



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NAVAŘOVÁNÍ KOBALTOVÉ SLITINY PLAZMOU

PLASMA OVERLAY WELDING OF COBALT ALLOY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Paleta

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marián Sigmund, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Petr Paleta
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Marián Sigmund, Ph.D.
Akademický rok:	2017/18

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 diplomové práce:

Navařování kobaltové slitiny plazmou

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o odladění parametrů navařování kobaltové slitiny (Stellite 21) plazmou na součástky větších průměru (400 – 500 mm) z materiálu Gr. 91. Konkrétně při navařování sedel ventilů. Posouzení všech různých hledisek, výhod a nevýhod navařování plazmou kobaltových slitin oproti jiným dostupným automatizovaným technologiím. Zvolit vhodné parametry a technologický postup navařování, včetně následného zpracování pro tuto konkrétní kobaltovou slitinu.

Cíle diplomové práce:

1. Zhodnotit současné možnosti navařování kobaltových slitin ve firmě.
2. Vypracovat literární rešerši porovnání ručních a automatizovaných technologií navařování kobaltových slitin.
3. Vypracovat literární rešerši srovnání vhodných – použitelných kobaltových slitin pro navařování.
4. Odladění parametrů navařování plazmou pro konkrétní součást.
5. Návrh vhodného postupu navařování plazmou, včetně následného zpracování u konkrétního dílu z kobaltových slitin.

Seznam doporučené literatury:

DVOŘÁK, Milan. Technologie II. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.

PILOUS, Václav. Materiály a jejich chování při svařování, 1. vyd. ŠKODA-WELDING, Plzeň, 2009.

Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. 2., upr. vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001. ISBN 80-85771-85-3.

Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-85771-81-0.

MAJER, Lubomír. Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 1999. ISBN 80-85771-70-5.

BARTÁK, Jiří. Výroba a aplikované inženýrství ve svařování: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2000. Svařování. ISBN 80-85771-72-1.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

PALETA Petr: Navařování kobaltové slitiny plazmou

Tato práce se zabývá navařováním kobaltových slitin plazmou. V teoretické části práce byly popsány vhodné kobaltové slitiny pro navařování plazmou, a pro navařování dané konkrétní součásti byla zvolena kobaltová slitina Stellite 21. Následně byl popsán navařovací stroj PPC 250 PTM a hořák PHP 250 S, použitý v praktické části. V praktické části byly odladěny navařovací parametry a navrhnout vhodný navařovací postup pro danou konkrétní součást.

Klíčová slova: Plazma, Stellite 21, navařování, kovový prášek

ABSTRACT

PALETA Petr: Plasma overlay welding of cobalt alloy

The thesis deals with plasma overlay welding of cobalt alloys. In the theoretical part of the thesis, suitable cobalt alloys for plasma overlay welding were described, out of which cobalt alloy Stellite 21, was chosen for overlay welding for particular part. Subsequently, the plasma overlay welding machine PPC 250 PTM and the torch PHP 250 S, used in the practical part, were described. In the practical part were debug overlay welding parameters and suggest the suitable overlay welding procedure for particular part.

Key words: Plasma, Stellite 21, overlay welding, powdered metal

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PALETA, Petr. *Navařování kobaltové slitiny plazmou*. Brno, 2018. 52s, 5 příloh, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce Ing. Sigmund Marián, Ph.D..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V dne 25.5.2018

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Mariánu Sigmundovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě IMI CCI za spolupráci a především paní Ing. Veronice Fňukalové. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za velkou podporu během celého studia na vysoké škole.

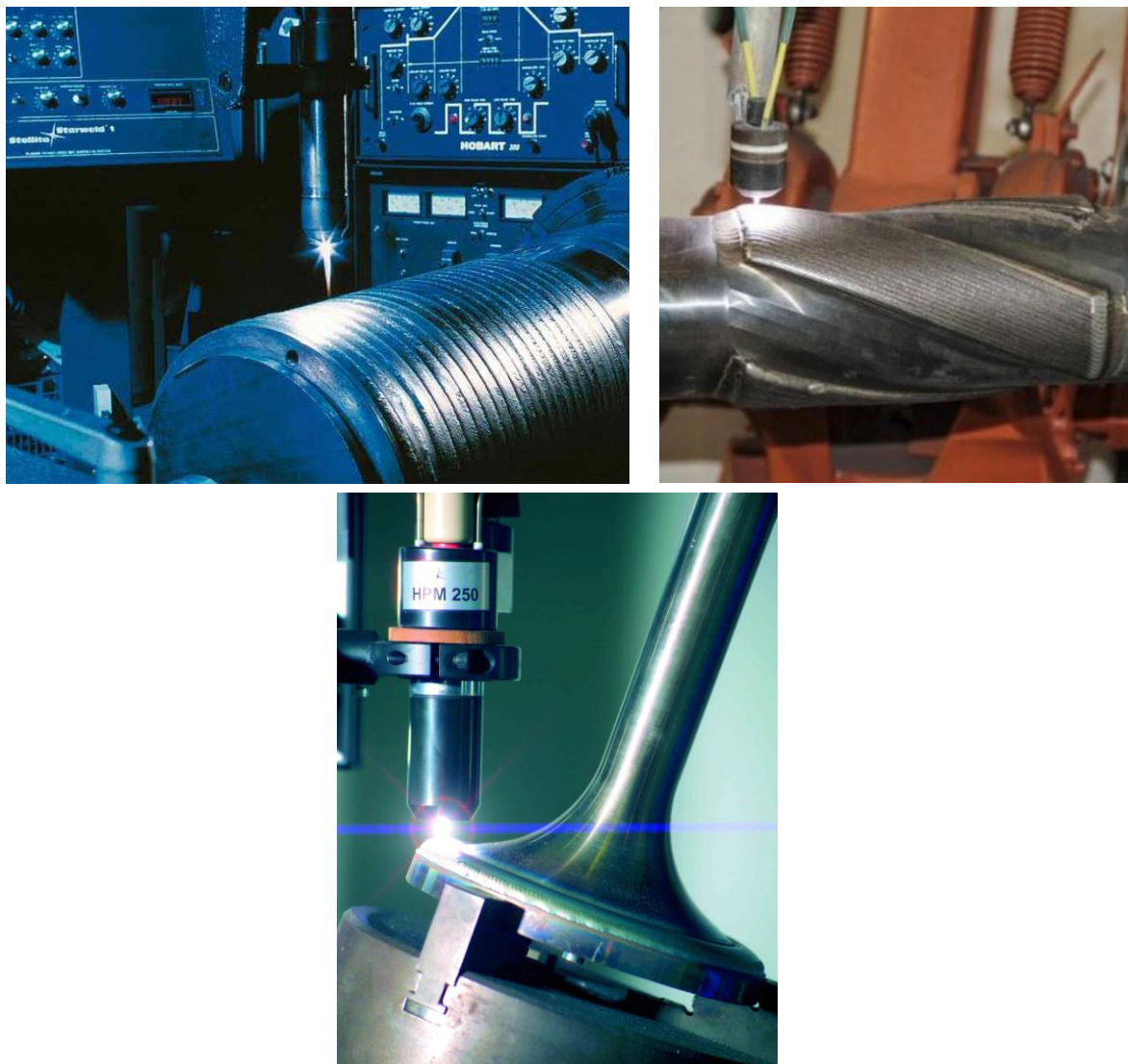
OBSAH

Zadání	
Abstrakt	
Bibliografická citace	
Čestné prohlášení	
Poděkování	
Obsah	
	Str.
ÚVOD	9
1 ROZBOR ZADÁNÍ	10
1.1 Možnosti navařování	11
2 NAVAŘOVÁNÍ PLAZMOU	14
2.1 Zařízení pro navařování plazmou	15
2.1.1 Plazmové hořáky	15
2.1.2 Wolframové elektrody	19
2.1.3 Přídavné materiály	19
2.1.4 Plazmový navařovací stroj	20
2.2 Obecný technologický postup pro výrobu sedla ventilu	22
2.3 Kontrola návaru	22
2.3.1 Vizuální kontrola	23
2.3.2 Penetrační kontrola	23
2.3.3 Metalografie	24
2.3.4 Zkoušky tvrdosti	26
2.4 Žihání	29
3 KOBALTOVÉ SLITINY	34
3.1 Stellite 6	34
3.2 Stellite 21	35
3.3 Stellite 25	35
4 ODLADĚNÍ PARAMETRŮ NAVAŘOVÁNÍ PLAZMOU	37
5 NÁVRH POSTUPU NAVAŘOVÁNÍ PLAZMOU	39
5.1 Kontrola návaru	48
6 ZÁVĚRY	52
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratk	
Seznam obrázků	
Seznam tabulek	
Seznam grafů	
Seznam příloh	

ÚVOD [1], [2], [3], [4], [5], [6]

V aplikacích, jako je energetický, ropný a petrochemický průmysl, se klade důraz na vysokou kvalitu a spolehlivost. Zařízení v těchto průmyslech jsou vystavována náročným podmínkám a musí odolávat např. vůči vysoké teplotě, korozi a abrazivnímu opotřebení. Jedním z prvků jsou tlakové ventily. Výrobou těchto ventilů se zabývá firma IMI CCI, která sídlí v Brně.

