



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV MATERIÁLOVÝCH VĚD A INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

REDUKCE PÓRŮ VE SVARECH

THE REDUCTION OF PORES IN WELDS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Monika Němečková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Karel Němec, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav materiálových věd a inženýrství
Studentka: **Monika Němečková**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Karel Němec, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Redukce pórů ve svarech

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Tématem práce je především studium pórovitosti svarů, popis kdy a kde se tyto nedostatky nejčastěji vyskytují a čím jsou způsobeny. Závěrem práce bude návrh opatření, jak pórovitost omezit.

Cíle bakalářské práce:

- charakteristika svařovacího procesu,
- popis příčin pórovitosti svarů,
- nejčastější místa výskytu pórů,
- návrh opatření ke snížení pórovitosti svarů.

Seznam doporučené literatury:

WEMAN, K. Welding Processes Handbook (2nd Edition). Woodhead Publishing, 2012. Online version available at: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpWPHE0001/welding-processes-handbook/welding-processes-handbook>.

MACDONALD, K. A. Fracture and Fatigue of Welded Joints and Structures. Woodhead Publishing, 2011. Online version available at: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFFWJS001/fracture-fatigue-welded/fracture-fatigue-welded>.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Ivo Dlouhý, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

NĚMEČKOVÁ Monika: Redukce pórů ve svarech.

Předložená práce se zabývá redukcí pórů ve svarech na tlakových zásobnících vyráběných ve společnosti Bosch. Tlakový zásobník je využíván v dieslovém vstřikovacím systému Common Rail. Byla sestavena analýza, která se skládala z dat četnosti zmetků v průběhu roku 2016 a hodnot, kdy se měnili média v pračkách, v kterých se tlakové zásobníky čistily od mastnoty. Z následně vytvořených grafů je vidět, kdy se zmetky objevovaly nejčastěji a pomocí těchto výsledků, byl vytvořen návrh na redukci pórovitosti ve svarech.

Klíčová slova: společnost Bosch, svařovací proces, čistící proces, rail, tlakový zásobník

ABSTRACT

NĚMEČKOVÁ Monika: The reduction of pores in welds.

This bachelor thesis dealt with the reduction of pores in the welds. These welds were in pressure stacks which are made by the Bosch company. There are Common Rail diesel injection systems in which are those pressure stacks used in. An analysis was compiled, which consisted of dates of scrap rates in the yeas 2016, and the values in which the media changed in washing machines where the pressure stacks were cleaned of grease. From the following graphs is obvious when the scraps appeared mostly and according to these results there is a proposal to reduce the porosity in the welds.

Keywords: Bosch, welding process, cleaning process, rail, pressure stack

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NĚMEČKOVÁ, M. Redukce pórů ve svarech. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 22 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Karel Němec, Ph.D..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V dne 26.5.2017

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Karlu Němcovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále děkuji za pomoc a poskytnutí potřebných materiálů k bakalářské práci konzultantům Radkovi Attaskovi a Veronice Báčové. Panu Tomášovi Jarošovi bych chtěla poděkovat za umožnění pracovat na bakalářské práci ve společnosti Bosch. Nakonec chci poděkovat rodině a mým nejbližším za podporu během celého studia.

OBSAH

ÚVOD	1
1 SPOLEČNOST BOSCH	2
1.1 Historie společnosti Bosch	2
1.2 Bosch v České republice	2
1.3 Bosch diesel Jihlava s.r.o	2
1.4 Příklady produktů vyráběných v Jihlavě	3
2 COMMON RAIL	4
2.1 Konstrukce	4
2.1.1 Nízkotlaká část s komponentami pro zásobování palivem	4
2.1.2 Vysokotlaká část s komponentami	4
3 TLAKOVÝ ZÁSOBNÍK	6
3.1 Kovaný vysokotlaký zásobník	6
3.1.1 Obráběcí operace	6
3.2 Svařovaný vysokotlaký zásobník	6
3.2.1 Materiál tyčoviny	6
3.2.2 Materiál komponentů na zásobníku	7
3.2.3 Základní mechanické vlastnosti	7
3.2.4 Obráběcí operace	7
3.2.5 Svařovací operace	7
4. SVAŘOVACÍ PROCES	8
4.1 Popis svařovacího procesu	8
4.1.1 Čistící proces	8
4.1.2 Odporové svařování	8
4.1.3 Heftování	9
4.1.4 CO ₂ svařování	9
4.1.5 Metalografická zkouška	9
4.1.6 Tahová zkouška	9
4.1.7 Tlaková zkouška	10
4.1.8 Stoprocentní vizuální kontrola	10
4.1.9 Příklady nepřípustných svarů	10
5. ČISTÍCÍ PROCES	12
5.1 Krátký popis procesu	12
5.2 Čistící proces komponentů Common rail systému před svařováním	12
5.2.1 Čištění těles railů	12
5.2.2 Čištění drobných dílců – komponentů tlakového zásobníku	13
5. REDUKCE PÓROVITOSTI POMOCÍ ANALÝZY	15
ZÁVĚR	18
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	19
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	20

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	21
SEZNAM TABULEK.....	22

ÚVOD

V roce 1999 byla zahájena výroba ve společnosti Bosch diesel Jihlava s.r.o dieslových vstřikovacích systémů Common Rail. Common rail dokáže zaručit tichý chod motoru a je šetrný k životnímu prostředí. Dokáže zajistit velmi přesné dávkování paliva pomocí jednotlivých vstřikovačů, který dodávají palivo přímo do válců, a tím zajišťuje nižší spotřebu. Hlavní části Common rail jsou vysokotlaké čerpadlo, tlakový zásobník a jednotlivé vstřikovače. Každá část se vyrábí na základně potřeb zákazníka.

Žádná výroba není stoprocentní a vždy je možné najít nějaký nedostatek. Společnost Bosch ale ručí za kvalitu, a když se při výrobě vyskytne nedokonalost, pomocí kontrol to zjistí. Firma se neustále vyvíjí a snaží se zamezit těmto případům.

Na základě zamezení zmetkovitosti kvůli pórům, které vznikají na tlakových zásobnících, jsem měla možnost pomocí analýzy zmetkovitost vytvořit návrh na zlepšení. Pór, to je dá se říct bublina, která se nechtěně vytváří v materiálu. Tlakové zásobníky, neboli raily, pak díky pórům praskají. Proto je pro společnost důležité, aby se póry v railech vyskytovaly, co nejméně. Analýza byla vytvářena na základě dat zmetkovitosti za rok 2016 a hodnot, které by mohly póry ovlivňovat.

1 SPOLEČNOST BOSCH

1.1 Historie společnosti Bosch

První zmínka o společnosti Bosch se vztahuje k roku 1886, kdy Robert Bosch založil malou firmu ve Stuttgartu, která se zabývala výrobou pro jemnou mechatroniku a elektroniku. V tu dobu měl Robert Bosch jen pár zaměstnanců. Nicméně vyvíjel svou firmu natolik, že už v roce 1914 měl zastoupení v 25 zemích, kam dodával 88 % své produkce. [1]

V současné době, společnost Bosch zaměstnává okolo 370 000 zaměstnanců ve více než 60 zemích. [2]

1.2 Bosch v České republice

Společnost Bosch má v České republice zastoupení v 7 lokalitách. Každá lokalita má svůj úkol. Zaměření jednotlivých poboček a počty zaměstnanců v každé lokalitě jsou vidět na obrázku. [5]



Obr. 1 Společnost v České republice [5]

1.3 Bosch diesel Jihlava s.r.o

V Jihlavě je společnost Bosch od roku 1993, kdy vybudovala závod Humpolecká I a spolu-pracovala s Jihlavský Motorpalem na výrobě čerpadel. Ve společnosti pracovalo pouhých 160 zaměstnanců. V roce 1996 společnost odkoupila svoji část od Motorpalu a tím se stala stoprocentním majitelem. Roku 2001 byl postaven další závod na Pávově a následně byl odkoupen bývalý Alfatex, dnes závod II. [1]

