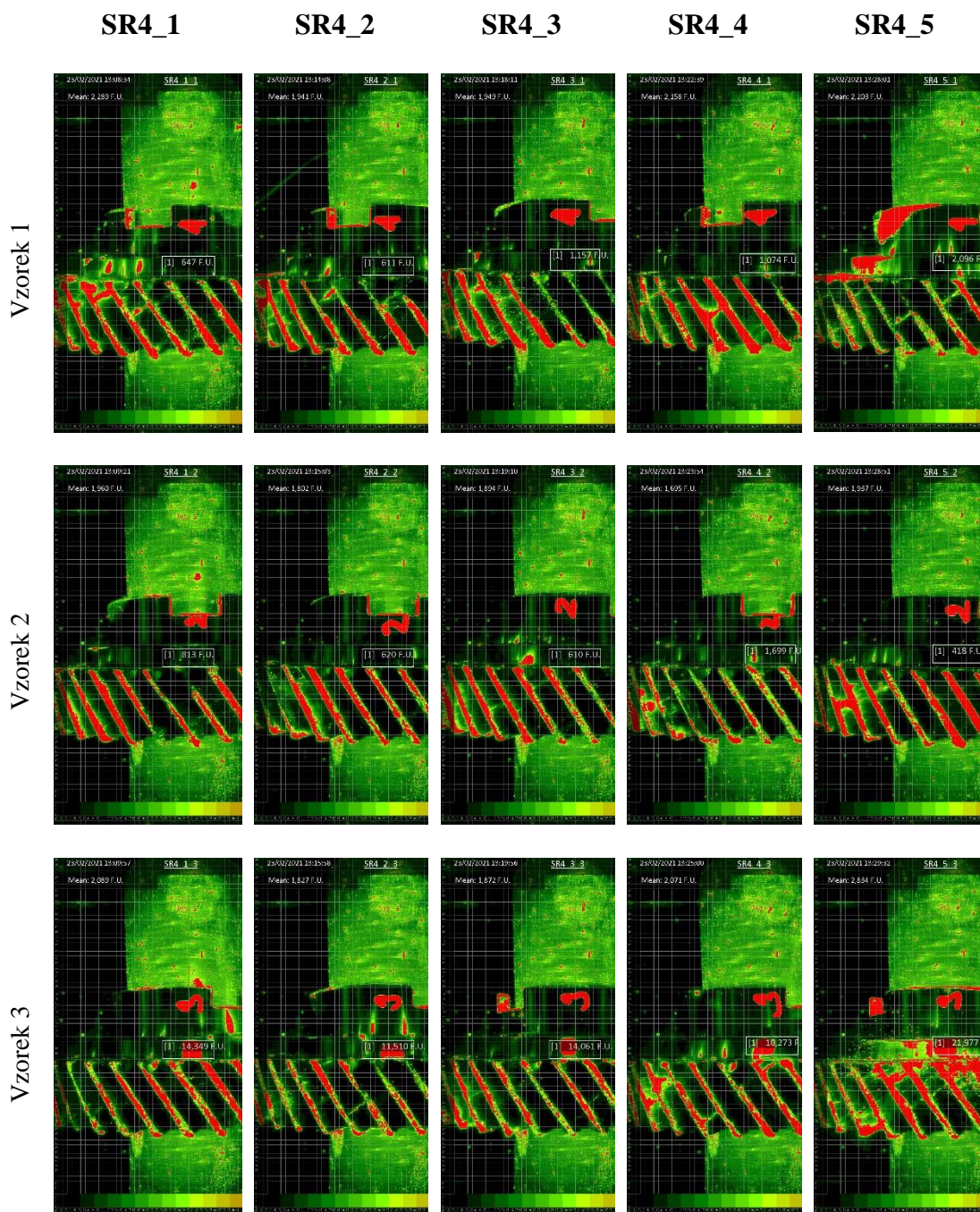
Obrázek 1	Dobový plakát firmy Petera und Söhne [4] .....	10
Obrázek 2	Letecký pohled na závod ŠA v Mladé Boleslavi dnes [28].....	10
Obrázek 3	ŠKODA 645 z roku 1932 [4].....	11
Obrázek 4	ŠKODA 1200/1201 [4].....	11
Obrázek 5	ŠKODA 120 [2].....	12
Obrázek 6	ŠKODA FORMAN [29].....	12
Obrázek 7	ŠKODA ROOMSTER [30] .....	13
Obrázek 8	Hlavní části převodovky DQ 200 [3].....	14
Obrázek 9	Princip převodovky DQ 200 [3] .....	15
Obrázek 10	Tři hřídele s ozubeným kolem rozvodovky diferenciálu [3] .....	15
Obrázek 11	Vstup točivého momentu [3] .....	16
Obrázek 12	Hnací hřídel [3].....	16
Obrázek 13	Hnací hřídel 1 [3].....	17
Obrázek 14	Hnací hřídel 2 [3].....	17
Obrázek 15	Základní schéma laseru [9].....	20
Obrázek 16	Šíření světla optickým vláknem [7].....	21
Obrázek 17	Princip vláknového laseru [6].....	21
Obrázek 18	Princip aktivního optického vlákna [6].....	22
Obrázek 19	Schéma příčného řezu svarem pro a) indukční, b) penetrační, c) keyhole svařování [21].....	23
Obrázek 20	Svařovací hlava a její uspořádání ve ŠA Vrchlabí [1].....	24
Obrázek 21	Svařované díly na převodovce DQ 200 .....	27
Obrázek 22	Postup výroby SR4 .....	27
Obrázek 23	Postup výroby SR6 .....	28
Obrázek 24	Postup výroby SR7 .....	28
Obrázek 25	Výkres ozubeného kola 4. stupně s věnečkem [1].....	29
Obrázek 26	Ozubené kolo 4. stupně s věnečkem [1] .....	29
Obrázek 27	Výkres ozubeného kola 6. stupně s věnečkem [1].....	29
Obrázek 28	Ozubené kolo 6. stupně s věnečkem [1] .....	29
Obrázek 29	Výkres ozubeného kola 7. stupně s věnečkem [1].....	29
Obrázek 30	Ozubené kolo 7. stupně s věnečkem [1] .....	29
Obrázek 31	Postup výroby RLR .....	30
Obrázek 32	Výkres ozubeného kola zpětného chodu [1].....	30
Obrázek 33	Ozubené kolo zpětného chodu [1] .....	30
Obrázek 34	Pohled na automatickou linku pro svařování laserem [4].....	32
Obrázek 35	Lisovací stůl od firmy Five Cinetic [1].....	33
Obrázek 36	Hodnoty nastavení na lisovacím stole od firmy Kistler [1].....	33
Obrázek 37	Graf průběhu síly na lisovacím stole od firmy Kistler [1].....	34
Obrázek 38	Nastavení laserového paprsku od firmy PRECITEC [1] .....	34
Obrázek 39	Svařovací hlava od firmy PRECITEC – popis [1].....	35