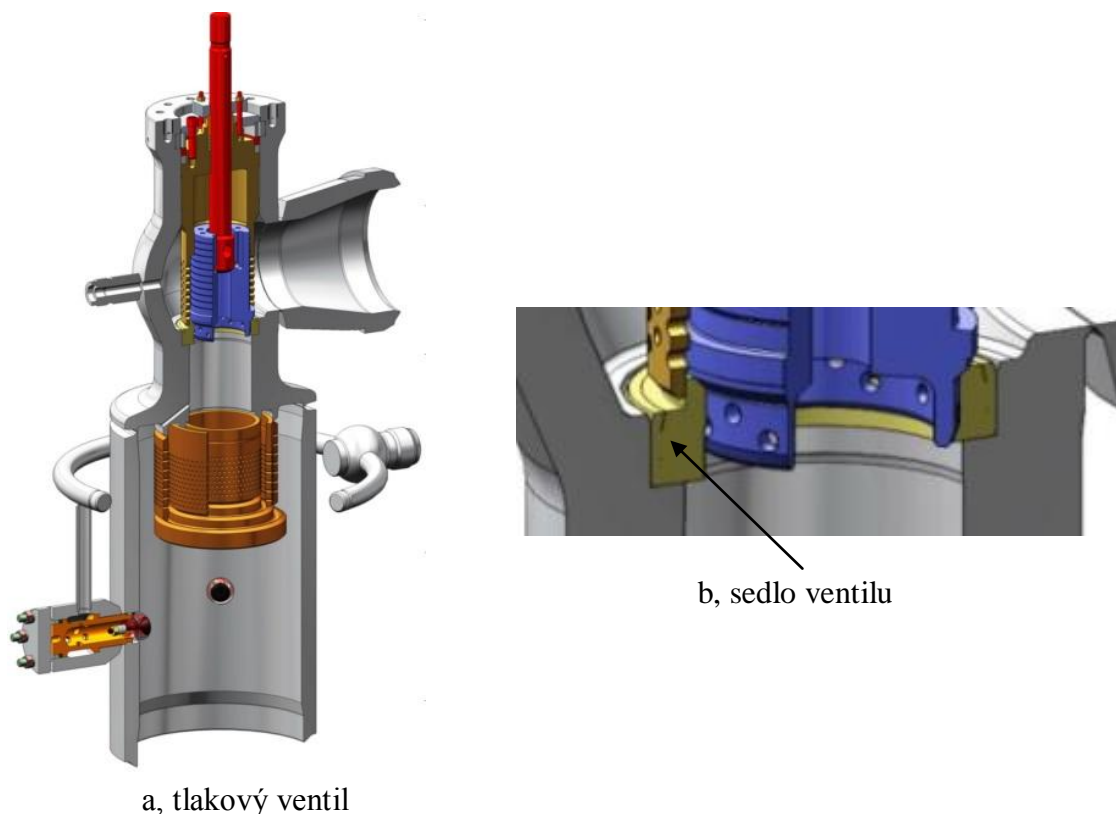
Jedna z nejvíce namáhaných částí ventilů je sedlo ventilů, které se navařuje kobaltovou slitinou (Stellite 21). Pro navařování je možno použít více metod, např. metoda ROE (Svařování ručně obalenou elektrodou - 111), TIG (Svařování netavicí se wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu - 141), APT (Svařování pod tavidlem - 121), svařování laserem - 52 a PTA (svařování plazmou) - 152.



Obr. 1 Ukázky navařování plazmou [4], [5], [6]

1 ROZBOR ZADÁNÍ [1], [7], [8], [9], [10]

Naváňovanou součástkou je tlakový ventil (Obr. 2a) od firmy IMI CCI. Tlakové ventily se používají jako přechod mezi vysokým a nízkým tlakovým systémem. Ventil je navržen tak, aby redukoval tlak a teplotu páry z vysokotlakého na nízkotlaký systém. Tyto ventily musí tedy odolávat vysokým teplotám, a být odolné proti korozi, proto se pro jejich výrobu používají žárovevné materiály. Použitý materiál v této diplomové práci je ocel X10CrMoVNB9-1 (1.4903, A 182 F91), její chemické složení je uvedeno v tabulce 1. Jedna z nejvíce namáhaných částí ventilu je sedlo ventilu (Obr. 2b), které se naváňuje koblťovou slitinou Stellite 21, kde chemické složení této slitiny je uvedeno v tabulce 2.



Obr. 2 Tlakový ventil a sedlo ventilu [7]

Tab. 1 Chemické složení oceli X10CrMoVNB9-1 (1.4903, A 182 F91) [%] [8]:

C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr	Mo	V	N	Nb	Al
0,08 – 0,12	max 0,5	0,3 – 0,6	max 0,4	max 0,025	max 0,015	8 – 9,5	0,85 – 1,05	0,18 – 0,25	0,03 – 0,07	0,06 – 0,1	max 0,03

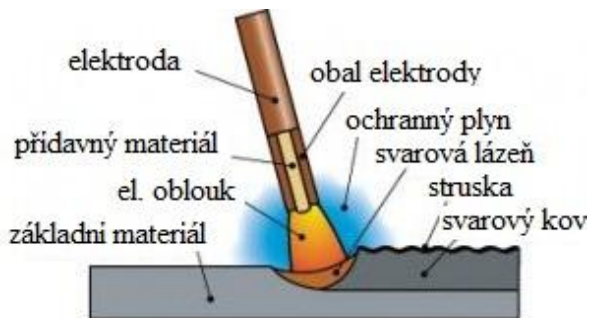
Tab. 2 Chemické složení koblťové slitiny Stellite 21 [%] [9],[10]:

Co	Cr	C	Ni	Mo	Fe	Si
Základ	26 - 29	0,2 – 0,35	2,0 – 3,0	4,5 – 6,0	max - 2	max - 2

1.1 Možnosti navařování [3], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18]

Ve firmě IMI CCI používají více svařovacích metod, pro navařování sedel ventilů však nejsou všechny tyto metody vhodné. Svařovací metody jsou:

- Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou - 111 (Obr. 3) – Jedná se o jednu z nejstarších svařovacích metod. Zdroj tepla u tohoto svařování je elektrický oblouk, který hoří mezi obalenou elektrodou a základním materiálem. Touto metodou lze svařovat téměř všechny materiály, a také ve všech polohách. Svařuje se bez ochranného plynu. Maximální teplota elektrického oblouku je přibližně 5000 °C. Jelikož se jedná o ruční svařování, není tedy zaručena přesnost a kvalita svaru, proto není tato metoda vhodná pro svařování větších dílů, u kterých je kladen důraz na přesnost a vysokou kvalitu svaru. Nevýhodou této metody je, že vzniká velké vnesené teplo ve svaru, a tím i velké deformace po svařování a velká tepelně ovlivněná oblast (TOO). Tato metoda není vhodná pro navařování ventilů.