V současné době společnost Bosch zaměstnává 4 129 zaměstnanců, kteří se podílí na výrobě. Jak jsem psala, Bosch je v Jihlavě rozmístěn na třech místech a to jak, můžete vidět na obr. 2 na další straně. [5]

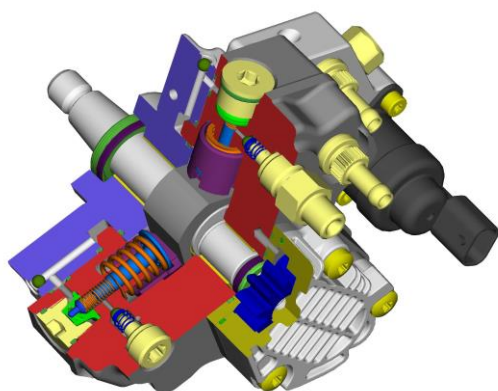


Obr. 2 Rozmístění závodů v Jihlavě [5]

1.4 Příklady produktů vyráběných v Jihlavě

Převážná část výroby je zaměřená na výrobu komponentů pro dieslové vstřikovací systémy Common rail. Principu Common rail je věnována 2. část bakalářské práce.

Na obr. 2 v části 1.3 Bosch diesel je napsáno, že v závodě I se pracovníci podílí na výrobě SIS, CP1H, CRI a FRL. SIS je zkratka pro sériové opravy, CP1H značí vysokotlaké čerpadlo CP1H, Injektor pro vstřikování paliva do válců motorů je CRI a poslední, na čem se pracuje na Humpolecké je FRL, což je zpětné vedení paliva. V závodě II se vyrábí vysokotlaké zásobníky (raily) pro systém Common rail, které jsou podrobněji rozebrány v kapitole 3, PCV značí tlakový regulační ventil a PLV je značka pro ventil omezovače tlaku. Závod III se věnuje výrobě vysokotlakých čerpadel CP3 (viz Obr.3), CP4 a CPN5.



Obr. 3 Vysokotlaké čerpadlo CP3[5]

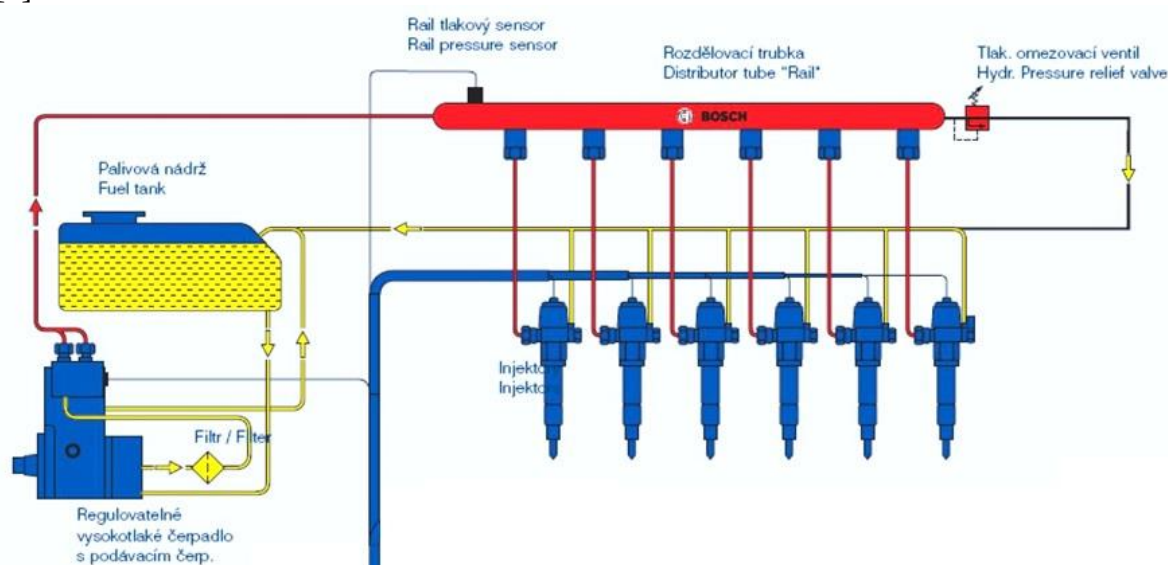


Obr. 4 Regulační tlakový ventil (PCV) [5]

2 COMMON RAIL

Každý dnes očekává od svého automobilu, či jiného vozu, tichý chod motoru, má nároky na nižší spotřebu paliva a chtěl by být šetrný k životnímu prostředí. Všechny tyto požadavky splňuje dieslový vstřikovací systém Common rail.

Common rail pracuje na základě toho, že vysokotlaké čerpadlo nepřetržitě dodává palivo pod vysokým tlakem do vysokotlakého zásobníku (Railu). V zásobníku je palivo připraveno pro jednotlivé vstřikovače, protože musí zajistit vysoký vstřikovací tlak, nutný pro jemné rozprášení paliva v trysce. Trysky pak vstřikují palivo přímo do jednotlivých válců. Tím můžeme zajistit velmi přesné dávkování vstřikovaného paliva. Tlak v zásobníku můžeme nastavit pomocí regulačního tlakového ventilu. Pokud se stane, že vstřikovač nezvládne nějaké palivo spotřebovat, je zde zpětné palivové potrubí, které přivede palivo zpět do oběhu. [7]



Obr. 5 Common Rail [5]

2.1 Konstrukce

Systém se skládá z nízkotlaké části a vysokotlaké části.

2.1.1 Nízkotlaká část s komponentami pro zásobování palivem

Do této sekce patří především:

- Palivová nádrž: Slouží k ukládání paliva, musí být odolná vůči korozi, zajišťuje, aby palivo při zatáčkách nebo nárazech neunikalo.
- Palivový filtr: Musí být přizpůsoben k danému vstřikovacímu systému. Brání, aby se nečistoty nedostávaly do oběhu. Odlučuje emulgovanou a volnou vodu a brání tak korozi.
- Palivové potrubí: Musí být vytvořeno tak, aby se odkapávající palivo nemohlo shromažďovat nebo vznítit.
- Palivové čerpadlo: Nasává palivo z palivové nádrže a dodává jej k vysokotlakým komponentům.

2.1.2 Vysokotlaká část s komponentami

Patří sem především:

- Vysokotlaké čerpadlo: Tvoří rozhraní mezi nízkotlakou a vysokotlakou částí motoru. Úkolem je dodávat dostatek paliva ve vysokém tlaku do zásobníku.
- Typy vysokotlakých čerpadel:

- **CP1H:** Čerpadlo má dobrou energetickou účinnost. Dokáže dosáhnout tlaku až 1600 barů. (viz. obr. 6)
- **CP3:** Má podobnou konstrukci jako CP1H. CP3 se používá u nákladních i osobních aut. Čerpadlo dokáže vyvinout tlak až 1800 barů.
- **CP4:** Hlavní produkt, který je vyráběn ve společnosti Bosch v Jihlavě. Je lehký a výkonný. Dokáže dodat palivo do zásobníku pod tlakem až 2100 barů.
- **CPN5:** Čerpadlo CPN5 (viz. obr. 8) má uplatnění většinou u těžkých užitkových vozů střední třídy. Je to řadové čerpadlo s písty. Je podstatně větší a těžší než čerpadla CP1H, CP3 a CP4 (viz. obr. 7). Dokáže vyvodit maximální tlak 2500 barů.



