

Vysoká škola technická a
ekonomická v Českých Budějovicích

Ústav technicko-technologický

Problematika nedestruktivního
a destruktivního zkoušení svarových
spojů výrobního procesu ve vybrané
společnosti Otavské strojírný a. s.

Issues of Non-Destructive and Destructive Testing of Welded Joints in
the Manufacturing Process in the Selected Company Otavské strojírný
a.s.

Bc. Jakub Chalupný 22044

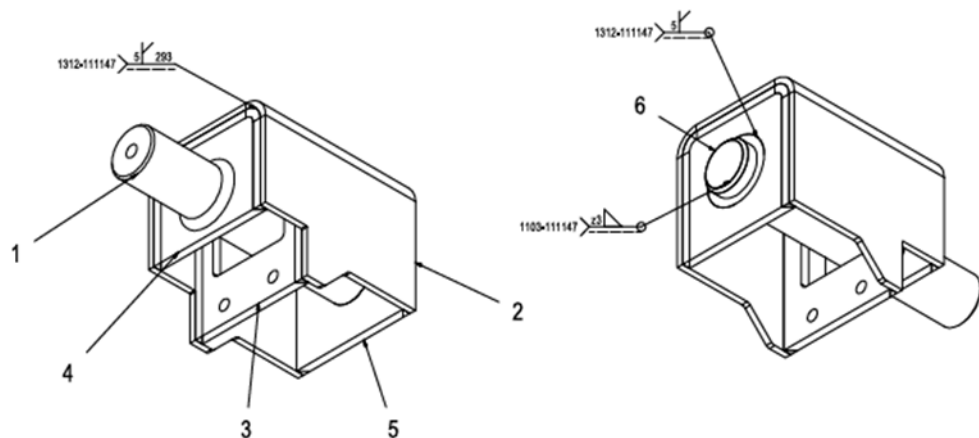


Obsah

Cíl práce.....	3
Hypotézy a výzkumné otázky.....	4
Nedestruktivní zkoušení.....	6
Destruktivní zkoušení.....	11
Diskuze a odpovědi na otázky.....	16
Poděkování za pozornost.....	17

Cíl práce

Zhodnocení úrovně kvality svarových spojů v rámci aplikace nedestruktivních a destruktivních zkoušek, včetně analýzy příčin geometrických vad a návrhu nápravného opatření pro jejich eliminaci v následném výrobním procesu.



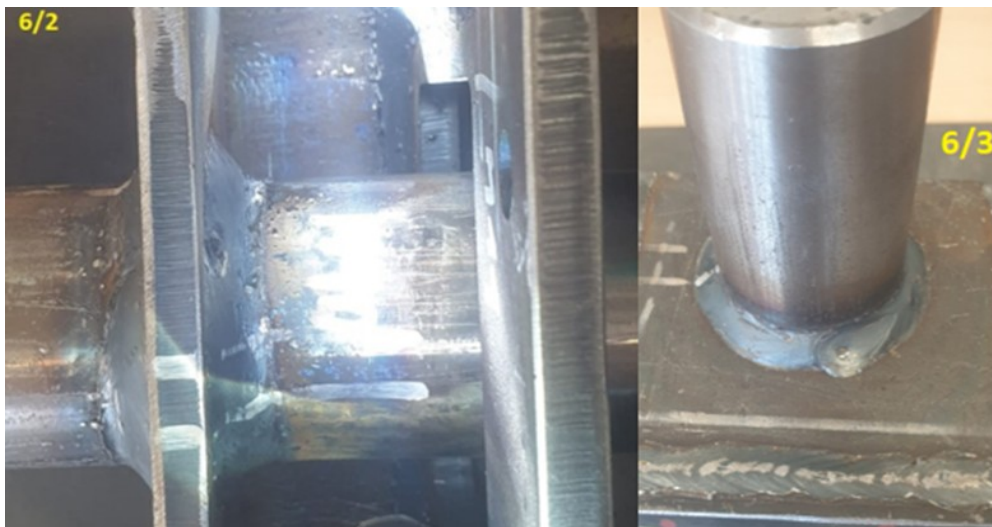
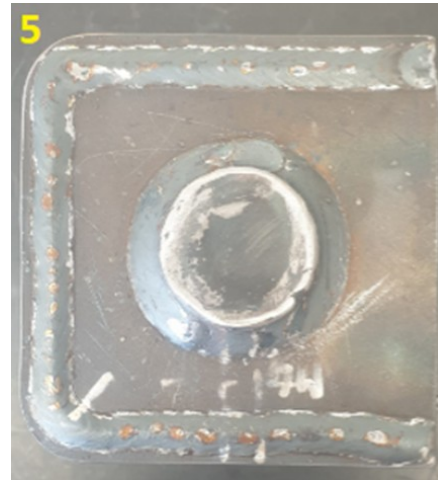
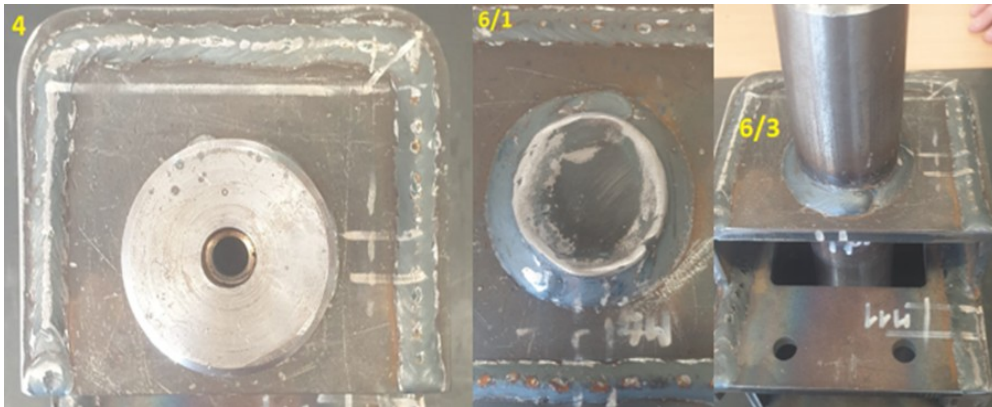
Hypotézy nebo výzkumné otázky