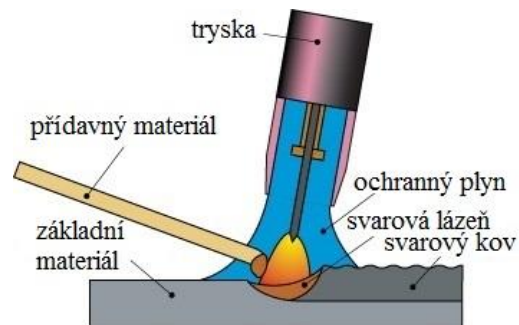
Obr. 3 Svařování ručně obalenou elektrodou [12]

- Svařování elektrickým obloukem pod tavidlem - 121 (Obr. 4) – Tato metoda používá holou elektrodu neomezené délky, která se taví pod tavidlem. Výhodou tohoto svařování je velká produktivita (až 5x větší, oproti svařování obalenou elektrodou), velký průvar základního materiálu a zvýšená kvalita svarů oproti svařování obalenou elektrodou. Nevýhodou je při tomto svařování nutná příprava svařových ploch, jejich čistota a jde svařovat pouze ve vodorovné poloze shora PA. Další nevýhodou je, že vzniká velká tepelně ovlivněná oblast a svařovací proces je zakrytý vrstvou tavidla, takže je obtížná jeho kontrola. Tato metoda svařování je buď poloautomatická, nebo automatická. Mezi speciální techniky svařování elektrickým obloukem pod tavidlem je i navařování rovných povrchů a válcových součástí. Tato metoda není vhodná pro navařování sedel ventilů, protože je nutná kontrola svařovacího procesu.



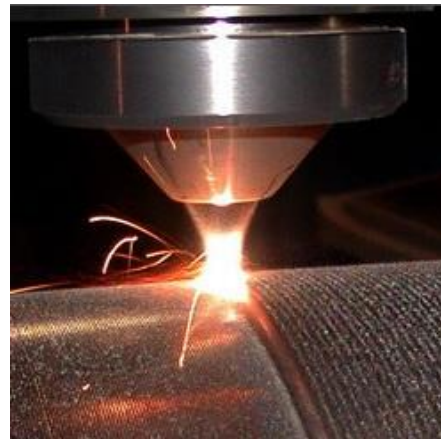
Obr. 4 Svařování pod tavidlem [13]

- Svařování metodou TIG - 141 (Obr. 5) – Jde o svařování wolframovou netavící se elektrodou v ochranném (inertním) plynu. Jako ochranný plyn se nejvíce používá argon a helium, nebo jejich směsi. Svařuje se s přídavným materiálem, který je ve formě drátu, nebo tyčí a lze svařovat ve všech polohách. Podávání drátu do svarové lázně je buď ručně, nebo automaticky s podavačem drátu. Svařuje se střídavým, nebo stejnosměrným proudem. Tento druh proud se volí podle toho, jaký materiál se bude svařovat. Touto metodou lze svařovat i těžko svařitelné a také různorodé materiály. Svary vytvořené touto metodou jsou velmi kvalitní, mají vysokou čistotu a výborný povrch. Ve firmě IMI CCI používají metodu TIG s automatickým podáváním horkého drátu. Drát je napojen na samostatný svařovací zdroj, který poskytuje hodnotu proudu těsně pod hodnotou, kdy by se drát začal tavit. Podáváním horkého drátu se zvyšuje svařovací výkon a také se zvyšuje produktivita svařování. Další výhodou je, že se snižuje hodnota vodíku ve svaru. Metoda TIG horký drát se používá v IMI CCI pro ruční navařování sedel ventilů, ale spíše menších rozměrů. Tato metoda se dá snadno automatizovat.



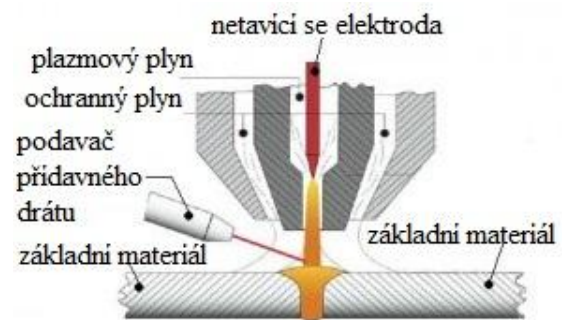
Obr. 5 Svařování metodou TIG [14]

- Svařování laserem – 52 (Obr. 6) – Svařování laserem se řadí mezi vysoce produktivní svařovací metody. Laserem lze i navařovat. Navařování laserem má mnoho výhod, např. že se vysoce koncentrovaný paprsek přivádí přímo na určené místo, bez většího ovlivnění okolí návaru. Další výhodou je, že vytvořené návary mají vysokou přesnost, až desetiny milimetrů, takže minimalizuje nutnost následného opracování návaru. Výsledný návar má metalurgické spojení se základním materiálem, je velmi kvalitní, bez vad a pórů. Kvalita návaru ale také závisí na volbě přídavného materiálu. Přídavný materiál může být ve formě prášku, nebo drátu. Laserové navařování se používá pro opravy forem, nástrojů a také pro navařování materiálů, které zvyšují tvrdost, otěruvzdornost a celkovou životnost navařovaného materiálu. Lze navařovat různé druhy materiálů, např. keramika, kovy a jejich slitiny a kompozity. Tuto metodu sice nemají ve firmě IMI CCI, ale bylo by možné s ní navařovat sedla ventilů.



Obr. 6 Laserové navařování [17]

- Svařování plazmou (PTA) - 15 (Obr. 6) – Tato metoda se řadí mezi vysoce produktivní svařovací metody. Jde o obloukové svařování v ochranném (inertním) plynu a princip této metody je odvozen od svařovací metody TIG. Svařování plazmou se vyznačuje velkou svařovací rychlostí, velmi dobrou kvalitou svarového spoje a lze svařovat všechny druhy ocelí, hliník, měď, titan, nikl, molybden, kobalt a jejich slitiny. V některých případech není potřeba upravovat svarové plochy a je možno svařovat ve více polohách, nejčastěji se však svařuje v poloze PA, tedy ve vodorovné poloze shora. Touto metodou lze i navařovat. Výhodou při navařování plazmou je, že návary mohou mít téměř libovolnou tloušťku při malém promísení. Vytvořený návar má metalurgické propojení se základním materiálem. Návary mají vysokou přesnost, pohybují se v rozmezí 0,5 mm. Díky této přesnosti je celkový čas na výrobu součásti zkrácen, protože jsou minimální přídavky na následné obrábění. Tato metoda jde snadno automatizovat. Přídavné materiály pro navařování mohou být ve formě prášku, trubiček a drátu. Navařování plazmou s přídavným materiálem ve formě prášku (152) se používá v IMI CCI a je použito v praktické části této práce.



Obr. 7 Svařování plazmou [18]

2 NAVAŘOVÁNÍ PLAZMOU [11], [19], [20], [21],

Při navařování plazmou se využívá vysoká koncentrace proudu plazmatu. Výhodou použití plazmy je ten, že se dá nezávisle na sobě snadno regulovat množství tepla a přídavného materiálu vneseného do svaru, proto lze dosáhnout optimálního tepelného režimu. Plazmové navařování je vysoce produktivní metoda, která se řadí mezi metody obloukového svařování.

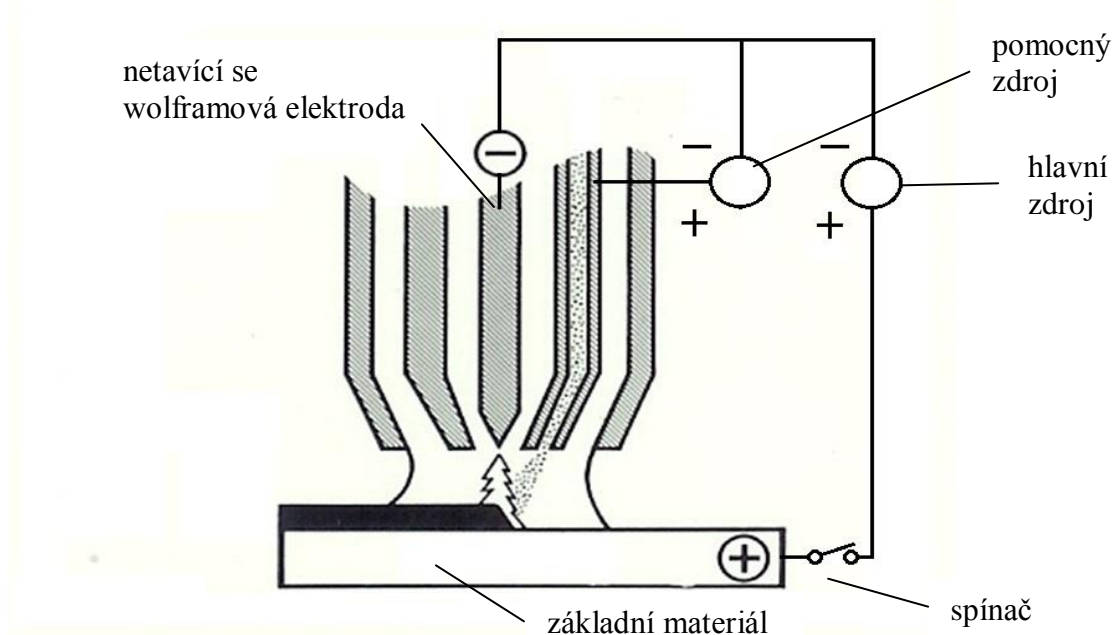
Při svařování plazmou se mohou použít různé plyny a podle těchto použitých plynů plazma dosahuje různých teplot:

- Dusíková plazma
 - do 9000 K
- Vodíková plazma
 - 10 000 K
- Argonová plazma
 - 16 000 K
- Heliová plazma
 - 20 000 K
- Plazma stabilizovaná vodou
 - až 35 000 K

Dále se dají plyny rozdělit podle použití:

- plazmový plyn
- fokusační plyn pro zúžení plazmového paprsku
- ochranný plyn pro ochranu svarové lázně proti oxidaci

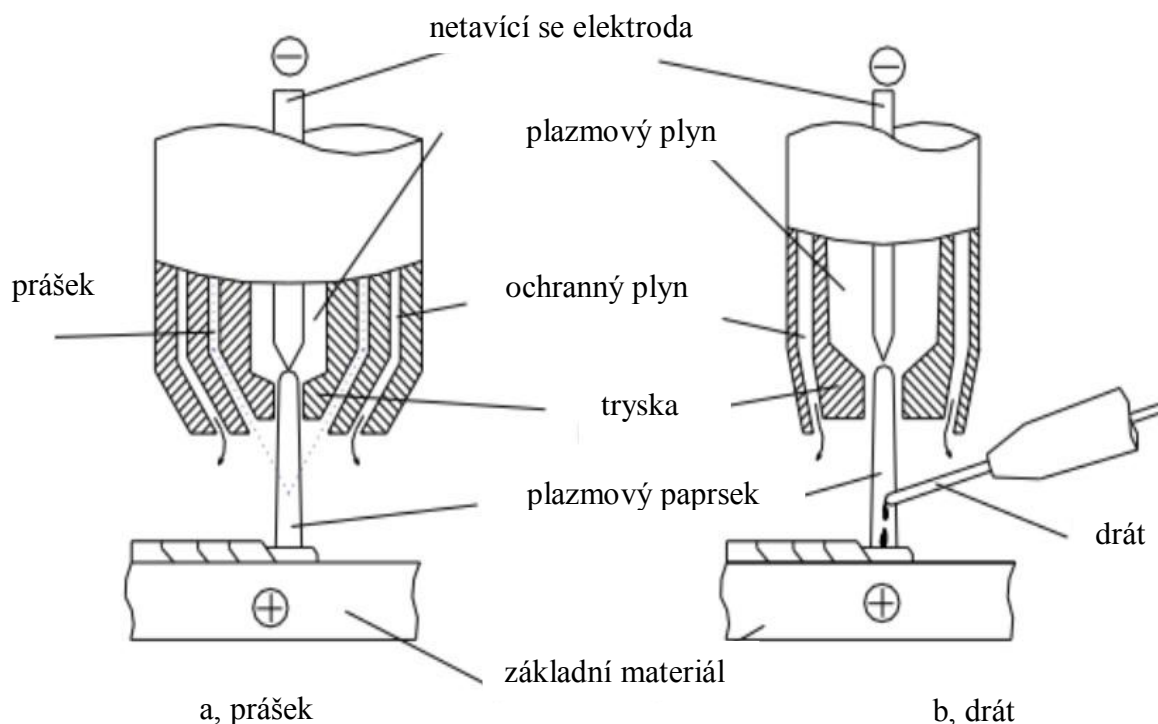
U svařování plazmou existují dva způsoby zapojení hořáku. Jedno je zapojení závislé (Obr. 8), u kterého je kladný pól připojen na materiál a záporný pól je připojen k netavící se wolframové elektrodě. Pomocný zdroj vytvoří dostatečně vodivé prostředí pro zapálení hlavního oblouku. Toto zapojení se používá u svařování, navařování a řezání. Druhé zapojení je nezávislé, kdy jsou oba póly zapojeny pouze na netavící se elektrodu. Toto zapojení se používá u povrchového kalení a u žárových nástříků.



Obr. 8 Závislé zapojení plazmového hořáku [11]

2.1 Zařízení pro navařování plazmou [11], [19], [20], [21],

Při navařování plazmou existují dva druhy přídavného materiálu, a to přídavný materiál ve formě prášku, nebo ve formě drátu a trubiček. Podle použitého přídavného materiálu musí být tedy přizpůsoben i plazmový hořák. Rozdíl v podávání přídavného materiálu do svarové lázně je vidět na obrázku 9. Je tedy vidět na obrázku 9a, že prášek je přes trysku přiváděn do proudu plazmového paprsku, kde je nataven a následně dopadá do svarové lázně. Na obrázku 9b je vidět, že drát je podáván bokem do plazmového paprsku, kde se natavuje a pomocí tohoto paprsku dopadá do svarové lázně.

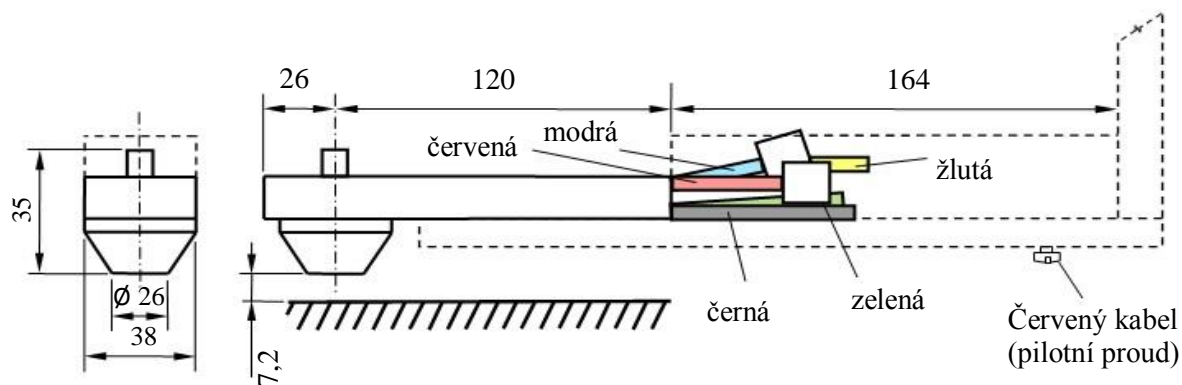


Obr. 9 Podávání přídavného materiálu do svarové lázně [19]

2.1.1 Plazmové hořáky [11], [19], [22]

Existuje mnoho typů plazmových hořáků, v IMI CCI používají tyto čtyři typy:

- PHP 140 V – Schéma tohoto hořáku je na obrázku 10 a technické parametry jsou uvedeny v tabulce 3.

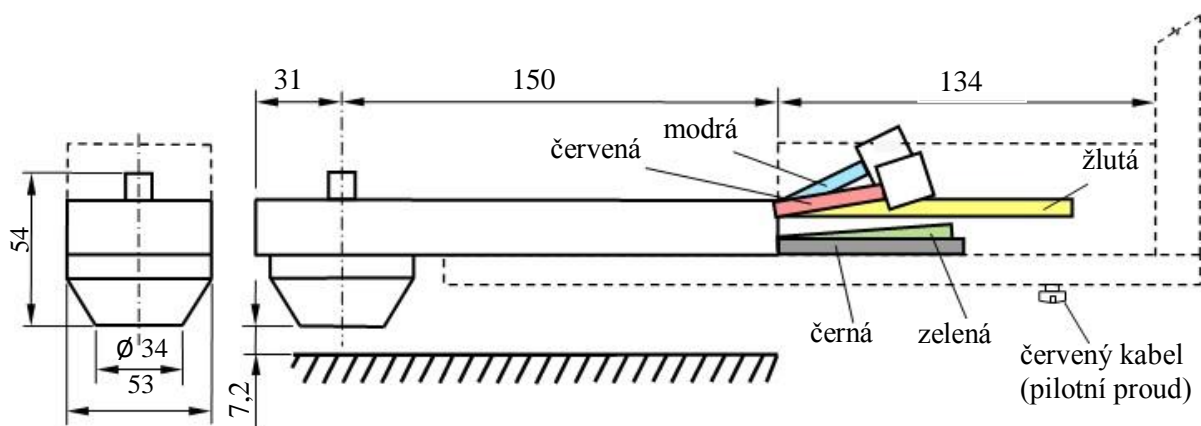


Obr. 10 Plazmový hořák PHP 140 V [22]

Tab. 3 Parametry plazmového hořáku PHP 140 V [22]

Svařovací proud	100 A při 100 % 140 A při 60 %		
Wolframová elektroda	Ø2,0x30 mm		
Plazmový plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 2-5 l/min	barva - žlutá
Ochranný plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 8-15 l/min	barva - zelená
Dopravní plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 2-5 l/min	barva - černá

- PHP 160 V - Schéma tohoto hořáku je na obrázku 11 a technické parametry jsou uvedeny v tabulce 4.