Obrázek 40	Svařovací hlava od firmy PRECITEC .....	35
Obrázek 41	Zdroj od firmy Rofin.....	36
Obrázek 42	Makrovýbrus laserového spoje zobrazující hloubku průvaru u dílu SR4 [1] .....	37
Obrázek 43	Čelní pohled na svar ozubeného kola dílu SR4 [1] .....	37
Obrázek 44	Makrovýbrus laserového spoje zobrazující hloubku průvaru dílu RLR [1] .....	37
Obrázek 45	Způsob hodnocení UT zkoušky úroveň prahu na stínítku [1] .....	38
Obrázek 46	Oblast UT kontroly svarového spoje (schéma) [1].....	39
Obrázek 47	Oblast UT kontroly svarového spoje – detail (zvětšený řez) [1] ..	39
Obrázek 48	Maximální délka jednotlivé vady (při počtu zubů $\leq 40$ ) [1].....	40
Obrázek 49	Hloubka průvaru [4].....	40
Obrázek 50	Vady vyhodnocené u převodovky DG200 v období 2018-2020 ..	41
Obrázek 51	Poškození čela náboje [1] .....	42
Obrázek 52	Rozstřík svarového kovu [1].....	42
Obrázek 53	Otřep v mazací drážce [1].....	42
Obrázek 54	Špatně provedený keeping [1] .....	42
Obrázek 55	Otlak na čele náboje [1] .....	43
Obrázek 56	Špona na boku kola [1] .....	43
Obrázek 57	Počty nevyhovujících jednotlivých ozubených kol .....	43
Obrázek 58	RLR označení 0 [1].....	46
Obrázek 59	RLR označení 1 [1].....	46
Obrázek 60	RLR označení 2 [1].....	46
Obrázek 61	RLR označení 3 [1].....	46
Obrázek 62	RLR označení 4 [1].....	46
Obrázek 63	RLR označení 5 [1].....	46
Obrázek 64	RLR označení 6 [1].....	46
Obrázek 65	Zkušební vzorek č. 1 kola SR4 [1] .....	47
Obrázek 66	Zkušební vzorek č. 2 kola SR4 [1] .....	48
Obrázek 67	Zkušební vzorek č. 3 kola SR4 [1] .....	48
Obrázek 68	Zkušební vzorek č. 4 kola SR4 [1] .....	48
Obrázek 69	Zkušební vzorek č. 5 kola SR4 [1] .....	48
Obrázek 70	SR4 označení Y1 [1].....	49
Obrázek 71	SR4 označení S1 [1] .....	49
Obrázek 72	SR4 označení Y2 [1].....	49
Obrázek 73	SR4 označení S2 [1] .....	49
Obrázek 74	SR4 označení Y3 [1].....	49
Obrázek 75	SR4 označení S3 [1] .....	49
Obrázek 76	Přístroj Recognoil QB [24].....	51
Obrázek 77	Výstup z aplikace od firmy TechTest s.r.o. dílu SR4 před praním (díl 1 bez znečištění) .....	52
Obrázek 78	Výstup z aplikace od firmy TechTest s.r.o. dílu SR4 po praní (díl 1 bez znečištění).....	54
Obrázek 79	Jednokotoučová bruska Disotom-60.....	55