- Proved'te literární rešerši problematiky svařitelnosti svarových spojů se zaměřením na obloukové svařování, různorodost defektů svarů a vlivu tváření za studena na svařované součásti
- Navrhněte a charakterizujte technologické postupy a parametry svařování, které jsou vhodné pro tavné svařování heterogenních svarových spojů s ohledem na jejich konstrukci a provozní zatížení
- Na reálném vzorku proved'te řadu nedestruktivních a destruktivních zkoušek svarových spojů a jejich vyhodnocení
- Sumarizace výsledků všech zkoušek, které byly provedeny včetně výstupních protokolů a zpráv a návrh opatření

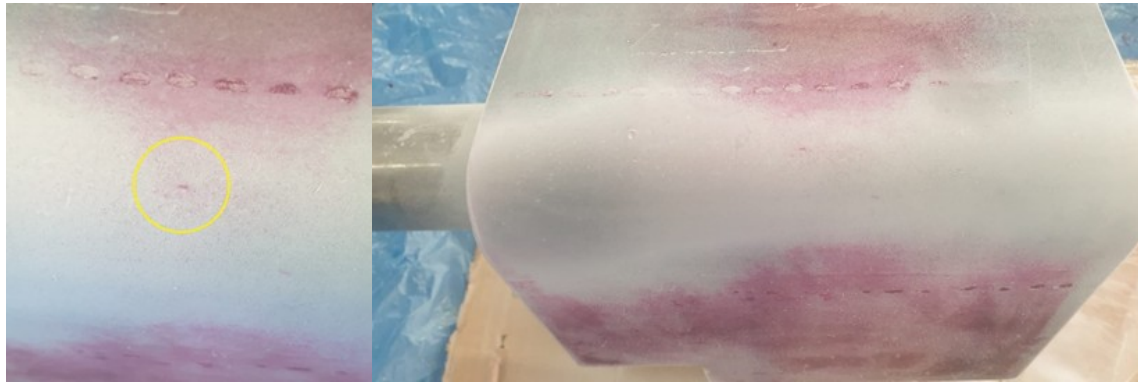
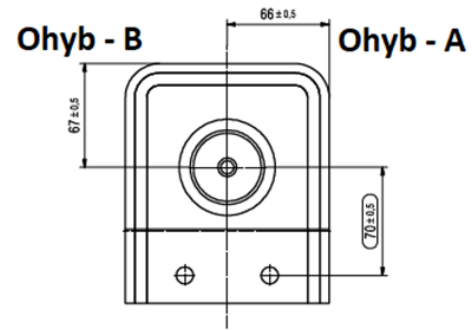
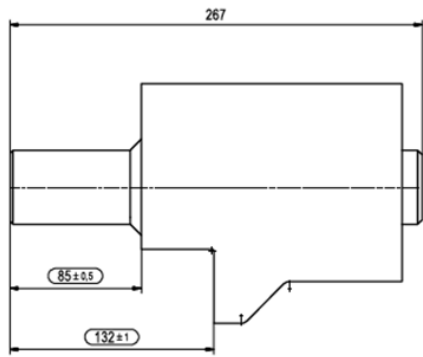
Nedestruktivní zkoušení - NDT