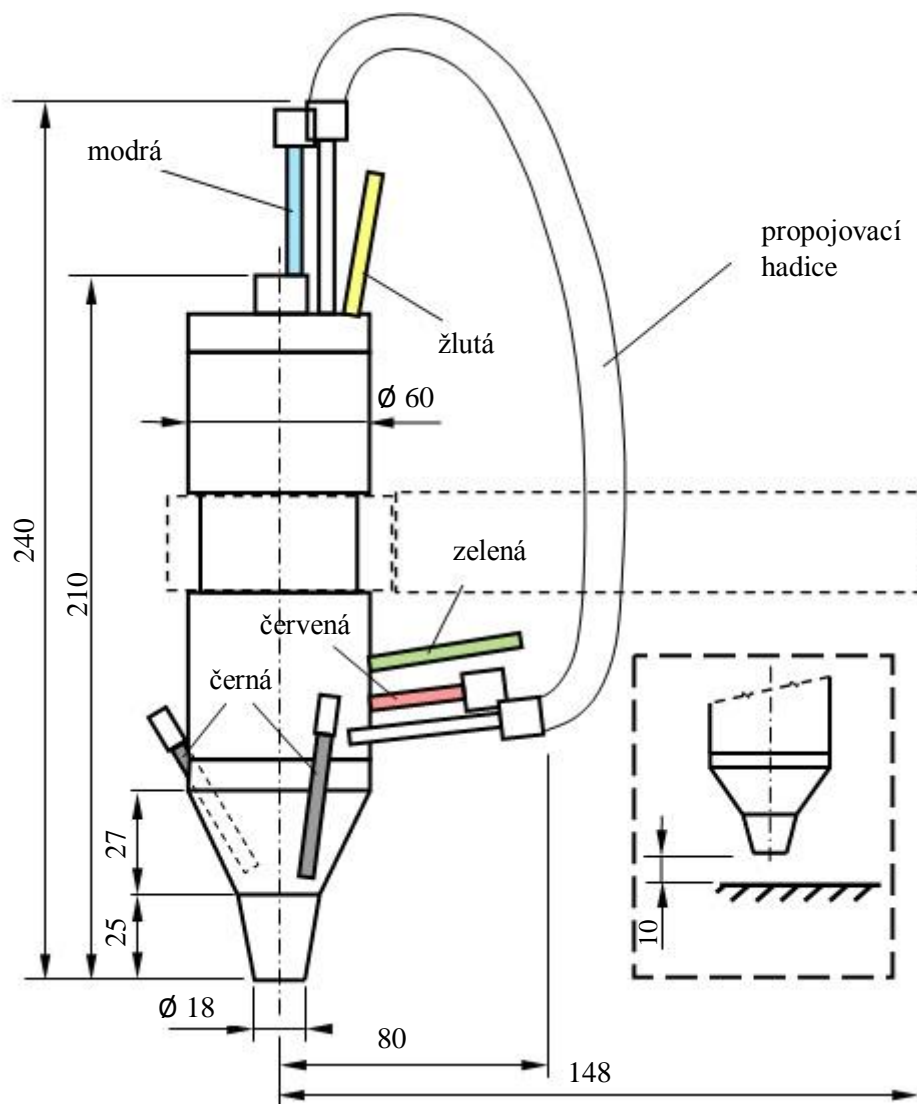


Obr. 11 Plazmový hořák PHP 160 V [22]

Tab. 4 Parametry plazmového hořáku PHP 160 V [22]

Svařovací proud	120 A při 100 % 160 A při 60 %		
Wolframová elektroda	Ø3,0x46 mm		
Plazmový plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 2-5 l/min	barva - žlutá
Ochranný plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 8-15 l/min	barva - zelená
Dopravní plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 2-5 l/min	barva - černá

- PHP 250 UF - Schéma tohoto hořáku je na obrázku 12 a technické parametry jsou uvedeny v tabulce 5.

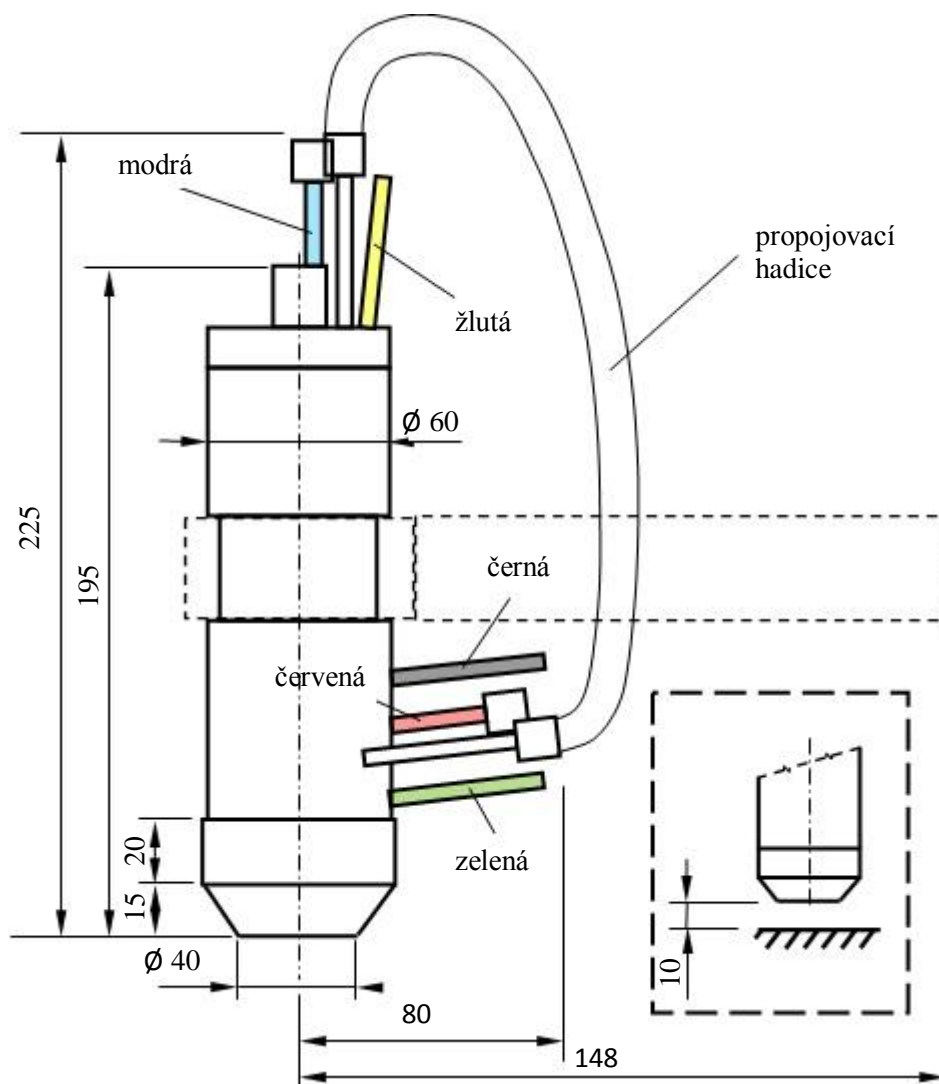


Obr. 12 Plazmový hořák PHP 250 UF [22]

Tab. 5 Parametry plazmového hořáku PHP 250 UF [22]

Svařovací proud	180 A při 100 % 220 A při 60 %		
Wolframová elektroda	Ø4,0x175 mm		
Plazmový plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 2-5 l/min	barva - žlutá
Ochranný plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 8-15 l/min	barva - zelená
Dopravní plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 2-5 l/min	barva - černá

- PHP 250 S - Schéma tohoto hořáku je na obrázku 13 a technické parametry jsou uvedeny v tabulce 6. Tento hořák je použit v praktické části této práce.