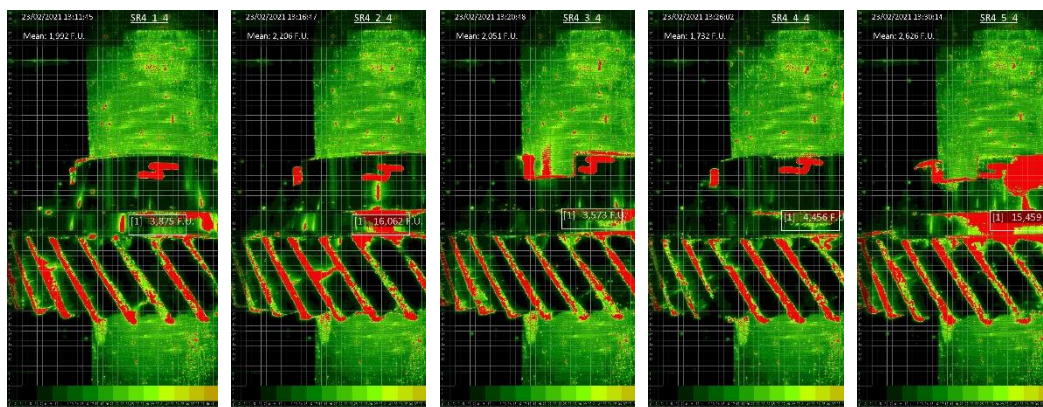
Obrázek 80	Dělicí kotouč 50A30.....	55
Obrázek 81	Brousící kotouč s hrubostí 180 .....	55
Obrázek 82	Brousící kotouč s hrubostí 1200 .....	55
Obrázek 83	Vzorek s viditelností průvaru svaru .....	56
Obrázek 84	Hodnoty fluorescence dílů před vstupem do linky .....	56
Obrázek 85	Hodnoty fluorescence po vnesení znečištění mastnoty .....	57
Obrázek 86	Hodnoty fluorescence při nevnesezení vlivu znečištění.....	57
Obrázek 87	Hodnoty fluorescence při vyčištění technickým lihem.....	57
Obrázek 88	Hodnoty fluorescence při zvýšené koncentraci mycí lázně.....	58