- **Vizuální kontrola** (VT – Visual Testing), podle ČSN EN ISO 17637. Požadovaný stupeň jakosti podle ČSN EN ISO 5817 stupeň C
- **Kapilární zkouška** (PT – Penetrant testing), podle ČSN EN ISO 3452-1. Stupeň přípustnosti podle ČSN EN ISO 23277 stupeň 2X.
- **Magnetická prášková metoda** (MT – Magnetic Particle Testing) podle ČSN EN ISO 17638. Požadovaný stupeň přípustnosti podle ČSN EN ISO 23278 stupeň 2.
- **Ultrazvuková zkouška** (UT – Ultrasonic Testing) podle ČSN EN ISO 17640 metoda 1. ČSN EN ISO 11666 stupeň 3.
- **Radiografické zkoušení** (RT – Radiographic Testing) podle ČSN EN ISO 17636-1. Stupeň přípustnosti podle ČSN EN ISO 10675-1 stupeň 2.
- **PMI Spektrometrická analýza XRF VANTA** podle ASTM E388-04, kovových materiálů, svarů.
- **Optická emisní spektrometrie TASMANQ4** – chemická analýza kovových materiálů
- **Měření tloušťky ultrazvukovou sondou** (UT – Ultrasonic testing) DM5E s UT sondou DA 312 podle normy ČSN EN ISO 16809.