Obr. 13 Plazmový hořák PHP 250 S [22]

Tab. 6 Parametry plazmového hořáku PHP 250 UF [22]

Svařovací proud	200 A při 100 % 250 A při 60 %		
Wolframová elektroda	Ø4,0x175 mm		
Plazmový plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 2-5 l/min	barva - žlutá
Ochranný plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 8-15 l/min	barva - zelená
Dopravní plyn	Argon [99,96 %]	spotřeba 2-5 l/min	barva - černá

2.1.2 Wolframové elektrody [23]

Při svařování plazmou se v hořáku používají netavící se wolframové elektrody, na kterou je připojen záporný pól, jak je znázorněno na obrázku 8. Elektrody lze dělit podle přidávaných legur, které zlepšují vlastnosti procesu svařování. Mezi legující prvky patří např. thorium, zirkon, cer, lanthan. Elektroda se volí podle druhu proudu a podle typu základního materiálu. Podle použitého legujícího prvku jsou elektrody na jednom konci barevně označeny. Rozdělení elektrod je v tabulce 7.

Tab. 7 Rozdělení wolframových elektrod [23]

Označení elektrody	Barva	Legování
WP	zelená	čistý wolfram 99,8%
WT10	žlutá	thorium 1% ThO ₂
WT20	červená	thorium 2% ThO ₂
WT30	fialová	thorium 3% ThO ₂
WT40	oranžová	thorium 4% ThO ₂
WC20	šedá	cer 2% CeO ₂
WL10	černá	lanthan 1% LaO ₂
WL15	zlatá	lanthan 1,5% LaO ₂
WL20	modrá	lanthan 2% LaO ₂
WZ08	bílá	zirkon 0,8% ZrO ₂

- WP – čistá wolframová elektroda – vhodná pro svařování slitin hliníku střídavým proudem (AC), dobrá stabilita oblouku.
- WT – elektroda legovaná thoriem – vhodná pro svařování vysoko legovaných ocelí a koroziivzdorných ocelí stejnosměrným proudem (DC). S thoriem se zlepšují zapalovací vlastnosti, trvanlivost a proudová zatížitelnost. Při používání těchto elektrod vzniká alfa záření, takže při práci musí být dodrženy jisté bezpečnostní opatření.
- WC – elektroda legovaná cerem – tato elektroda je univerzální, lze ji tedy použít při svařování stejnosměrným (DC) i střídavým proudem (AC). Tyto elektrody mají velmi dobré zapalovací vlastnosti, trvanlivost a proudovou zatížitelnost. Nezatěžují zdraví svářeče a životní prostředí.
- WL – elektroda legovaná lanthanem - tato elektroda je univerzální, lze ji tedy použít při svařování stejnosměrným (DC) i střídavým proudem (AC). Vhodná při svařování plazmou a mikroplazmou. Lanthan usnadňuje zapalování oblouku, proto jsou tyto elektrody vhodné pro automatizované svařování.
- WZ – elektroda legovaná zirkonem – vhodná pro svařování hliníkových slitin střídavým proudem (AC). Zirkon minimalizuje tvorbu wolframových vměstků, proto jsou tyto elektrody vhodná náhrada za WP elektrody.

2.1.3 Přídavné materiály [19], [24], [25],

Přídavné materiály při navařování plazmou mohou být ve formě drátu, trubičky, nebo prášku. Výběr těchto přídavných návarových materiálů je složitý a provádí se podle řady kritérií, například podle finálních vlastností, které požadujeme. Mezi tyto vlastnosti patří tvrdost, odolnost proti opotřebení, chemické odolnosti a odolnosti proti vysokým teplotám. Přídavné materiály pro navařování plazmou mohou být na bázi železa, niklu a kobaltu.

Použití přídavného materiálu ve formě drátu (Obr. 14) je sice levnější, ale díky nízkému výkonu je výhodnější navařovat jen malé součástky. Zvýšení výkonu lze dosáhnout technologií plazmového navařování horkým drátem. Přídavný materiál ve formě drátu se nejčastěji používá materiál na bázi železa.



Obr. 14 Přídavný materiál ve formě drátu [24]

Při navařování plazmou kobaltových slitin se nejčastěji používá přídavný materiál ve formě prášku (Obr. 15). Pokud se tedy součást navařuje technologií plazmového navařování pomocí kobaltových slitin, je tedy nejvýhodnější použít přídavný materiál ve formě prášku, protože se splňují všechny požadavky, které jsou kladeny na kvalitu výsledného návaru a celkově se prášku spotřebuje méně.

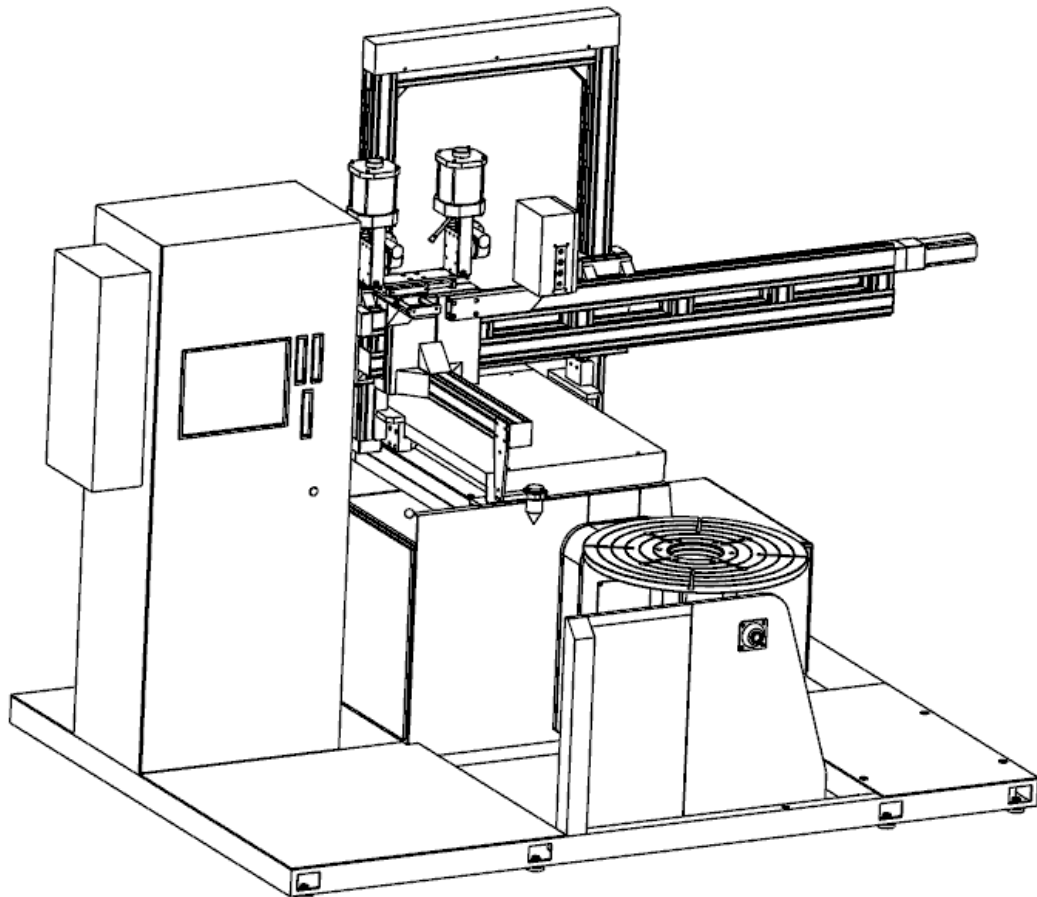


Obr. 15 Přídavný materiál ve formě prášku [25]

2.1.4 Plazmový navařovací stroj [22]

Ve firmě IMI CCI používají tento plazmový navařovací stroj:

- Plazmový navařovací automat PPC 250 PTM - Tento stroj je určen k navařování rotačních i nerotačních součástí na čele, nebo na obvodu, metodou PTA. Schéma tohoto stroje je na obrázku 16. Základní údaje o stroji jsou uvedeny v tabulce 8.



Obr. 16 Navařovací automat PPC 250 PTM [22]

Tab. 8 Základní údaje stroje PPC 250 PTM [22]

Rok výroby	2011
Rozměry [mm]	šířka 3500; délka 2150; výška 2860
Hmotnost [kg]	2100
Celkový elektrický příkon [kW]	49,3

Technické parametry stroje jsou uvedeny v tabulce 9.