# 15 Přílohy

## 15.1 Příloha č. 1 – Hodnoty F.U. dílu SR4 před praním



Vzorek 4



## 15.2 Příloha č. 2 – Hodnoty F.U. dílu SR6 před praním

SR6\_1

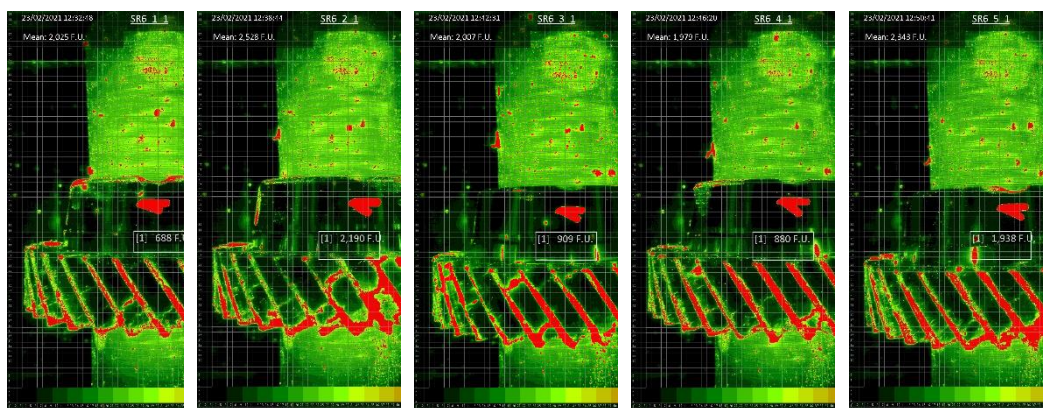
SR6\_2

SR6\_3

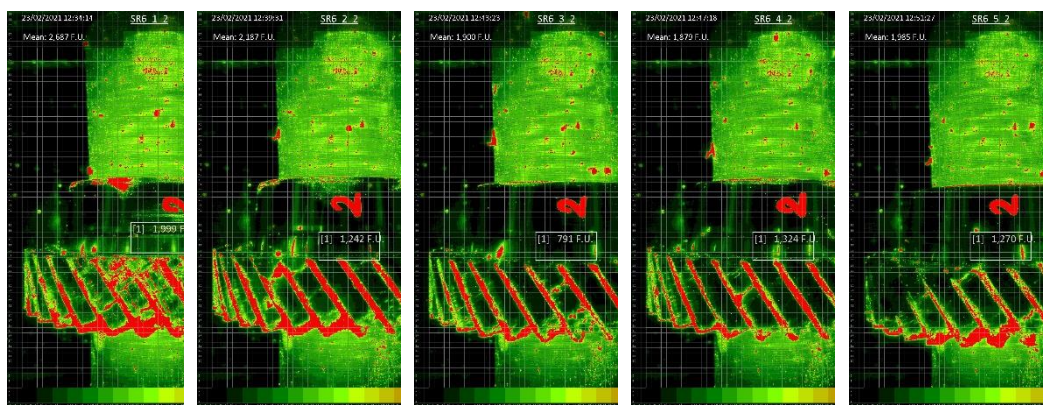
SR6\_4

SR6\_5

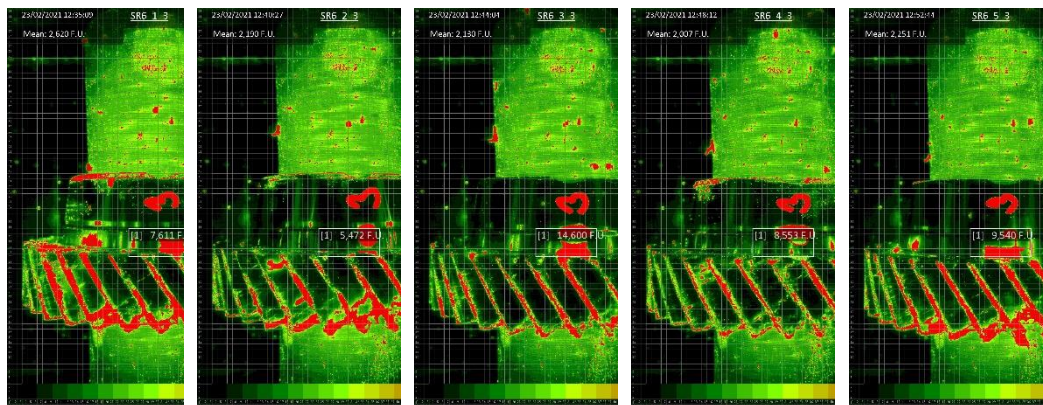
Vzorek 1