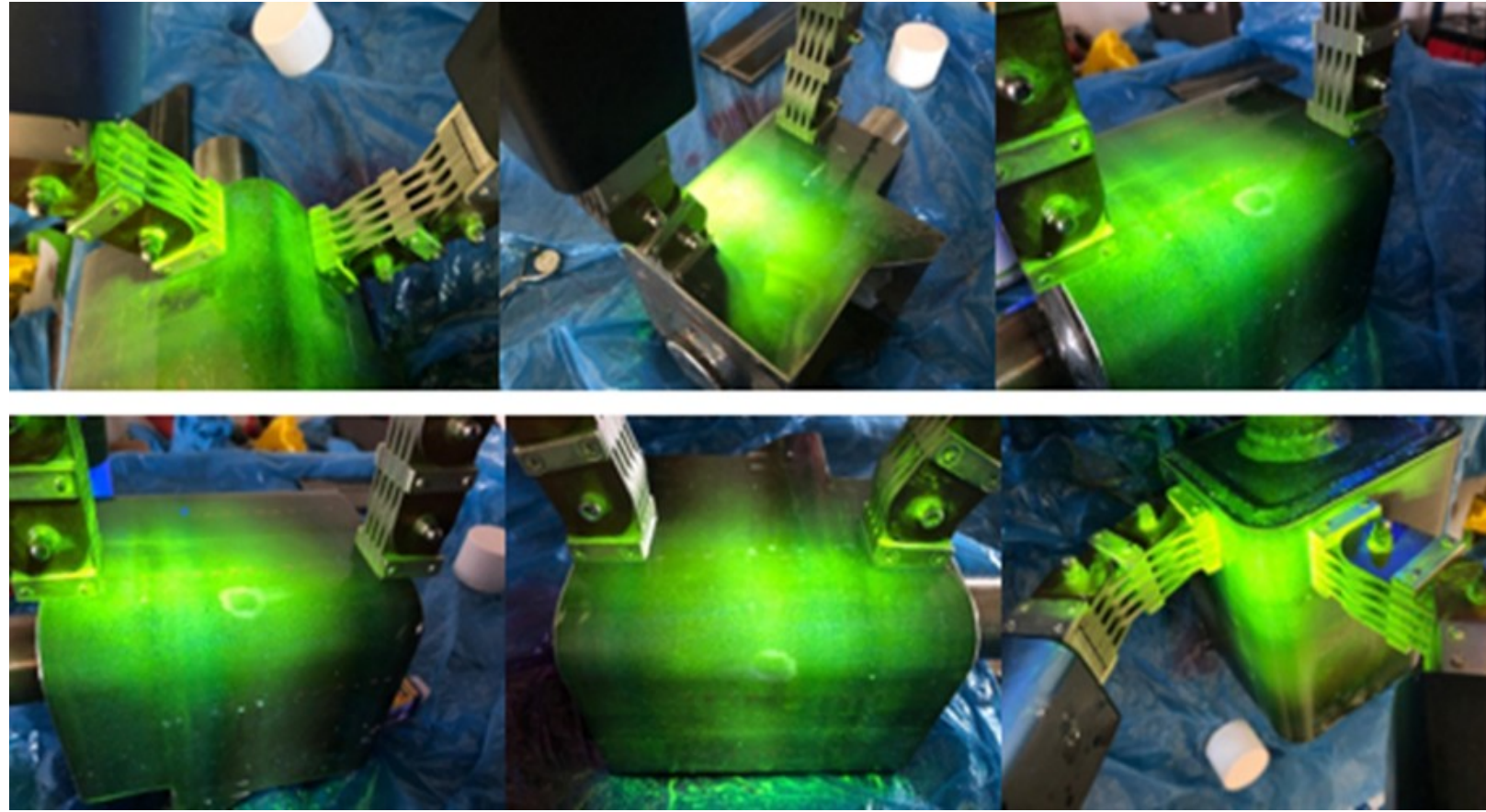
Vizuální kontrola - VT



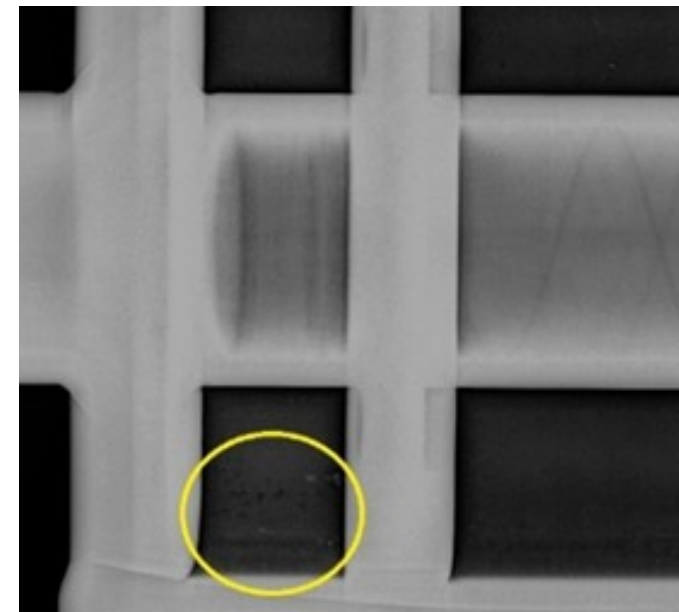
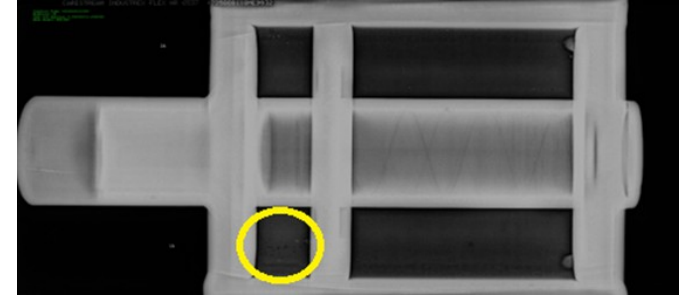
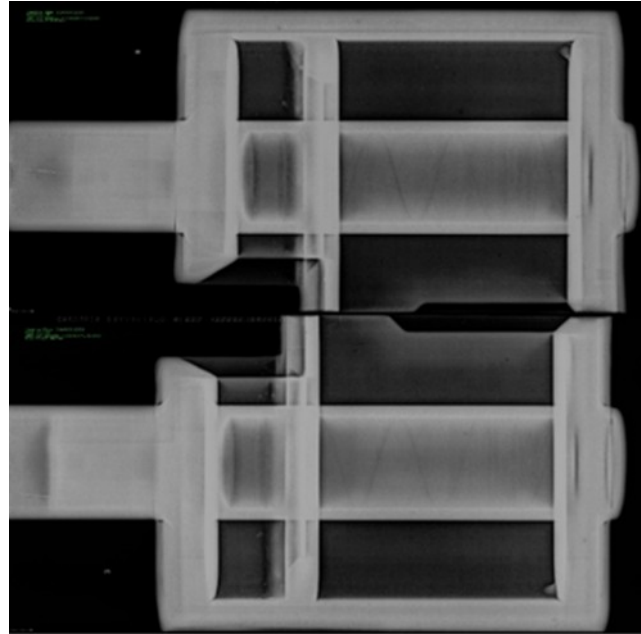
Kapilární zkouška - PT