Tab. 9 Technické parametry stroje PPC 250 PTM [22]

Proud [A]	40 ÷ 250
Puls [s]	0 ÷ 2
Šířka pendlu [mm]	0 ÷ 100
Rychlost pendlu [mm/s]	0,1 ÷ 50
Prodleva – pauza v úvrati [s]	0 ÷ 2
Prášek [g]	0 ÷ 40
Náklon [°]	-45 ÷ 120
Osa – x [mm]	0 ÷ 1650
Osa – y [mm]	0 ÷ -450
Osa – z [mm]	0 ÷ -700
Rychlost pojezdu [mm/s]	0 ÷ 100

V tabulce 10 jsou uvedeny parametry používaných plynů.

Tab. 10 Parametry používaných plynů [22]

Vstupní tlak do stroje	min. 350 kPa	
Plazmový plyn	rozsah 40-400 l/hod	hadice - žlutá
Ochranný plyn	rozsah 190-1900 l/hod	hadice - zelená
Dopravní plyn	rozsah 40-400 l/hod	hadice - černá

V tabulce 11 jsou uvedeny parametry o chlazení plazmových hořáků.

Tab. 11 Parametry chlazení plazmových hořáků [22]

Prívod vody a svařovacího proudu	hadice - modrá
Odtok vody a pilotní proud	hadice - červená
Chladicí médium	demineralizovaná voda
Velikost náplně	10 litrů

Parametry podavače prášku jsou uvedeny v tabulce 12.

Tab. 12 Parametry podavače prášku [22]

Hmotnost náplně [kg]	12
Zrnitost prášku [μm]	50 ÷ 200
Dopravní plyn [l/min]	2 ÷ 5
Rychlost podávání [ot/min]	3 ÷ 40

2.2 Obecný technologický postup pro výrobu sedla ventilu

Výroba sedla ventilu je rozdělena do několika operací:

- Nejprve se sedlo ventilu musí obrobit na soustruhu. Obrábí se na určitý rozměr s přídavkem pro návar.
- Po obrábění následuje navařování. Sedlo ventilu je upnuto do sklíčidla, které je součástí navařovacího stroje. Základní materiál se musí předeřhřát, to se provede pomocí plamene. Dále se nastaví určité svařovací parametry a postupně se navařuje, až do potřebné tloušťky návaru. Mezi jednotlivými návary se musí počkat, až základní materiál zchladne na určitou teplotu. Měření teploty se provádí pomocí dotykového teploměru. Po navaření se vloží sedlo ventilu do křemičitého pístu, aby pomalu zchladlo.
- Dále následuje tepelné zpracování. Jako tepelné zpracování se zde používá žihání pro snížení zbytkového pnutí. Toto tepelné zpracování je velmi důležité po navařování. Používá se proto, aby součást nepopraskala. Celý proces žihání je řízen, protože přesný čas a teplota jsou velmi důležité.
- Po žihání následují nedestruktivní zkoušky. Jako první se provádí vizuální kontrola, která je celkem nenáročná. Dále se provádí penetrační kontrola, která zjišťuje povrchové vady ve svaru/návaru.
- Jako poslední operace se provádí opět obrábění na soustruhu. Obrábí se na požadovaný rozměr.

2.3 Kontrola návaru [26], [27]

Kontrola návarů je velmi důležitá. Vady ve svarech se považují za koncentrátoři napětí, které ovlivňují mez únavy materiálu a mohou být také iniciátory křehkého lomu. Tyto vady musí být odhaleny před použitím dané součásti v provozu.

Podle tvaru se rozlišují vady:

- Bodové
 - Mikropóry, malé sférické vměstky
- Plošné
 - Trhliny, mikrotrhliny, studené spoje, neprůvody, nespojitosti návaru se základním materiálem
- Prostorové
 - Bubliny, póry, vměstky, staženiny

Podle polohy vady ve svaru se rozlišují vady:

- Povrchové
 - Trhliny, studené spoje, zápaly, póry, neprovařený kořen
- Vnitřní
 - Vměstky, staženiny, plynové dutiny, studený spoj (mezi vrstvami housenek, mezi základním materiálem a návarem)

Příčiny vzniku vady ve svaru (návaru) jsou závislé na svařovací metodě a druhu svařovaného materiálu. Existuje mnoho metod pro zjišťování těchto vad ve svaru. Tyto metody se rozdělují do dvou skupin. Jedna skupina jsou nedestruktivní metody, tzn. výrobek je zkoušen bez porušení a také může být provedena kontrola za provozu výrobku. Druhá

skupina jsou destruktivní zkoušky, kde je vzorek rozřezán a je zkoumána makrostruktura a mikrostruktura, a také tvrdost. Výsledky těchto zkoušek mají velký význam, protože ověřují správnost technologických postupů výroby dané součástky.

2.3.1 Vizualní kontrola [26], [27]

Jedna ze základních a nejjednodušších kontrol svaru je vizualní kontrola dle normy ČSN EN ISO 17 637. Jedná se o nedestruktivní metodu kontroly svaru. Touto metodou se zjišťují pouze povrchové vady, jakou jsou nepřipustné nerovnoměrnosti převýšení svaru, zápaly, trhliny, studené spoje, vady v kořenové oblasti. Po této kontrole se obvykle předepisují další nedestruktivní metody kontroly svaru.

Rozlišují se dvě metody vizualní kontroly. Jedna kontrola je přímá, kterou lze provést pouze okem, nebo jsou pro zvětšení použity lupy. Pro tuto kontrolu se svar musí nacházet na dostupném povrchu. Druhá kontrola je nepřímá, a ta se provádí, pokud se svar nachází na nedostupném povrchu (svary uvnitř trubek) a je nutno použít optické přístroje, tzv. endoskopy.

2.3.2 Penetrační kontrola [26], [28], [29]

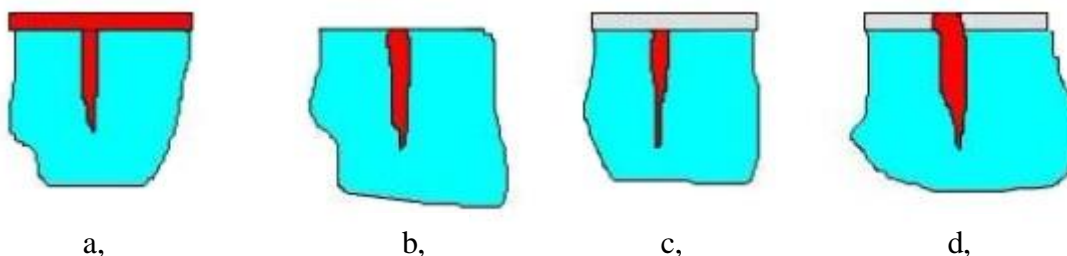
Další používaná kontrola svaru je penetrační kontrola dle normy ČSN EN ISO 3452-1. Jedná se o nedestruktivní metodu kontroly svaru. Touto metodou lze zjišťovat pouze povrchové vady, které jsou na povrchu otevřené. Povrchové vady mohou být studené spoje, povrchové trhliny, zápaly a póry, ale nelze kontrolovat vady uzavřené a vady těsně pod povrchem. Fyzikální podstata penetračních metod je použití vhodných kapilárně aktivních kapalin, které proniknou do povrchových vad. Následně kapalina vzlíná vlivem kapilárních sil do nanesené vývojky a vady se zviditelní.

Základní vliv na vzlínavost kapaliny má povrchové napětí a viskozita. Povrchové napětí je síla, která působí kolmo na jednotku délky povrchu kapaliny. Lépe smáčejí zkoušený povrch kapaliny s nižším povrchovým napětím. Viskozita ovlivňuje rychlost penetrační kapaliny, s níž kapalina vniká do vady a zase zpět na povrch. Viskozita se mění s teplotou. Když je velká viskozita, hůře kapalina vniká do vad, a když je viskozita malá, tak kapalina vytvoří slabou vrstvu na povrchu zkoušeného vzorku. Existují tři penetrační metody zkoušení:

- Metoda barevné indikace
 - Vada se projeví tak, že vznikne kontrast barevné indikace. Většinou se používá červená barva na bílém podkladu
- Metoda fluorescenční
 - Vada se projeví světélkující indikací, která se vyvolá černým světlem
- Metoda dvouúčelová
 - Při této metodě se použije penetrantu, který obsahuje fluorescenční látku, a ta je zároveň i barvivem. Kombinuje tedy obě předchozí metody.