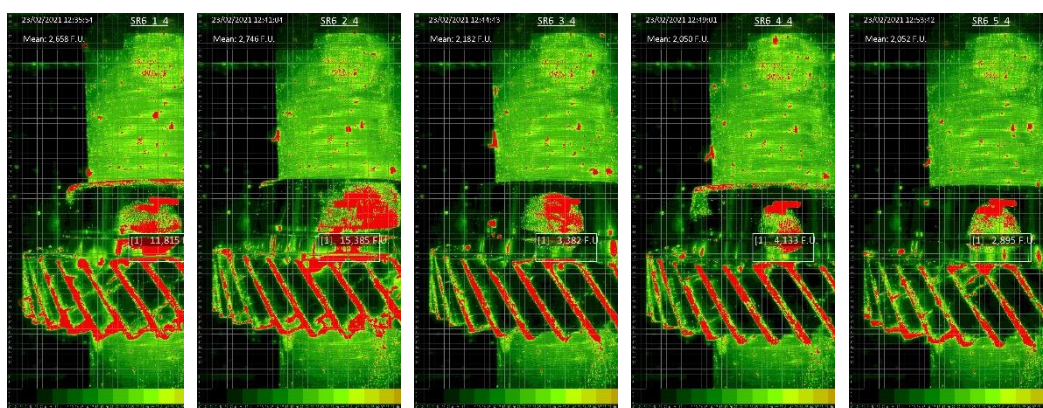
Vzorek 2



Vzorek 3



Vzorek 4



### 15.3 Příloha č. 3 – Hodnoty F.U. dílu SR4 po prání

SR4\_1

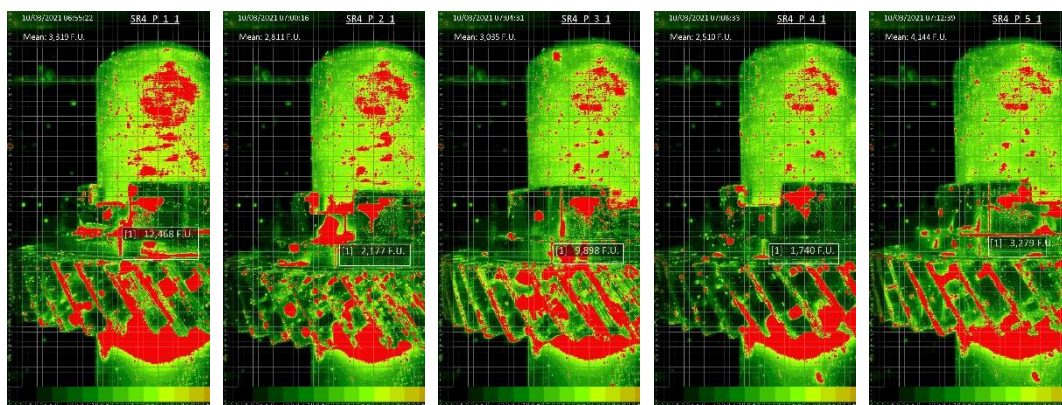
SR4\_2

SR4\_3

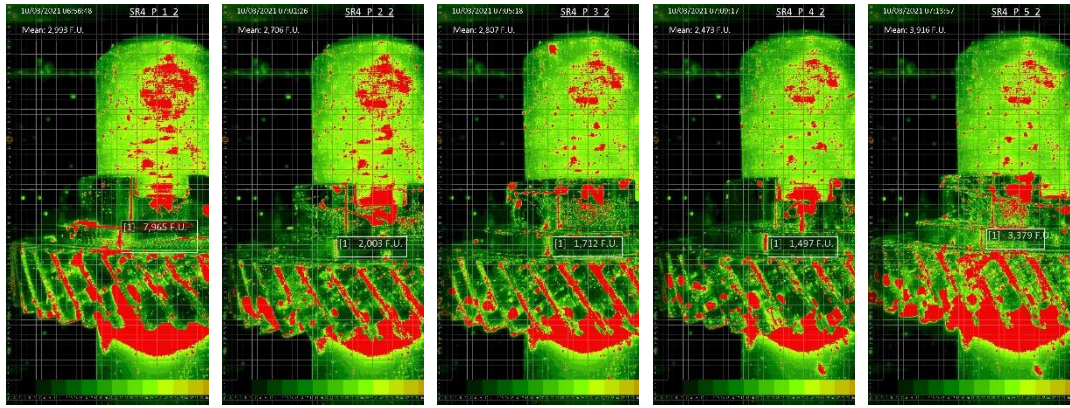
SR4\_4

SR4\_5

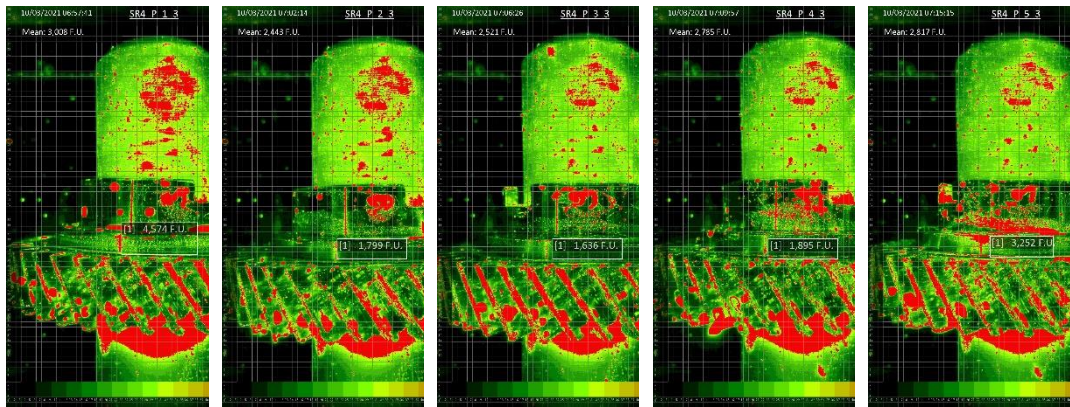
Vzorek 1