Obr. 6 CP1H [5]



Obr. 7 CP4 [5]



Obr. 8 CPN5 [5]

- Zásobník: Musí zajistit, aby bylo palivo neustále pod vysokým tlakem pro jednotlivé vstřikovače. Vzhledem k tomu, že na zásobníku byla prováděna analýza redukce pórů ve svaru, je podrobně popsán v 3. kapitole.
- Vysokotlaké snímače: Snímač je jeden z komponent zásobníku, který se používá k měření tlaku v railu.
- Regulační tlakový ventil: Musí řídit a uchovat tlak v railu v závislosti na výkonu motoru.

3 TLAKOVÝ ZÁSOBNÍK

Musí zajistit, aby bylo palivo neustále pod vysokým tlakem pro dodávání paliva do jednotlivých vstřikovačů. Také má svým objemem tlumit tlakové kmitání, které vzniká dopravou čerpadlem a vstřikováním. Objem, který je v zásobníku, je neustále dodáván vysokotlakým čerpadlem. Ve společnosti se vyrábí dva základní druhy zásobníků, a to kovaný vysokotlaký zásobník a svařovaný vysokotlaký zásobník.

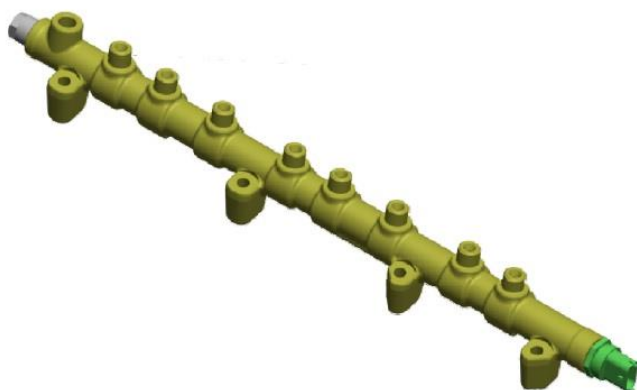
3.1 Kovaný vysokotlaký zásobník

Polotovarem kovaného zásobníku je výkovek z materiálu 38MnVS6+S, který má již základní tvar obrobku. Následně jsou na něm prováděny obráběcí operace, abychom docílili konečného výsledku.

3.1.1 Obráběcí operace

- Hluboké vrtání
- Axiální a radiální obrábění
- Kartáčování
- Výstupní vizuální kontrola

Jak vypadá výsledek kovaného railu můžeme vidět na Obr. 9.



Obr. 9 Kovaný zásobník [5]

3.2 Svařovaný vysokotlaký zásobník

Na těchto railech byla řešena problematika týkající se zmetkovitosti - pórů, proto je daný komponent popsán v této části podrobněji.

S ohledem na parametry a výkon motoru se rozměry liší. Ve firmě Bosch je vyráběno asi sto druhů svařovaných railů, avšak podstata úkolu je pro všechny zásobníky stejná.

Polotovarem je válcová tyč o průměru 30 a 33 mm, která je dodávána ve formě šestimetrové tyčoviny. Tyčovina je poté nařezána na požadované rozměry s přídatkem na obrábění.

3.2.1 Materiál tyčoviny

Materiál oceli je 20MnCrS5 s obsahem 0,02 % uhlíku, který má numerické označení podle ČSN EN 1.7149. Je to nízkolegovaná ušlechtilá mangan – chromová ocel vhodná pro středně namáhané díly motorových vozidel a strojních součástí s vyšší pevností v jádře. V porovnání s 16MnCrS5 (materiál pro výrobu komponentů zásobníku) má vyšší pevnost v jádře při nižší houževnatosti. Aby se dal materiál lépe obrábět, je v něm obsažena síra v rozmezí 0,02 až 0,04 %. [5] [8]

3.2.2 Materiál komponentů na zásobníku

Komponenty jsou vyráběny z materiálu 16MnCrS5, což je ocel nejčastěji používaná pro středně namáhané díly strojů a motorových vozidel. Je dobře tvařitelná a svařitelná, taktéž vhodně tepelně zpracovatelná za studena. K docílení zvýšení houževnatosti cementované vrstvy se volí přísada bóru a o v rozmezí 0,008 až 0,005 %. Obsah síry v oceli je 0,02 až 0,04 %. [5] [8]

3.2.3 Základní mechanické vlastnosti

Tabulka 1 Základní mechanické vlastnosti [8]

Základní mechanické vlastnosti				
Název	Značení	Pro 20MnCrS5	Pro 16MnCrS5	Jednotka
Mez v tahu	Rm	750 až 1050	685 až 930	MPa
Mez v kluzu	Re	540	min. 490	MPa
Tažnost	A	9	10	%

3.2.4 Obráběcí operace

Zásobník musí projít několika obráběcími operacemi, aby se z něj stal výsledek, který je vidět na obr. 10 (vlevo).

Obráběcí operace jsou:

- Hluboké vrtání
- Axiální a radiální obrábění
- Výstupní vizuální kontrola
- Autofretáž

3.2.5 Svařovací operace

Následně po obrábění musí vysokotlaký zásobník projít svařovacím procesem, který ovlivňuje zmetkovitost, proto je podrobněji popsán v kapitole 4. Po dokončení svařovacího procesu je vidět výsledný zásobník na obr. 10 (vpravo).

Svařovací operace jsou:

- Odporové svařování
- Heftování
- CO2 svařování
- Výstupní vizuální kontrola



Obr. 10 Svařovaný zásobník před a po svařování [5]

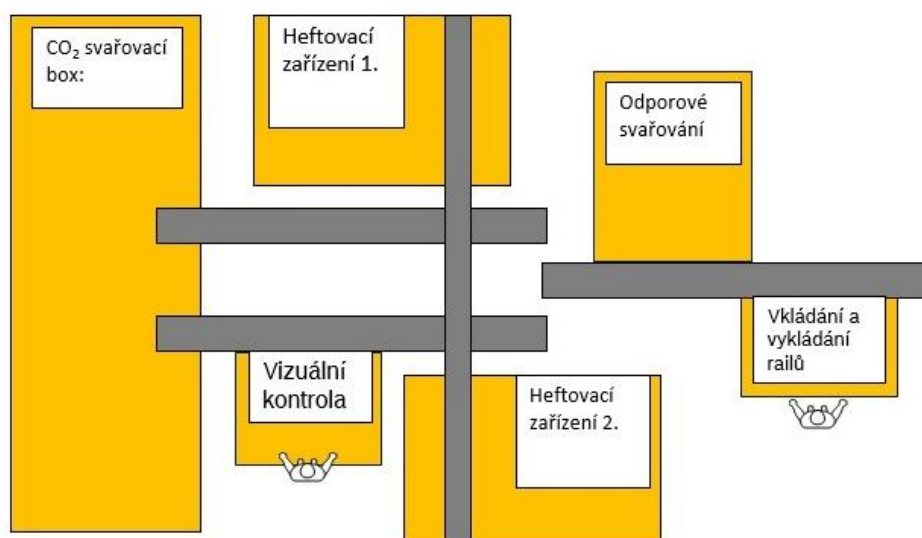
4. SVAŘOVACÍ PROCES

V této kapitole je nejprve popsáno, jak jdou jednotlivé procesy za sebou a následně je každý proces podrobněji popsán.

4.1 Popis svařovacího procesu

Než je zahájen proces svařování, tak se zásobníky a jejich komponenty musí vyčistit od mastnoty. Dále rail putuje k navaření jednotlivých komponentů. První svařovací operace je odporové svařování, kde se navařují nízkotlaké vývody ND. Poté je rail přepraven na pásovém dopravníku (pásový dopravník přepravuje zásobník postupně na jednotlivé svařovací operace) do stanice, kde probíhá heftování vysokotlakých vývodů a úchytů. Po heftování je provedena kontrola přítomnosti a pozic heftovaných vývodů. Následně je rail přivezen do CO₂ boxu, kde probíhá finální svaření komponentů.