Magnetická prášková zkouška - MT

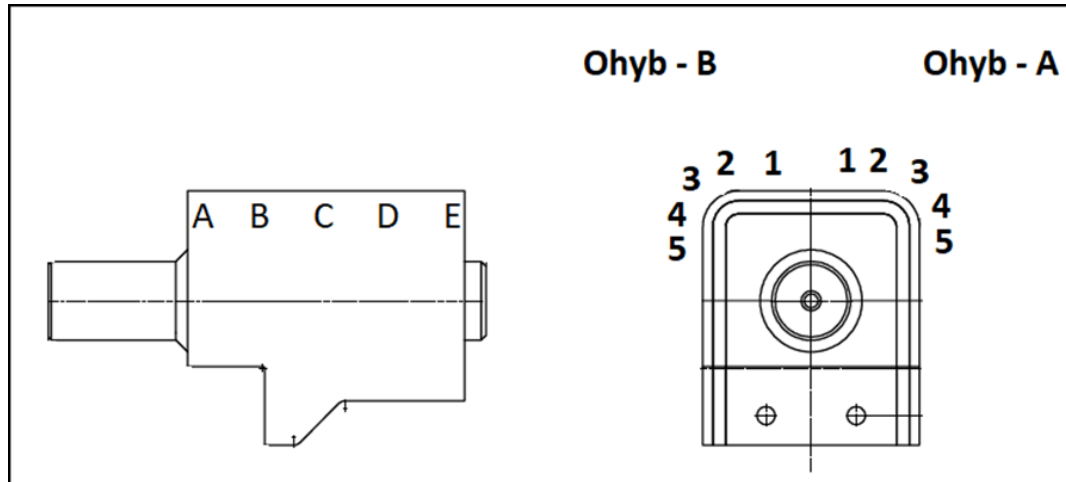


Radiografická zkouška -RT



Měření tloušťky ultrazvukovou sondou - UT

Ohyb - A

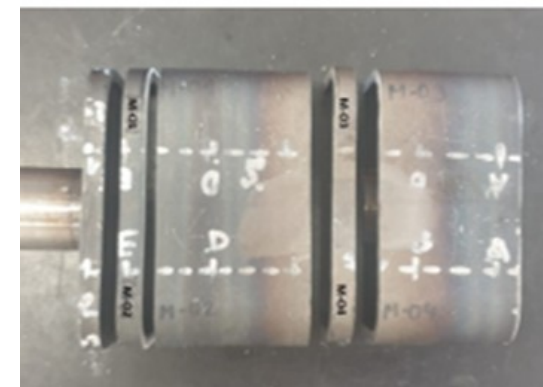
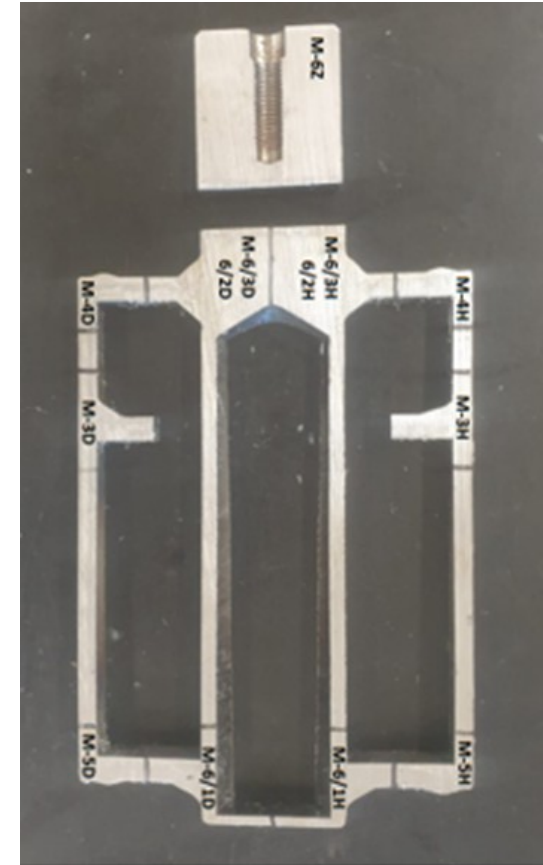


Ohyb - B

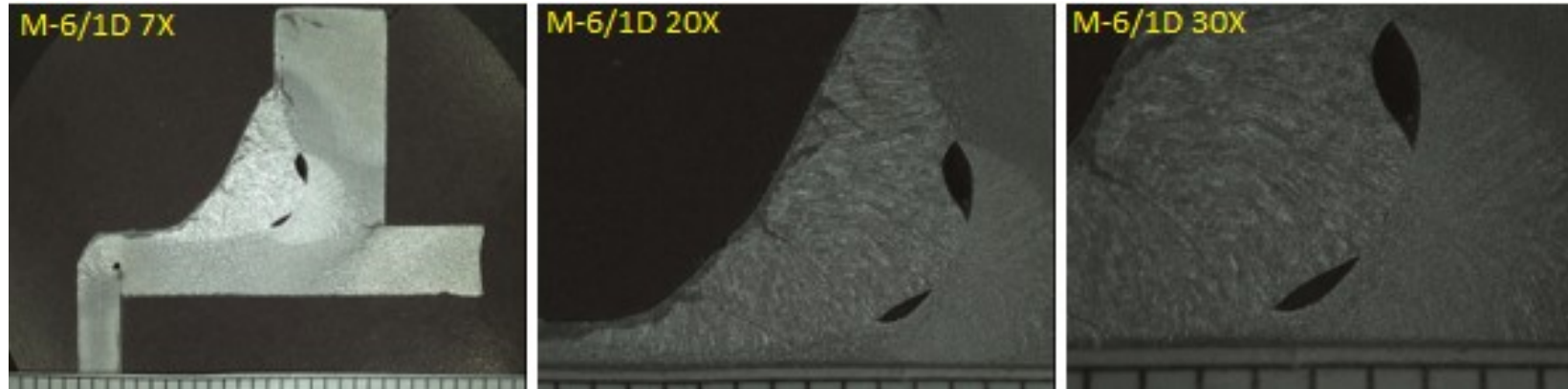
	A	B	C	D	E
1					
1	5,93	5,96	5,91	6,01	6,00
2	5,91	5,92	5,94	6,00	5,97
3	5,91	5,93	5,93	5,94	5,92
4	6,07	6,02	6,04	6,01	6,03
5	6,02	6,03	6,05	6,09	6,04