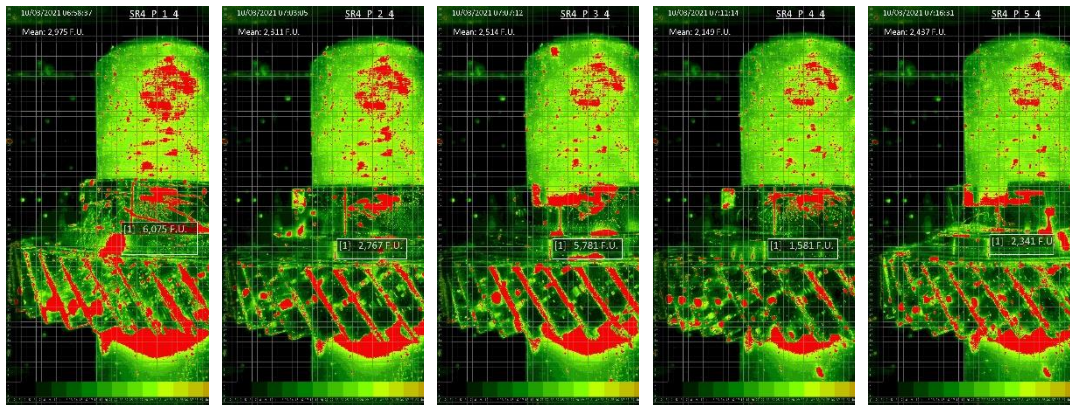
**Vzorek 2**



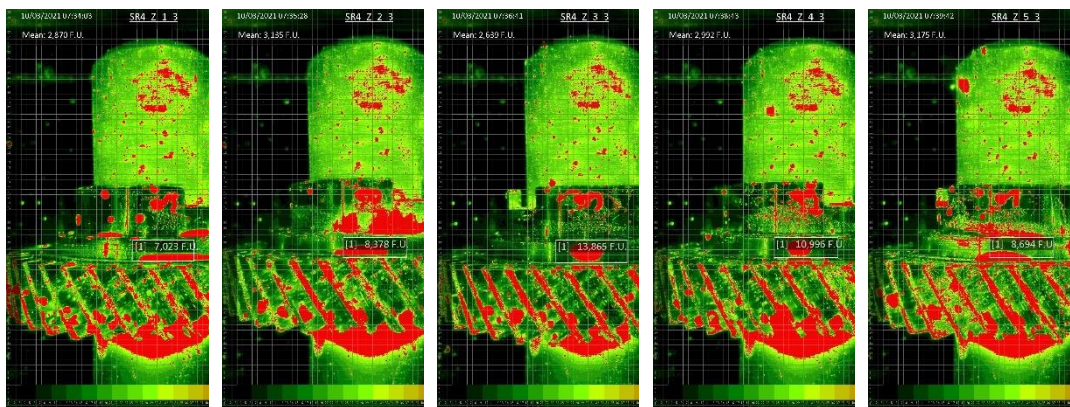
**Vzorek 3**



**Vzorek 4**

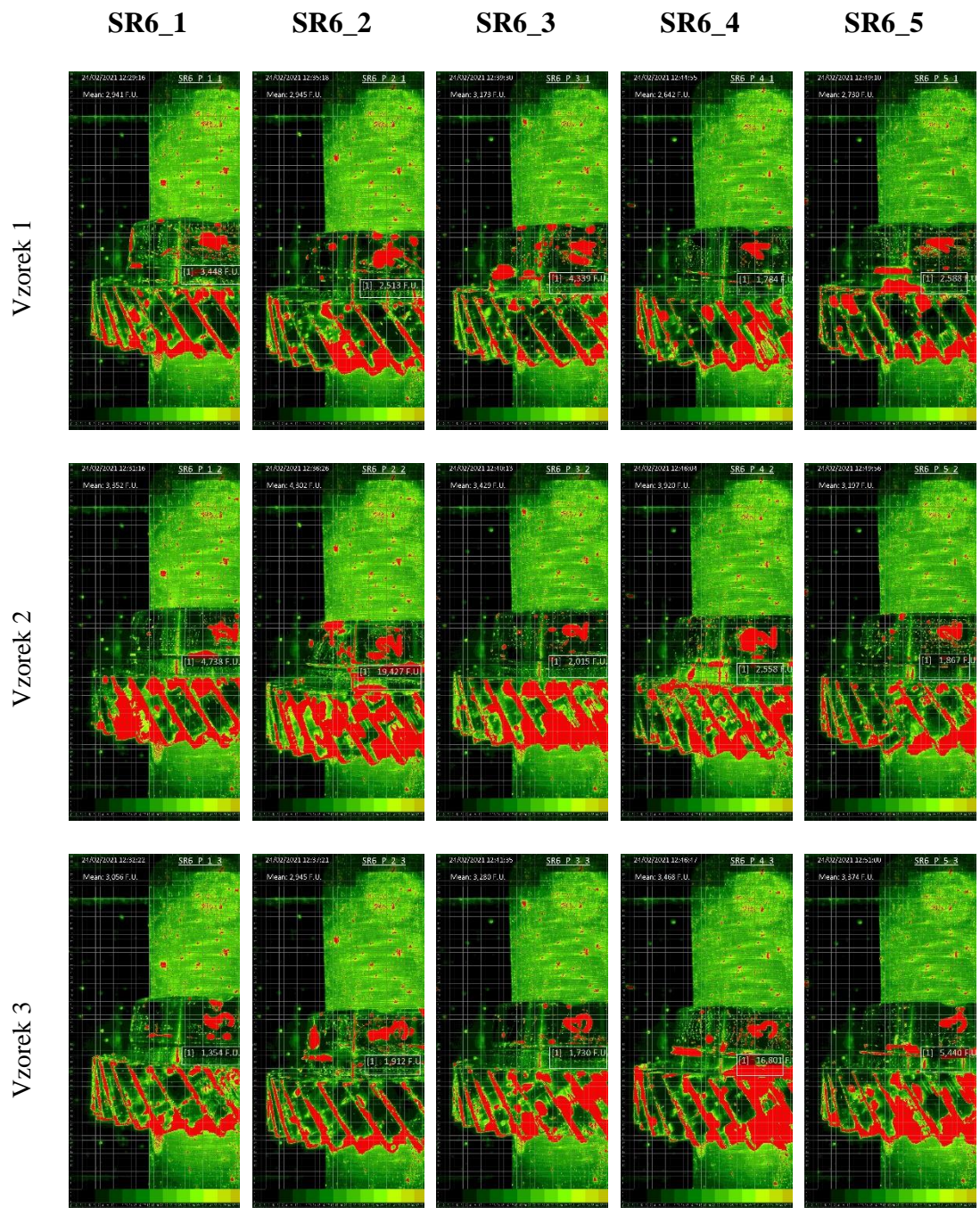


**Vzorek 3 + koncentrát**

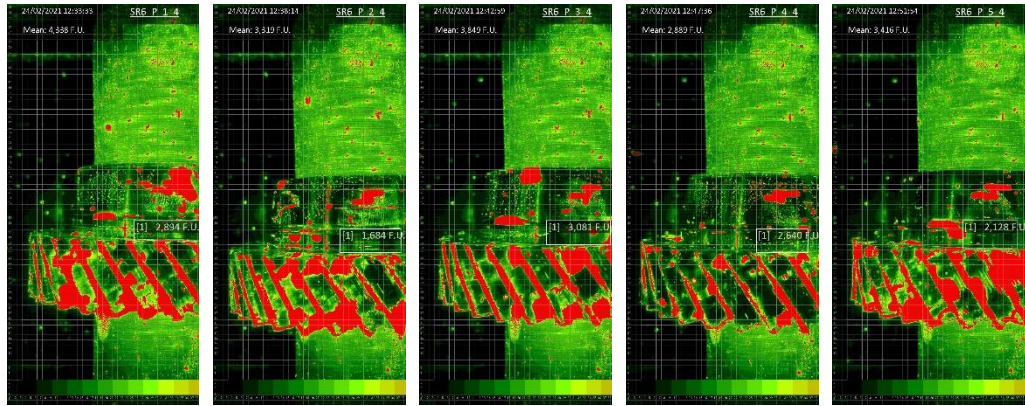




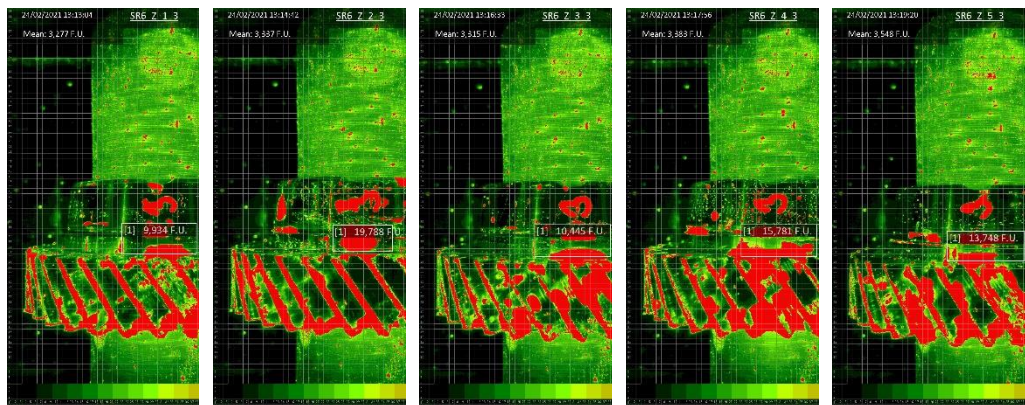
## 15.4 Příloha č. 4 – Hodnoty F.U. dílu SR6 po praní