Tímto je ukončen svařovací proces. Kontrola kvality railu a jeho komponentů ověřuje pomocí metalografické, tlakové a trhací zkoušky a na konec je provedena stoprocentní vizuální kontrola. Jak je svařovací linka rozmístěna je vidět na obr.11.



Obr. 11 Schéma svařovací linky [5]

4.1.1 Čistící proces

Tlakové zásobníky a jejich komponenty se musí před svařovacím procesem vyčistit od mastnoty a jiných nečistot. Vzhledem k tomu, že z analýzy pórovitosti vyšlo, že proces čištění velmi ovlivňuje výskyt póru, je podrobněji popsán v kapitole 5.

4.1.2 Odporové svařování

Odporové svařování je jednou z metod tlakového svařování, která spojuje dva kusy pomocí tepla, které vzniká ve svařovaných předmětech. Ke svařování není tedy potřeba přidávaný materiál. Teplo, které je třeba pro roztavení materiálu, aby vznikl spoj, vzniká průchodem střídavého proudu vysoké intenzity a nízkého napětí. Odporové svařování je velice rychlé a může se svařovat ve všech polohách. Právě z toho důvodu je používáno odporové svařování pro navaření nízkotlakého vývodu ND. Nízkotlaký vývod se od ostatních komponentů liší svým kruhovým tvarem.

Jsou rozlišována tři typy odporového svařování:

- Bodové odporové svařování
- Švové odporové svařování
- Výstupkové odporové svařování

Ve firmě je používána metoda výstupkového odporového svařování. Svar je tvořen bez přidaného materiálu. V místě, kde se mají dva díly svařit, začne působit tlak a elektrický proud. Svar vzniká tak, že pomocí proudu vzniká odpor a následně teplo, které je vyjádřené podle Joule-Lenzova zákona. [3]

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t$$

Kde: Q [J] množství vzniklého tepla,

R [Ω] elektrický odpor,

I [A] elektrický proud,

t [s] doba průtoku proudu.

Jak vypadá svar je vidět na Obr.12.



Obr. 12 Odporové svařování [5]

4.1.3 Heftování

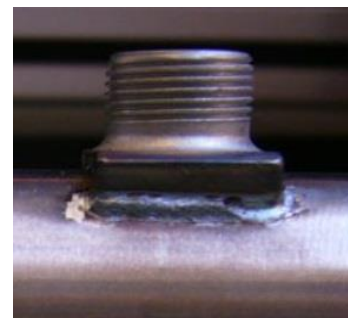
Heftování, neboli švové svařování je svařování pomocí pevnolátkového laseru Nd:YAG. Pevnolátkový laser znamená, že se využívá pevná látka. V tomto případě je to yttrium-aluminium-granát s přísadkou neodymu. Tento typ může pracovat v pulzním i kontinuálním režimu. Výsledný svar je zobrazen na Obr.13. [11]



Obr. 13 Heftový svar [5]

4.1.4 CO₂ svařování

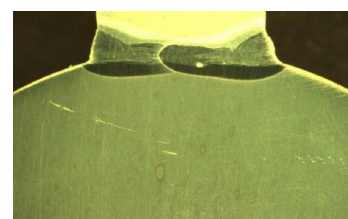
Finální svařovací operace je CO₂ svařování. Svar je tvořený plynovým laserem, kde je jako medium použit oxid uhličitý. Stejně jako pevnolátkové lasery můžou pracovat v pulzním nebo kontinuálním režimu. Laserový paprsek se vytvoří ve směsi plynů CO₂, helia a dusíku. Plyny se musí během svařování chladit, protože se intenzivně zahřívají. Výsledný svar vysokotlakého vývodu je vidět na obr.14.[6]



Obr. 14 Konečný svar [5]

4.1.5 Metalografická zkouška

Metalografickou zkoušku provádíme, abychom se přesvědčili o kvalitě svaru. Pomocí dělicí pily jsou rozřezány jednotlivé díly na části, z kterých pak pomocí mikroskopů můžeme vyhodnocovat, jestli je svar v pořádku, aby byla zajištěna jeho pevnost. Ve společnosti jsou používány mikroskopy od firmy Zeiss. Na obr.15 lze vidět příklad vyhodnocení metalografické zkoušky. Snímek je pořízený ze vzorku svaru úchyty. Faktor zvětšení je 1,25.[4]



Obr. 15 Metalografická zkouška [5]

4.1.6 Tahová zkouška

Je to destruktivní zkouška tahem, nezbytná pro zjištění pevnostních charakteristik. Ověřuje se tím, jestli má daný kus požadované hodnoty. [12]

4.1.7 Tlaková zkouška

Tlaková zkouška je prováděna na nízkotlakých vývodech ND pomocí zkušebního přístroje ATEQ.

4.1.8 Stoprocentní vizuální kontrola

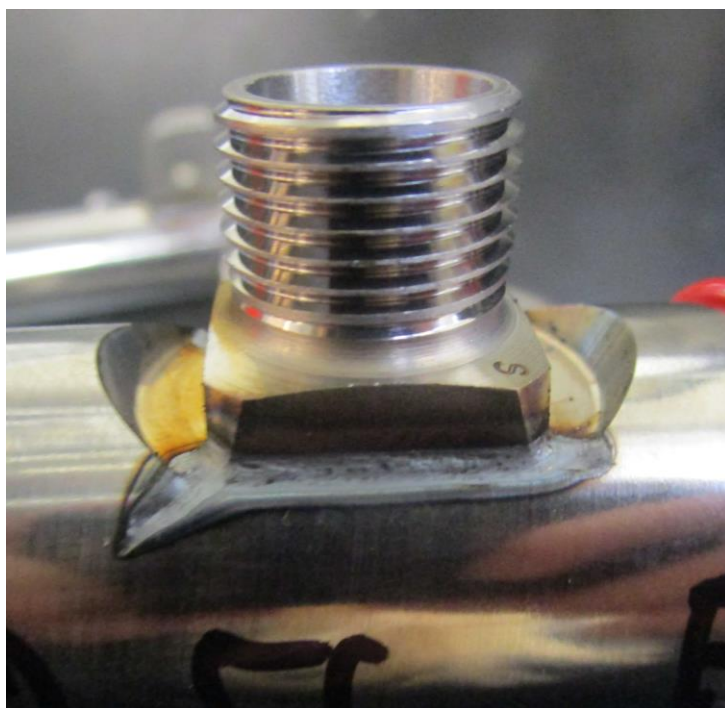
Je prováděna na každém tlakovém zásobníku, který se ve společnosti vyrobí. Účelem stoprocentní vizuální kontroly je, aby se zamezilo případným neshodným kusům, které by mohly způsobit nefunkčnost vysokotlakých čerpadel. Právě při této kontrole se zjišťují póry, které se vytvořily na povrchu svaru v průběhu svařovacího procesu.