Destruktivní zkoušení – DT

- **Měření tvrdosti podle Vickerce HV10** – podle normy ČSN EN ISO 9015-1
- **Měření mikrotvrdosti podle Vickerce HV0,01** – podle normy ČSN EN ISO 9015-2
- **Makroskopická kontrola** – podle ČSN EN ISO 17639 (ISO/TR16060)
- **Mikroskopická kontrola** – podle ČSN EN ISO 17639 (ISO/TR16060)
- **SEM (EDS) strukturní a prvková analýza** – podle normy ASTM E1508-12A

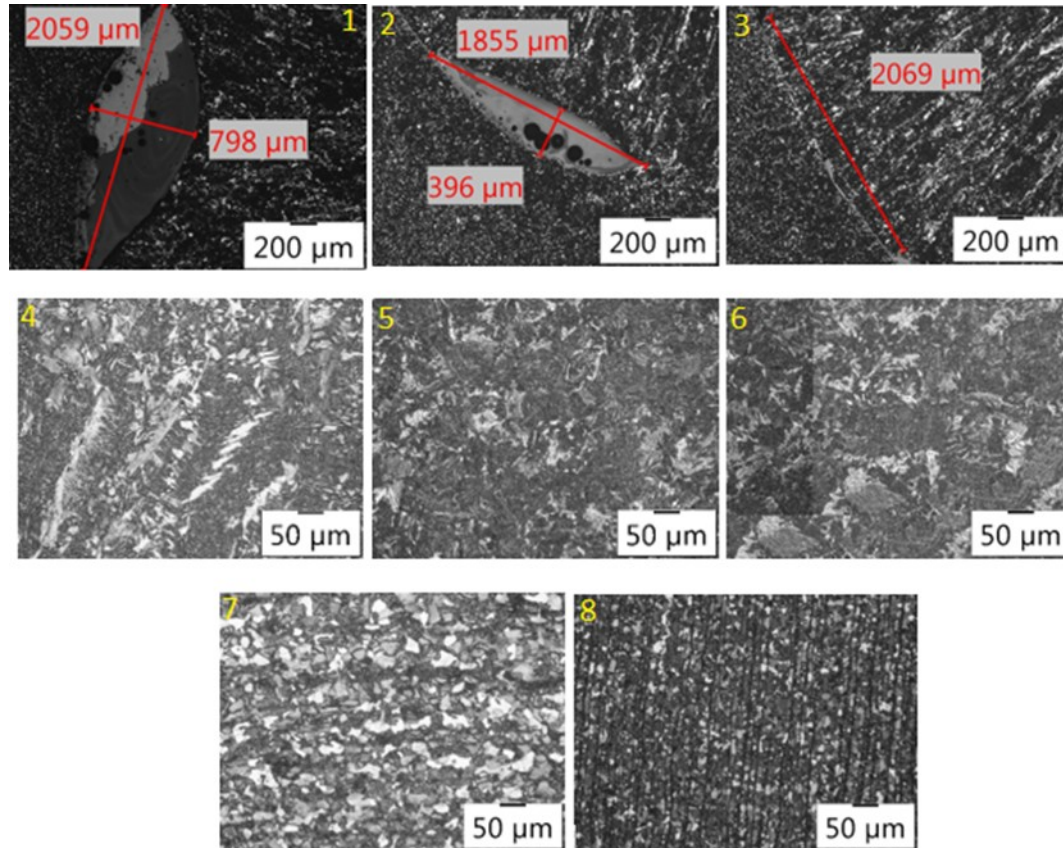


Makroskopická kontrola



M-6/1D	Zjištěn konstrukční neprůvar kořene svaru. Zjištěny oxidické vměstky o velikosti 2 mm. Zjištěn studený spoj mezi 1. a 2. vrstvou.	2,5 - 3	Nevyhovuje
--------	---	---------	------------