Vzorek 4



Vzorek 3 + koncentrát



### 15.5 Příloha č. 5 – Vizuální kontrola dílů SR4 po svařování

Vzorek 1

Vzorek 2

Vzorek 3

Vzorek 4

Díl 1



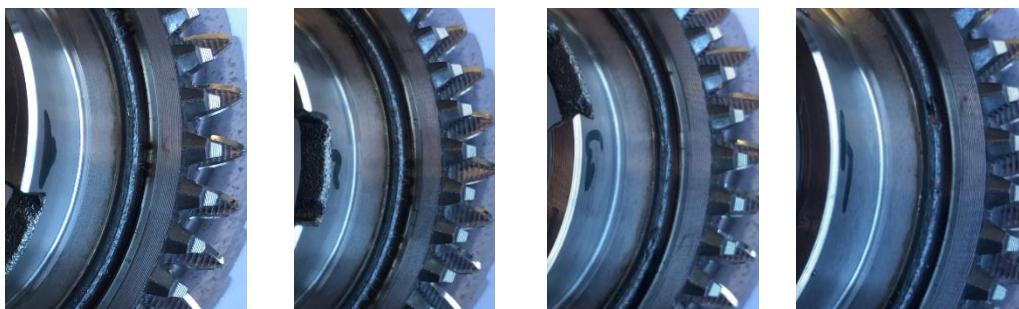
Díl 2



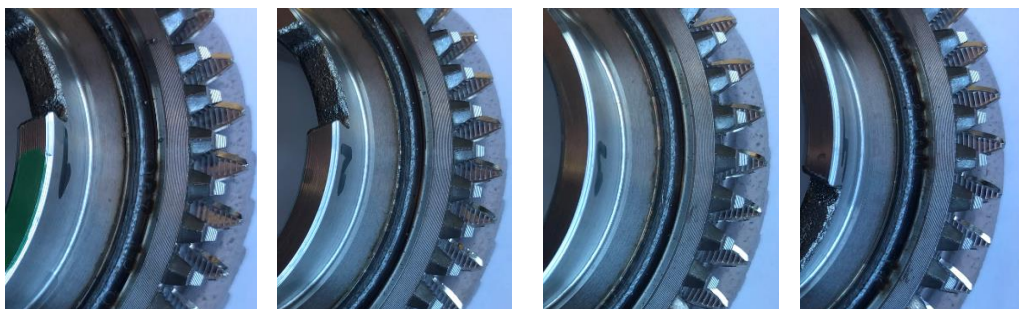
Díl 3



Díl 4



Díl 5

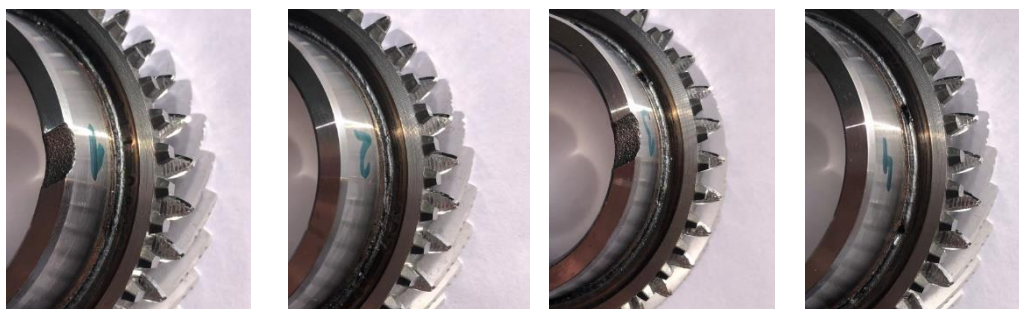


### 15.6 Příloha č. 6 – Vizuální kontrola dílů SR6 po svařování

Díl 1

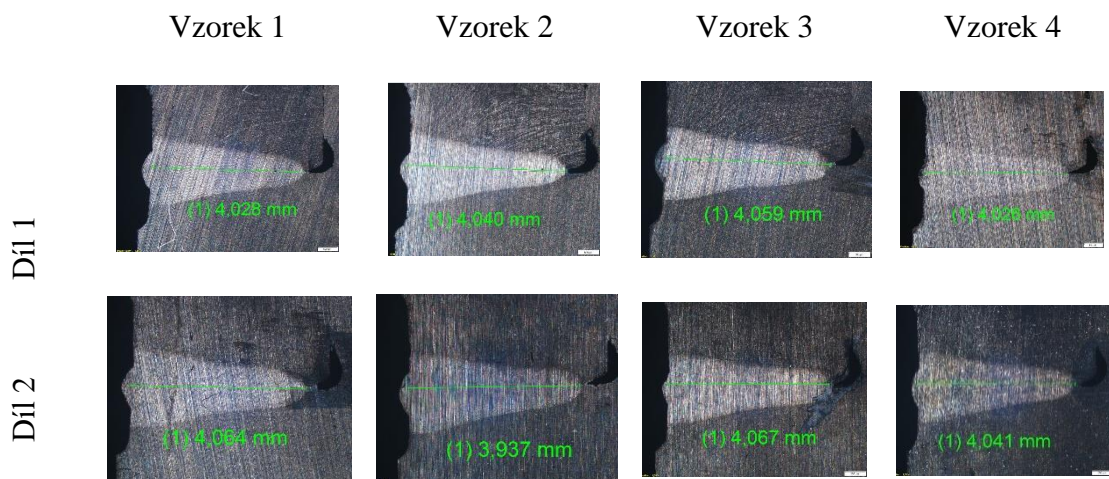


Díl 2

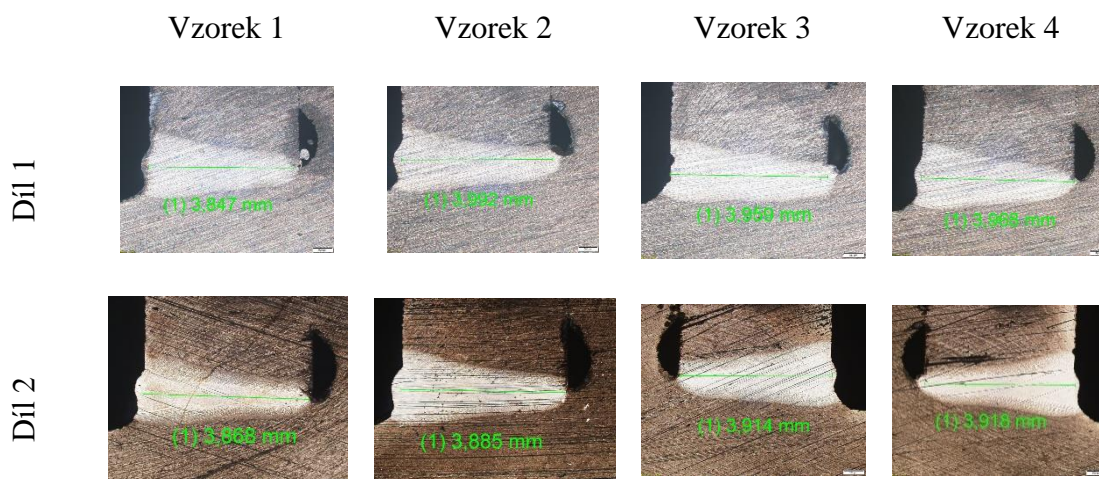




### 15.7 Příloha č. 7 – Metalografická zkouška na dílech SR4



## 15.8 Příloha č. 8 – Metalografická zkouška na dílech SR4



## 15.9 Příloha č. 9- Údaje o produktu HOUGHTO-CLEAN 141

# HOUGHTO-CLEAN 141

(Dříve HOUGHTO-CLEAN 230)

Zásaditý mycí čisticí prostředek s vodním základem ve spreji

### POPIS

Produkt HOUGHTO-CLEAN 141 je středně zásaditým čistícím prostředkem ve spreji, který vykazuje nízký COD (požadavek na chemickou oxidaci) a je vyvinut především k čištění železných kovů.

### POUŽITÍ

Produkt HOUGHTO-CLEAN 141 dokáže odstraňovat čisté řezací oleje, rozpustné řezací oleje a běžné nečistoty vznikající při obrábění a výrobě. Díky tomu, že produkt HOUGHTO-CLEAN 141 neobsahuje sůl, jej lze používat také k čištění v rámci tepelného ošetření.

I když je tento produkt určen pro železné kovy, lze jej použít také k čištění některých neželezných kovů.

### DOPORUČENO PRO POUŽITÍ

Teplota = 20–80 °C

Koncentrace = 1–5 % obj.

Titrační metoda testování koncentrace je k dispozici na vyžádání.

### OBVYKLÉ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

Vzhled	Čirá žlutá kapalina
Specifická hmotnost	1,05
pH při použití	Obvykle 10
Faktor refraktometru	3