Při této konečné operaci se kontrolují:

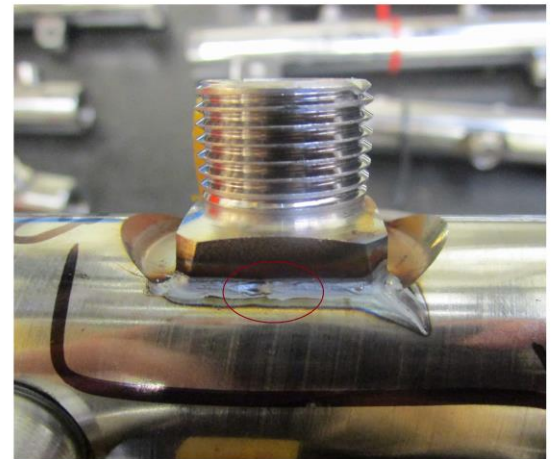
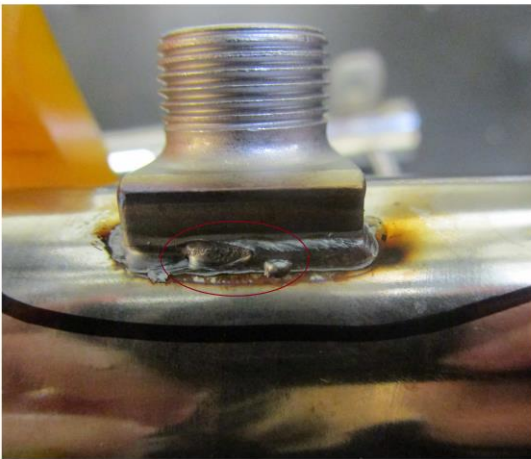
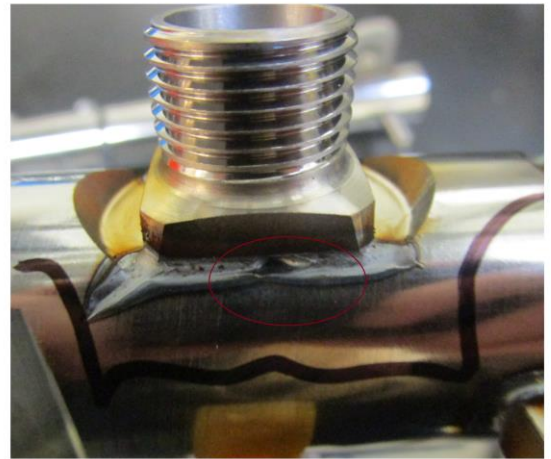
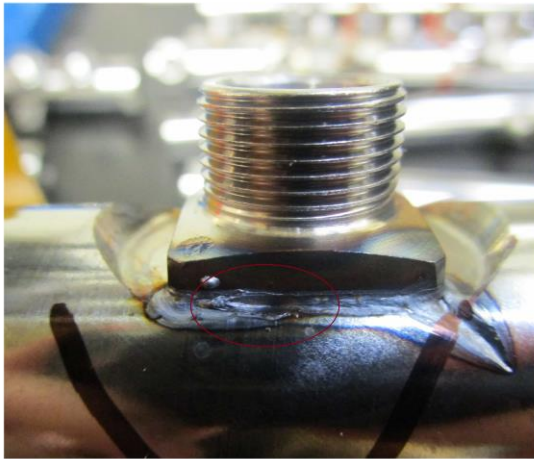
- Póry
- Zúžený svar
- Chybějící svar
- Okuje
- Přerušený svar
- Výskyt zbytků drátu

4.1.9 Příklady nepřijatelných svarů

Tato podkapitola je pro ukázkou nepřijatelných railů, který byly označeny jako neshodný kus, v důsledku pórovitosti ve svaru. Na prvním obrázku je ukáзка dobrého svaru (viz Obr.16) a na dalších obrázku je ukáзка nepřijatelných svarů (viz Obr. 17).



Obr. 16 Dobrý svar [5]



Obr. 17 Nepřípustné svary kvůli pórům [5]

5. ČISTÍCÍ PROCES

Účelem čištění je zabezpečení požadované čistoty a povrchové kvality podle požadavků na následující procesy – montáž, povlakování, svařování apod.

5.1 Krátký popis procesu

V závislosti na požadavcích a na stavu čistěných dílů se čištění provádí v čistícím zařízení na vodní bázi nebo v uhlovodíkovém čistícím zařízení.

Čištění na vodní bázi je založeno na účinku ve vodě rozpuštěných tenzidů. V závislosti na geometrii dílu a na požadavcích čistoty se k čištění využívají komorové, ponorové nebo postřikové zařízení (viz. Obr.18).

Čištění v uhlovodíkovém rozpouštědle využívá pro čištění, a hlavně pro odmašťování modifikované alkoholy. Tyto jsou schopné rozpustit organické oleje a tuky, taktéž tak polární látky. Zařízení musí být v případě použití médií s provozní teplotou nad bodem vzplanutí z důvodu bezpečnosti vyhotovené pouze jako komorové zařízení pracující v podtlaku. U rozpouštědlových médií pracujících při nízké teplotě pod bodem vzplanutí je možné využít i jiný typ zařízení. [9] [10]



Obr. 18 Zleva: ponorové, komorové, postřikové čištění [5]

5.2 Čistící proces komponentů Common rail systému před svařováním

Kvalita svařování je závislá kromě jiného i od správně vyčištěných komponentů. V případě znečištění svařovaného povrchu anorganickými nebo organickými látkami se můžou ve sváru objevit póry, které zapříčiňují snížení pevnosti svárů. Toto znečištění však v sériové produkci nelze nijak kvantitativně vyhodnocovat. Pro čištění dílců tedy neexistuje žádná specifikace tzn., na povrch dílců nejsou definovány žádné požadavky.

5.2.1 Čištění těles railů

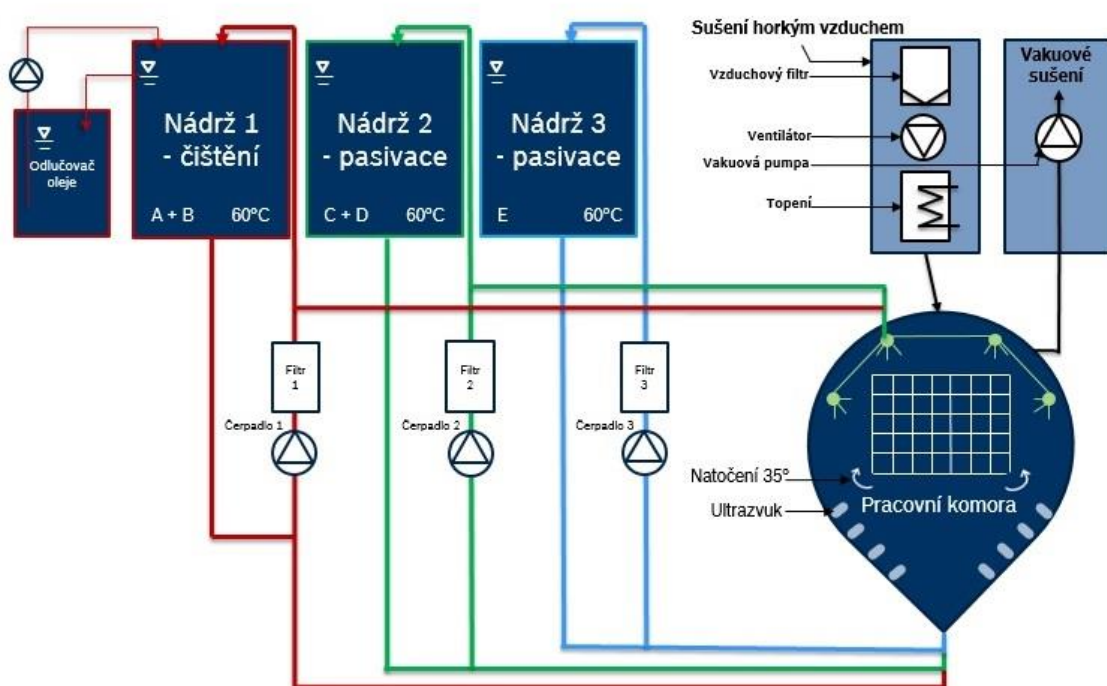
Toto čištění probíhá ve vodních komorových čistících zařízeních. Nejprve se raily naskládají do čistících rámců na dopravník. Automatickým podávacím zařízením je šarže určena k čištění zavezena do pracovní komory, která se následně uzavře.