Mikroskopická kontrola

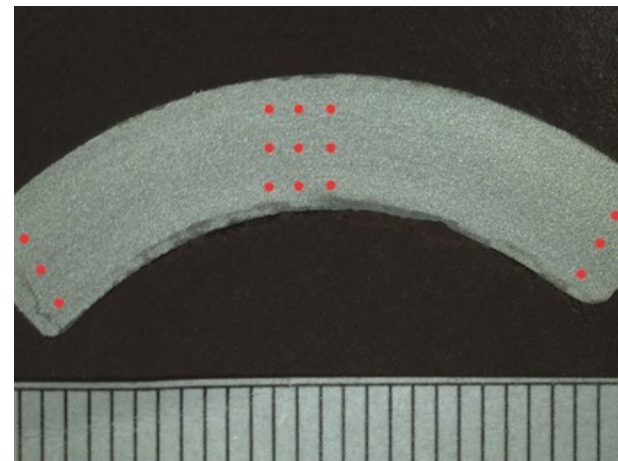
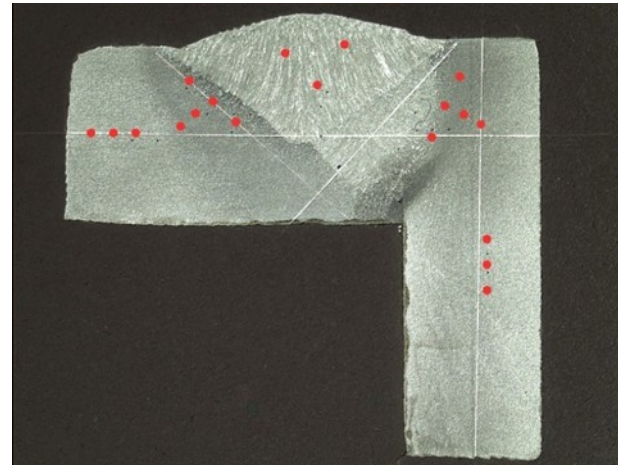
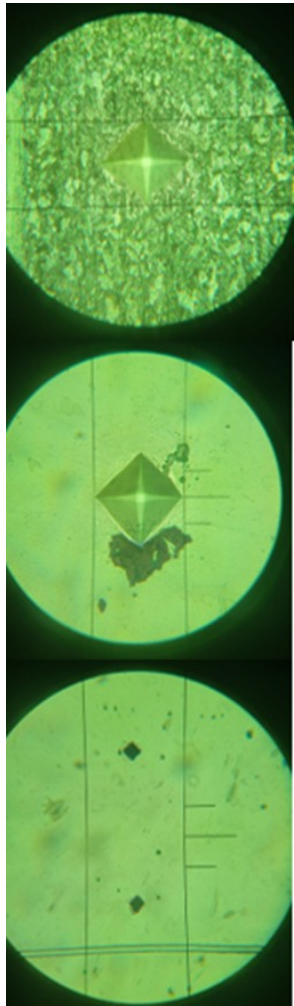


Vzorek č.	Mikrostruktura				
	ZM I	TOO I	Svarový kov	TOO II	ZM II
M-6/1D	jemnozrná feriticko-perlitickou strukturu (řádkový perlit)	Widmanstättova struktura (popuštěná)	licí feriticko-perlitickou strukturu, jehlicový ferit (Widmanstätten)	Widmanstättova struktura (popuštěná)	jemnozrná feriticko-perlitickou strukturu (řádkový perlit)

Na vzorku M-6/1D jsou vidět oxidické vměstky a studený spoj (obrázky 1-3)