### VÝHODY

- Nízký COD (požadavek na chemickou oxidaci) pro snadnou likvidaci použitých roztoků
- Díky multifunkčnosti snižuje potřebné zásoby produktů
- Při zředění měkkou až středně tvrdou vodou nezanechává žádné stopy bílého prášku

### SOUVISEJÍCÍ PRODUKTY

Společnost Houghton je přední výrobce na trhu ve vývoji a poskytování kapalin pro výrobní procesy. Řada HOUGHTO-CLEAN průmyslových čistících prostředků byla vyvinuta, aby doplňovala a pracovala v souladu s těmito kapalinami a konkrétně s produkty určenými pro obrábění, formování, kalení a s podobnými produkty.

Pro další informace kontaktujte místního zástupce společnosti Houghton.

### SKLADOVÁNÍ

Informace o manipulaci a skladování, včetně skladovací doby, naleznete v části 7 bezpečnostních datových listů. Produkt je nutné skladovat zakrytý v čistém a suchém prostředí a chránit před mrazem. Doporučená teplota pro skladování je obvykle mezi 5 °C a 40 °C, není-li uvedeno jinak. Používejte postup výměn ze skladu po dodání (FIFO).

### ZDRAVÍ A BEZPEČNOST

Bezpečnostní datové listy jsou k dispozici v souladu s předpisy (ES) č. 1907/2006 dodatek II, kde látky nebo přípravky splňují kritéria v souladu se směrnicemi 67/548/EHS nebo 1999/45/ES.

## 15.10 Příloha č. 10 – Údaje o produktu CUSTOS 623

Kluthe CR s.r.o.



### DOPLNĚNÍ TECHNICKÝCH INFORMACÍ

CUSTOS 623 – pasivační prostředek

#### Zákazník:

Škoda Auto a.s. – závod Vrchlabí

#### Aplikace:

Pasivace kovových dílů (ocel, litina)

#### Doporučení:

Na základě vyjádření laboratoře výrobce Chemische Werke Kluthe GmbH – Heidelberg doporučujeme udržovat koncentraci pasivačního prostředku CUSTOS 623 v rozmezí 0,5 – 4 %

#### Metoda měření koncentrace:

Titrace dle postupu v technických informacích k produktu.