Celý proces čištění probíhá v této pracovní komoře. Postupně se do ní přivádí médium z celkem tří nádrží. Pro zvýšení účinku čištění je šarže v komoře po celou dobu naklápěna v úhlu 35° a na raily působí během čištění ultrazvuk, v průběhu programu se pro intenzivnější oplach využívá funkce injekčního postřiku. Po vypršení nastaveného času ošetření se médium z pracovní komory vrací zpět do nádrže přes filtr, který zachytí uvolněné partikly. V dalším kroku probíhá sušení horkým vzduchem a vakuové sušení. Poté se celý proces ukončen, pracovní komora se otevře a automatický podávací systém vyveze vyčištěnou dávku na výstupní část dopravníku, kde se ochladí na okolní teplotu pomocí ventilátoru.

Proces v komorovém čistícím zařízení na vodní bázi je znázorněn na Obr.19.

Ve stroji jsou používané tyto čisticí / pasivační média:

- Médium 1:
 - Čisticí médium Bonderite C-AK 5801 (Henkel), koncentrace $5 \% \pm 2 \%$
- Médium 2:
 - Pasivační médium Bonderite S-FN 6748, koncentrace $0,5 \% \pm 0,2 \%$
 - maximální přípustná koncentrace Bonderite C-AK 5801 (přeneseného z nádrže 1) je 2%
- Médium 3:
 - Pasivační médium Bonderite S-FN 6748, koncentrace $0,3 \% \pm 0,1 \%$
 - maximální přípustná koncentrace Bonderite C-AK 5801 (přeneseného z nádrže 1) je $0,5 \%$



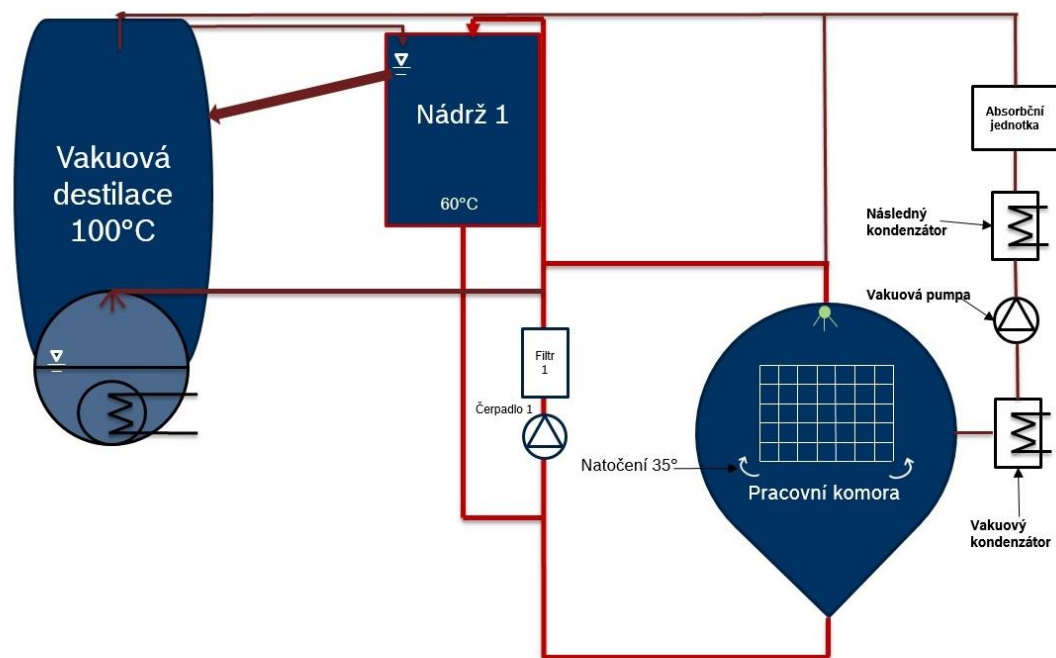
Obr. 19 Čisticí zařízení, na vodní bázi

5.2.2 Čištění drobných dílců – komponentů tlakového zásobníku

Na čištění těchto komponentů se používá uhlovodíkové komorové zařízení, využívající pro čištění a odmaštění médium na bázi izoparafinických alifatických uhlovodíků. Dílce určené k vyčištění se vysypou do čisticího koše a manuálně vloží do pracovní komory, která se následně uzavře.

I v tomto případě probíhá celý proces v pracovní komoře. Nejdřív se do komory napustí médium z nádrže 1, na čištěné dílce během ošetření působí ultrazvuk a celá šarže je naklápěna pod definovaným úhlem. Po uplynutí nastaveného času se médium přes filtr přivede zpět do nádrže 1. V dalším kroku probíhá odmaštění párou vytvořenou v destilační nádrži. Pára na čištěných dílcích zkapalní a představuje tak finální odmaštění stoprocentní čistým rozpouštědlem. Zkapalněná pára se z pracovní komory přivádí do nádrže 1. V případě přeplnění nádrže 1 se médium přepustí do destilační lázně. Tím je zajištěna neustálá recyklace média přímo ve stroji. Sušení dílců probíhá pod vakuem, v pracovní komoře je dosažen podtlak $\leq 4 \text{ mbar}$ a tím je zajištěné odpaření veškerého média. Plynná fáze je vakuovým čerpadlem odsátá a přivedena do kondenzátoru, zkapalněné médium je následně přivedeno

zpět do destilační nádrže. Po ukončení celého procesu se pracovní komora zavzdušní a až poté ji lze otevřít a vyčištěnou šarži přesunout na výstupní část dopravníku. Proces v komorovém čistícím zařízení na uhlovodíkové bázi je znázorněn na Obr.20.



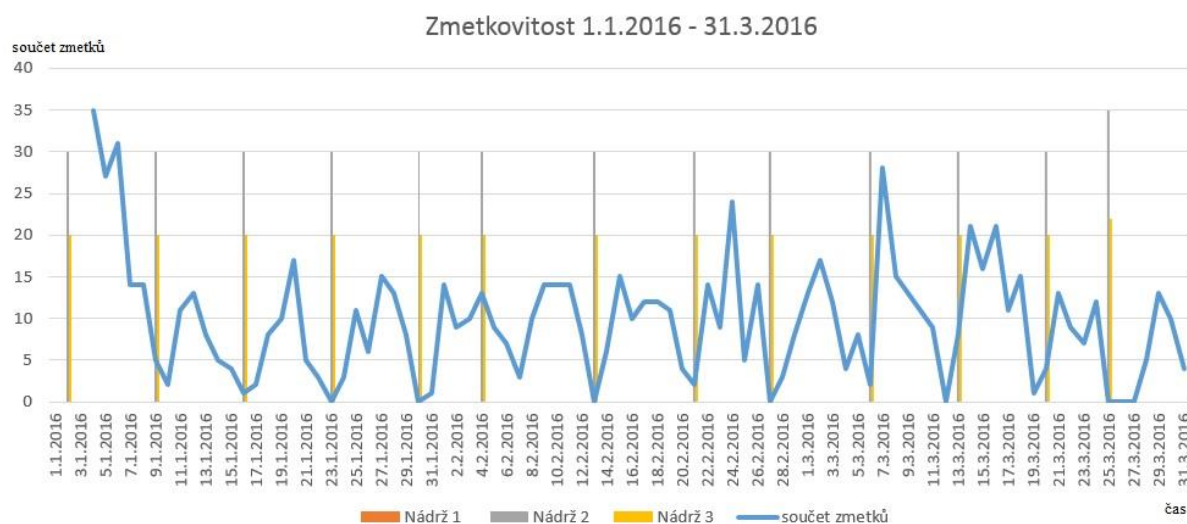
Obr. 20 Uhlovodíkové čistící zařízení

5. REDUKCE PÓROVITOSTI POMOCÍ ANALÝZY

Analýza byla vytvořena na základě dat zmetkovitosti za rok 2016. Za neshodný kus může být rail považován i z jiného důvodu, než co se týče výskytu pórů, ale vzhledem k tomu, že tato práce byla směřována na redukcí pórů, tak byly jiné vlivy na zmetkovitost záměrně opomenuty. V datech jsou tedy obsaženy všechny špatné kusy, které byly vyřazeny z důvodu výskytu pórů ve svaru. Tyto zmetky tvoří v průměru za rok zhruba jen 0,17 %, ale když bereme v úvahu, že se vyrobí přes milion a půl tlakových zásobníků ročně, pak je 0,17 % poměrně dost vysoký počet kusů.