Zkouška tvrdosti podle Vickerce – HV10

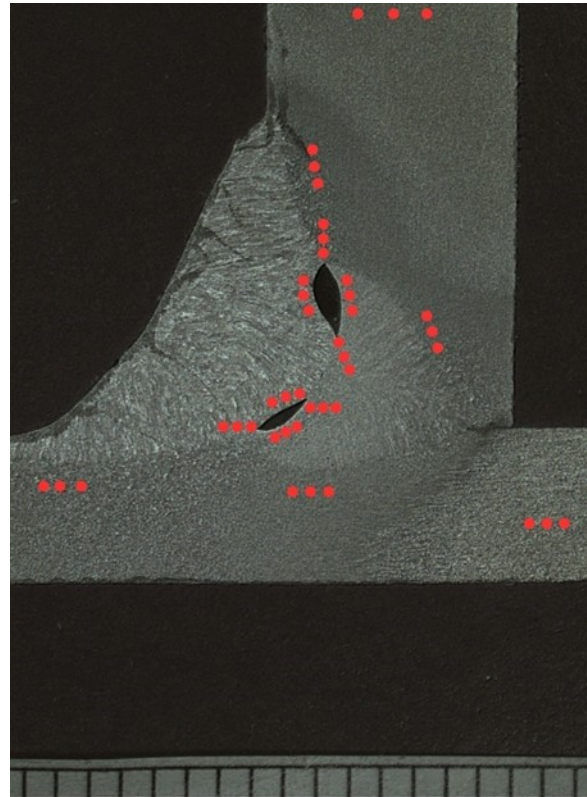
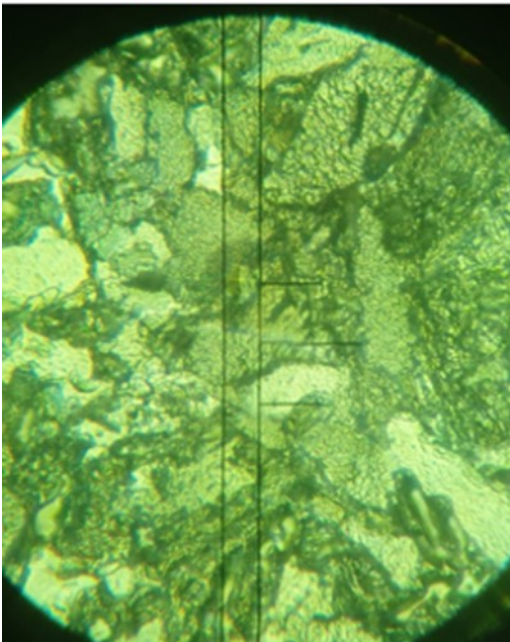
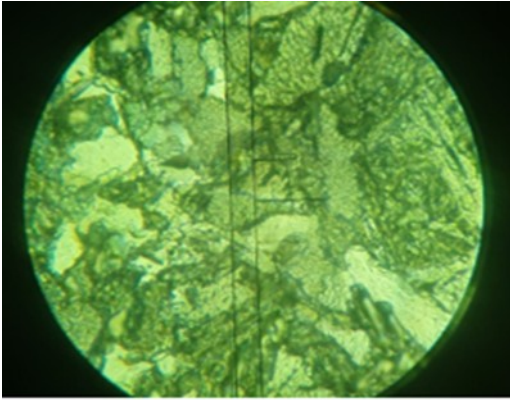
Zkouška tvrdosti byla prováděna na přístroji Wilson VH Tukon 1102 při zatížení indentoru 1 kgf a přepočtu na 10 kgf



M-4H					
OBLAST	Měře ní 1.	Měře ní 2.	Měře ní 3.	Měře ní 4.	Měře ní 5.
ZM-L	161,6	171,8	163,6		
TOO-L	233,7	222,6	204,1	210,3	198,4
SVAR	194,9	213,2	201,6		
TOO-P	189,6	200,9	189,4	186,8	199,1
ZM-P	172,6	176,9	180,1		

M-O4					
OBLAST	Měře ní 1.	Měře ní 2.	Měře ní 3.	Měře ní 4.	Měře ní 5.
Horní	225,4	231,6	217,6	209,4	221,5
Střední	213,6	216,7	197,5	190,4	201,2
Dolní	221,8	196,3	215,4	201	193,7

Zkouška mikrotvrdost – HV 0,01



M-6/1D	Horní vměstek		
OBLAST	Měření 1.	Měření 2.	Měření 3.
Horní oblast	397,1	391,2	319,8
Pravá oblast	428,3	352,3	332,2
Levá oblast	304,4	238,1	250,7
Dolní oblast	291,9	294,5	230,5
M-6/1D	Dolní vměstek		
Horní oblast	297,1	305,2	360,7
Pravá oblast	391,2	358,7	343,7
Levá oblast	273,4	210,8	280,6
Dolní oblast	291,2	290,5	246,4
M-6/1D	Zbylé oblasti		
ZM-D	272,5	331,4	311,1
ZM-H	248,7	229,2	245,3
TOO-P	347	266,6	323,2
TOO-L	335,9	340,9	339,6
TOO-H	349,7	362,8	308,5
TOO-D	278,2	303,9	292,7

Diskuze a odpovědi na otázky

Dotazy vedoucího práce

- Lze na základě získaných poznatků posoudit, zda navržený konstrukční materiál svařence je z pohledu provozu vhodným řešením?
- Jaké další materiálové zkoušky z pohledu provozního namáhání lze ještě aplikovat?
- Jaká je zpětná vazba od výrobce ložiskového bloku?

Dotazy oponenta práce

- Jaké procento svařovaných výrobků se ve společnosti Otavské strojírny a.s. se zkouší všemi uvedenými zkouškami?
- Jaká z uvedených zkoušek se v praxi používá nejčastěji?

DĚKUJI ZA POZORNOST