Jak již bylo řečeno, neshodný kus byl objeven na poslední části svařovacího procesu, což je stoprocentní vizuální kontrola. Každý špatný kus byl zaznamenán do databáze, z které poté analýza vycházela.

Vzhledem k tomu, že byly neshodné kusy zapisovány téměř každý den, do bakalářské práce bylo přidáno vždy pouze období roku. Možná se toto období může zdát být malé, ale i za tuto část je možno vyčíst z grafu, co póry výrazně ovlivňuje. Graf analýzy je vidět na Obr.21.

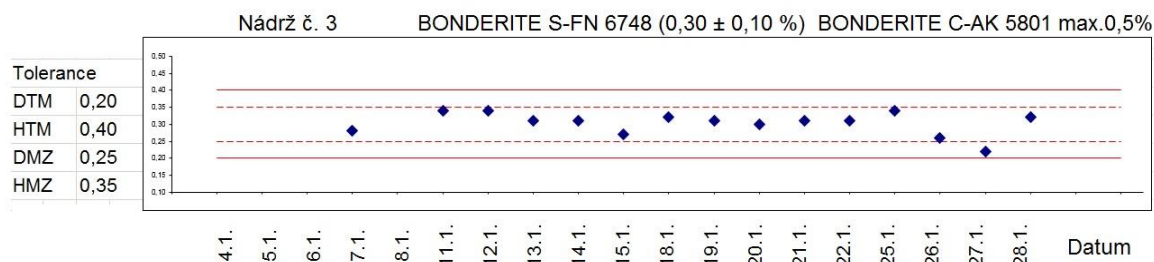


Obr. 21 Zmetkovitost v období 1.1.2016 – 31.3.2016

Hlavní křivku v grafu tedy tvoří zmetkovitost za období od 01.01.2016 do 31.03.2016. Křivka modré barvy popisuje, jak se zmetky v daných dnech vyskytovaly.

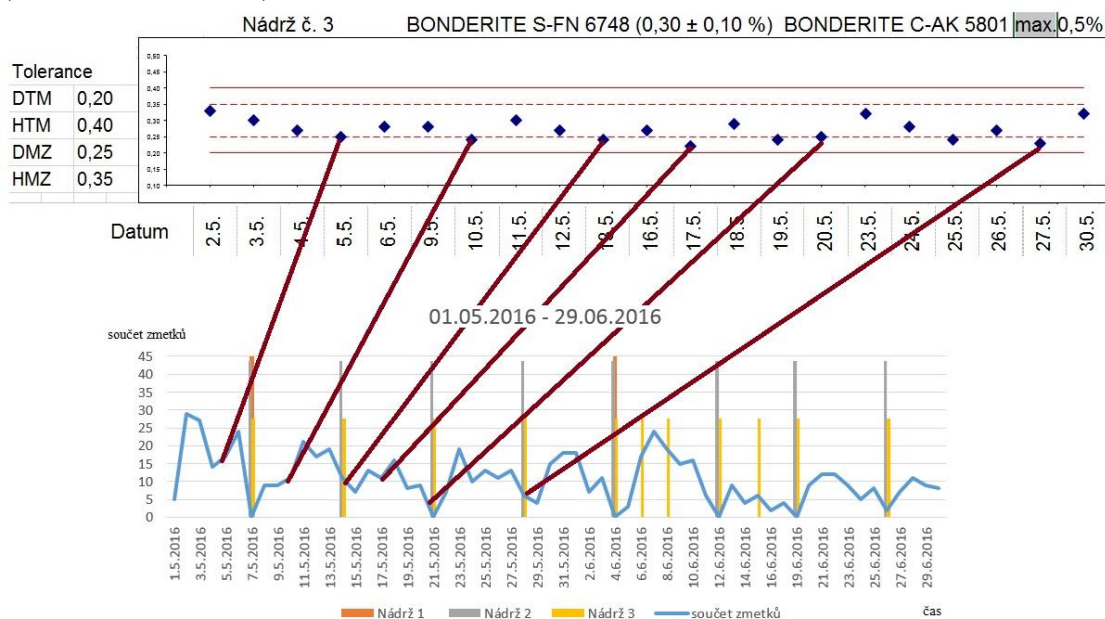
Další důležitou část grafu tvoří výměna koncentrátů v nádržích jedna až tři. Jedná se o nádrže ve vodním čistícím stroji, který byl popsán v předchozí kapitole.

Z grafu je vidět, že výměna pracího média zmetkovitost velmi ovlivňuje. Nejdříve jsem se nad tímto výsledkem pozastavila, protože jsem očekávala, že křivka bude růst až do doby, kdy se prací médium vymění a následně bude zase zmetkovitost klesat. Tento výsledek tedy nedopadl podle očekávání. Proto do analýzy byl zahrnut ještě jiný graf, který je vidět na obr.22.

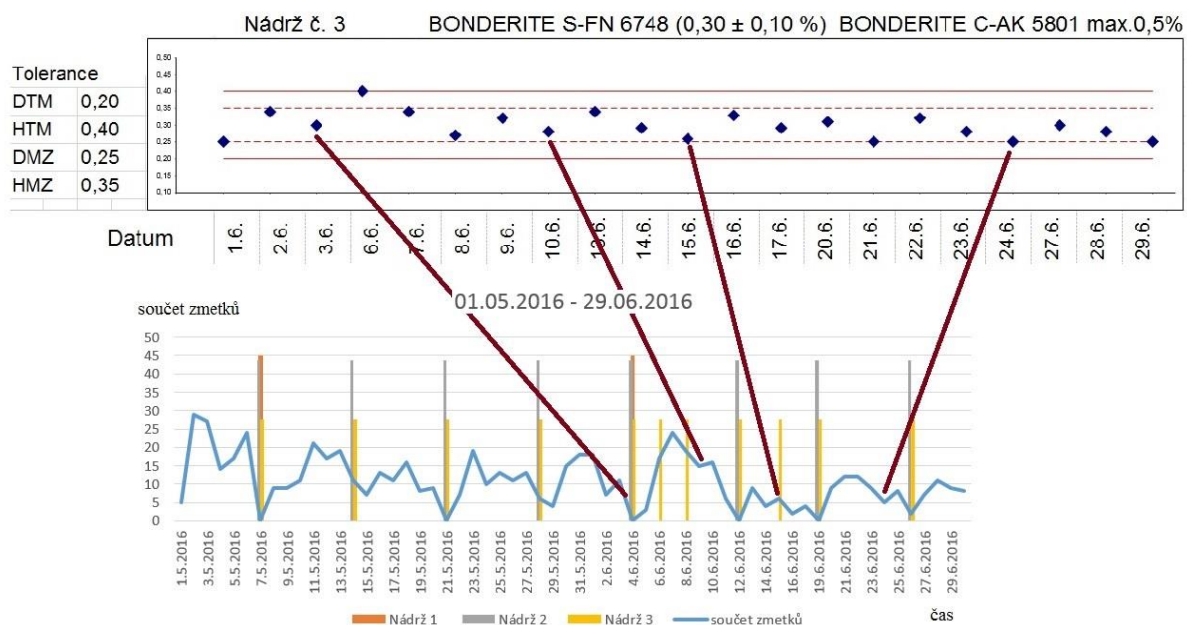


Obr. 22 Záznam kontroly hodnoty koncentrace [5]

Na tomto obrázku jsou znázorněny data z kontrol koncentrací čistícího média v nádrži 3. Tento měsíc, leden 2016, se kontrola prováděla každý všední den. Koncentrace čistícího média se měla držet ve středu grafu což je na 0,30 %. Toleranční hodnota je $\pm 0,10$ %. Pokud se ale dostala koncentrace od středu $\pm 0,05$ % od středu, dolévalo se koncentrační médium. Modré body značí, jak se koncentrace v průběhu měsíce pohybovala. Jak je vidět, hodnota koncentrace klesá i stoupá, když si tyto dva grafy propojíme dohromady, je vidět spojitost. (viz obr.23 a obr. 24)



Obr. 23 Propojení grafů - květen



Obr. 24 Propojení grafů - červen

Jak je vidět, tak hodnota koncentrace pórovitost velice ovlivňuje.

Bohužel nelze kontrolovat zbytkovou mastnotu každého vyrobeného railu, než jde do svařovacího procesu. Je zřejmé že při nižších koncentracích se zásobník lépe vyčistí od nečistot a mastnoty z předchozích obráběcích operací.

ZÁVĚR

Analýza byla provedena na základě dat výskytu nepřipustných tlakových zásobníků. Raily se označily jako nepřipustné kusy při stoprocentní vizuální kontrole, která je poslední součástí svařovacího procesu. Na základě těchto dat byl vytvořen graf zmetkovitosti. Do grafu byly přidány hodnoty, kdy se vyměňovalo prací médium v čistících strojích. Výměny pracího média byly do grafu přidány, protože před zahájením svařovacího procesu se tlakové zásobníky musí vyčistit od nečistot a mastnoty a existovalo podezření, že čistící stroje zmetkovitost ovlivňují.

Výsledek nedopadl podle očekávání. Nebylo prokázáno, že zmetkovitost bude růst až do doby, kdy se v čistících strojích nevymění média a až se vymění, pak bude zase klesat. Z grafu lze vyčíst, kdy se neshodné kusy objevují nejčastěji, ale nedokázala jsem definovat proč.

Proto byl graf propojen s dalšími hodnotami, kde byly zapsány hodnoty koncentrací čistících médií. Tyto koncentrace byly zapisovány kontrolory každý všední den. Koncentrace se kontrolovaly proto, že je pro prací média stanovená určitá tolerance koncentrace, v které by se měla hodnota čistícího média pohybovat. Kdyby se stalo, že bude po kontrole výsledek mimo toleranci, musí se dolévat čistící médium.

Po tom, co byly tyto dva grafy propojeny, bylo vidět, že je zde spojitost. Hodnota koncentrace čistícího média velmi ovlivňuje výskyt pórů během svařovacího procesu. Je zřejmé, že čím nižší koncentrace, tím je menší výskyt neshodných kusů. Naopak čím vyšší koncentrace, tím je více neshodných kusů.

Můj návrh na zlepšení je takový, že by se měla hodnota koncentrace snížit na takovou hodnotu, která bude mít poté pozitivní výsledky, co se týče zmetkovitosti zapříčiněné póry ve svarech. Je možné, že chvíli potrvá, než se vypořádá ta správná koncentrace v čistících médiích, která bude pro svařování nejvíce vyhovovat.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Bosch v českých zemích*. Brno: Atelier Kupka - motor journal, 2002. ISBN 8090302815.
2. Historie společnosti. *Bosch Česká republika* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.bosch.cz/cs/cz/our_company_7/history_7/history.html
3. Odporové výstupkové svařování. *Schinkmann* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.schinkmann.cz/odporove-vystupkove-svarovani>
4. Metalografická laboratoř. *TUV NORD Worldwide* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.tuv-nord.com/cz/cs/laboratore-a-zkusebny/metalograficka-laborator-736.htm>
5. Bosch Diesel Jihlava s.r.o. *Firemní a školicí materiály*
6. *O svařování: MIG/MAG (CO2)* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/migmag-co2/>
7. LANDHÄÜBER, Felix. *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. Praha: Robert Bosch, 2005. Technické vzdělávání. Žlutá řada. Řízení vznětových motorů. ISBN 8090313272. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:b58f4ed0-5563-11e6-ab2f-005056827e52>
8. ČSN EN 10084 Oceli k cementování – Technické dodací podmínky. In: Engineering Ostrava, a.s. [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.eng-ova.cz/_files/engova-2f01fdae20ef7125d590e7f330b17f80/%20csnen10084.pdf
9. *Metody čištění* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.durr-ecoclean.com/cz/vyrobky/metody-cisteni/>
10. *Vodné čisticí prostředky* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.durr-ecoclean.com/cz/vyrobky/cistici-media/vodne-cistici-prostredky/>
11. *SERIÁL NA TÉMA LASERY – LASEROVÉ SVAŘOVÁNÍ I (LASER WELDNIG)* [online]. [cit. 2017-05.25]. Dostupné z: [http://www.lao.cz/lao-info-49/seriál-na-tema-lasery ---laserové-svarovani-i-laser-welding-134](http://www.lao.cz/lao-info-49/seriál-na-tema-lasery---laserové-svarovani-i-laser-welding-134)
12. Tahová zkouška [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/kontinuum/2_6

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis		
CP1H	Vysokotlaké čerpadlo CP1H		
CP3	Vysokotlaké čerpadlo CP3		
CP4	Vysokotlaké čerpadlo CP4		
CPN5	Vysokotlaké čerpadlo CPN5		
CRI	Injektor pro vstřikování paliva		
FRL	Zpětné vedení paliva		
ND	Nízkotlaký vývod		
PCV	Tlakový regulační ventil		
PLV	Ventil omezovače tlaku		
SIS	Sériové opravy		
Symbol	Popis	Jednotka	
Q	Množství vzniklého tepla	[J]	
R	Elektrický odpor	[Ω]	
I	Elektrický proud	[A]	
t	Čas	[s]	

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Společnost v České republice [5].....	2
Obr. 2 Rozmístění závodů v Jihlavě [5].....	3
Obr. 3 Vysokotlaké čerpadlo CP3[5]	3
Obr. 4 Regulační tlakový ventil (PCV) [5]	3
Obr. 5 Common Rail [5]	4
Obr. 6 CP1H [5]	5
Obr. 7 CP4 [5]	5
Obr. 8 CPN5 [5]	5
Obr. 9 Kovaný zásobník [5]	6
Obr. 10 Svařovaný zásobník před a po svařování [5]	7
Obr. 11 Schéma svařovací linky [5].....	8
Obr. 12 Odporové svařování [5]	9
Obr. 13 Heftový svar [5]	9
Obr. 14 Konečný svar [5].....	9
Obr. 15 Metalografická zkouška [5]	9
Obr. 16 Dobrý svar [5]	10
Obr. 17 Nepřípustné svary kvůli pórům [5]	11
Obr. 18 Zleva: ponorové, komorové, postřikové čištění [5]	12
Obr. 19 Čistící zařízení, na vodní bázi	13
Obr. 20 Uhlovodíkové čistící zařízení	14
Obr. 21 Zmetkovitost v období 1.1.2016 – 31.3.2016	15
Obr. 22 Záznam kontroly hodnoty koncentrace [5]	16
Obr. 23 Propojení grafů - květen	16
Obr. 24 Propojení grafů - červen.....	17

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Základní mechanické vlastnosti [8]	7
--	---