Tyto metody mají přesně daný postup zkoušky (Obr. 15):

- Příprava povrchu
 - Očištění, odmaštění, osušení
- Nanesení penetrantu na zkoušený povrch (Obr. 17a)
 - Natíráním, nástřikem, ponorem
- Odstranění přebytku penetrantu (Obr. 17b)
 - Oplach vodou, ošetření vlhkou houbou
- Vyzvolání indikace (Obr. 17c)
 - Nanesení vývojky → natíráním, nástřikem, ponorem
- Vyhodnocení (Obr. 17d)
 - Vizuální kontrola ihned po nanesení vývojky
- Čištění po zkoušce
 - Je nutné v případech, kdy by mohly použité kapaliny při zkoušce ovlivnit další operace, nebo jiné provozní požadavky.

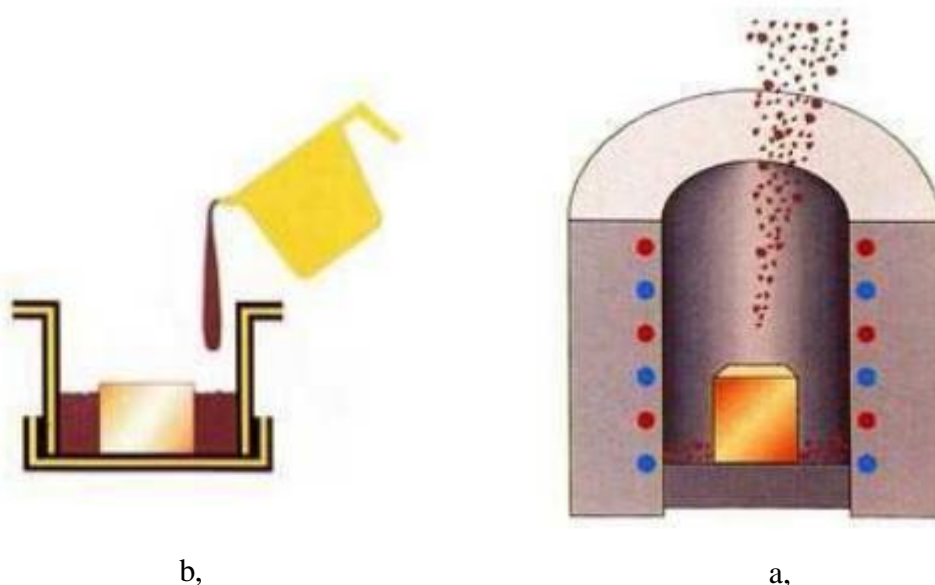


Obr. 17 Postup penetrační zkoušky [28]

2.3.3 Metalografie [30], [31], [32]

Metalografie je obor, ve kterém se zkoumají metalografické vzorky pomocí optických zařízení, a to převážně pomocí světelných mikroskopů. Metalografický vzorek je vzorek, určený ke zkoumání struktury materiálu. Na metalografickém vzorku se zkoumá jeho mikrostruktura a makrostruktura dle normy ČSN EN ISO 17639. U vzorku, který byl svařen, se zkoumá výsledná struktura svarového kovu a tepelně ovlivněná oblast. Pro zviditelnění výsledné struktury se musí provést řada operací. Podle materiálu vzorku se musí zvolit vhodné postupy přípravy. Jako první je odběr vzorku, následně preparace vzorku, broušení, leštění, leptání a vyhodnocení.

- Odběr vzorku se provádí většinou pomocí řezání. Při odběru se nesmí ovlivnit výsledná struktura materiálu vlivem tepelného a mechanického namáhání. Vzorek nesmí být plasticky deformovaný. U svarů se nejčastěji odebírá vzorek řezem kolmo na osu svaru.
- Preparace malých vzorků se provádí zalitím za studena (Obr. 18a) nebo zalisováním za tepla (Obr. 18b). Při zalití za studena se vzorek vloží zkoumanou plochou na dno formy, která se zalije hmotou, která se následně vytvrdí. Zalisování vzorku za tepla probíhá podobně. Vzorek se vloží zkoumanou plochou na dno tlakové komůrky, zasype se pryskyřicí ve formě prášku a v teplotě 100 až 180 °C pod tlakem až 50 kN se vzorek zalisuje. Lisoování vzorku za tepla je možné použít v případech, kdy neovlivním strukturu základního materiálu.



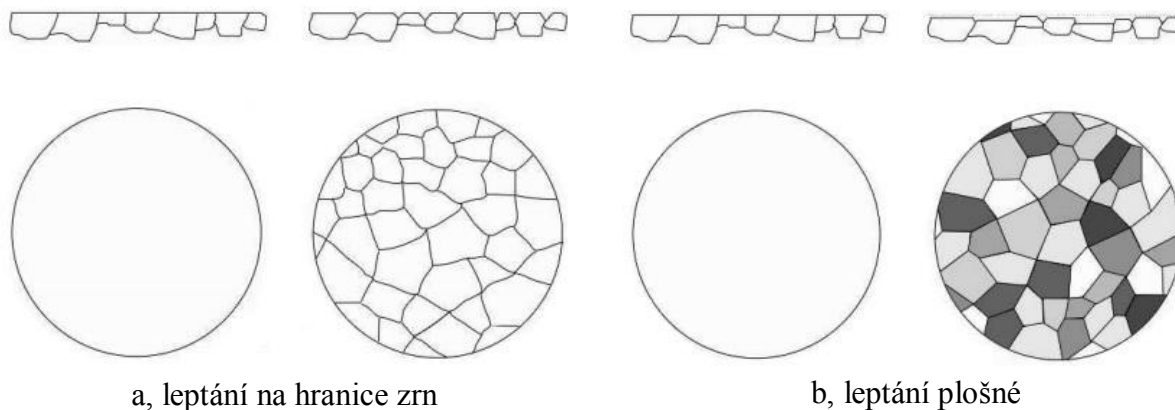
Obr. 18 Preparace vzorku [31]

- Broušení vzorku se provádí mechanicky nebo ručně. Broušení je charakterizováno úbytkem hmotnosti materiálu vzorku. Vzorek je přitlačován na brusný papír. Při broušení je potřeba chlazení, nejčastěji vodou, aby nedošlo ke změně struktury, vlivem tepelného namáhání jako u řezání vzorku. Broušení může být velmi hrubé, hrubé a jemné, a to závisí na velikosti částic brusiva na brusném papíru. Při broušení dochází k úbytku materiálu. Po každém broušení se musí vzorek opláchnout vodou, aby byly odstraněny zbytky brusiva a odbroušeného materiálu. Mechanizované broušení se provádí na metalografických bruskách. Vzorek je přitlačován na brusný papír definovanou přitlačnou silou. Po broušení následuje leštění.
- Při leštění už nedochází k úbytku materiálu, ale pouze vyhlazení vrcholů drsnosti povrchu. Leštění se provádí mechanicky (Obr. 19) nebo elektrolyticky. Mechanické leštění je podobné jako mechanické broušení. Vzorek se přitlačuje na leštící kotouč, na který je nanášena leštící pasta. Leští se tak dlouho, dokud leštěná plocha nedosáhne zrcadlového povrchu. Po leštění se vzorek opláchně vodou a lihem. Po leštění je vzorek připravený na leptání.



Obr. 19 Mechanické leštění vzorku

- Pomocí leptání se vyvolá na vzorku mikrostruktura. Podle materiálu vzorku se vybírá způsob leptání. Nejčastěji se používá leptání na hranice zrn (Obr. 20a), plošné leptání (Obr. 20b) a selektivní leptání. Při leptání na hranice zrn dochází k naleptání hranic zrn, a to z důvodu, že atomy v těchto místech mají větší volnou energii než atomy na ploše. Při plošném leptání jsou různě orientovaná zrna naleptaná do různé hloubky, vznikají tedy různě hluboké stupně. Dopadající paprsky světla se odráží s různou intenzitou a při pozorování se jeví jednotlivá zrna tmavší, nebo světlejší. Po leptání následuje vyhodnocení mikrostruktury vzorku.



Obr. 20 Leptání [31]

- Vyhodnocení vzorku lze hodnotit makroskopicky, nebo mikroskopicky. Při makroskopickém hodnocení se vzorky pozorují ve skutečné velikosti, nebo při malém zvětšení (max. 30x). Při mikroskopickém hodnocení se používají nejčastěji světelné mikroskopy (zvětšení do 1000x). Hodnotí se především výsledná struktura materiálu (svaru).

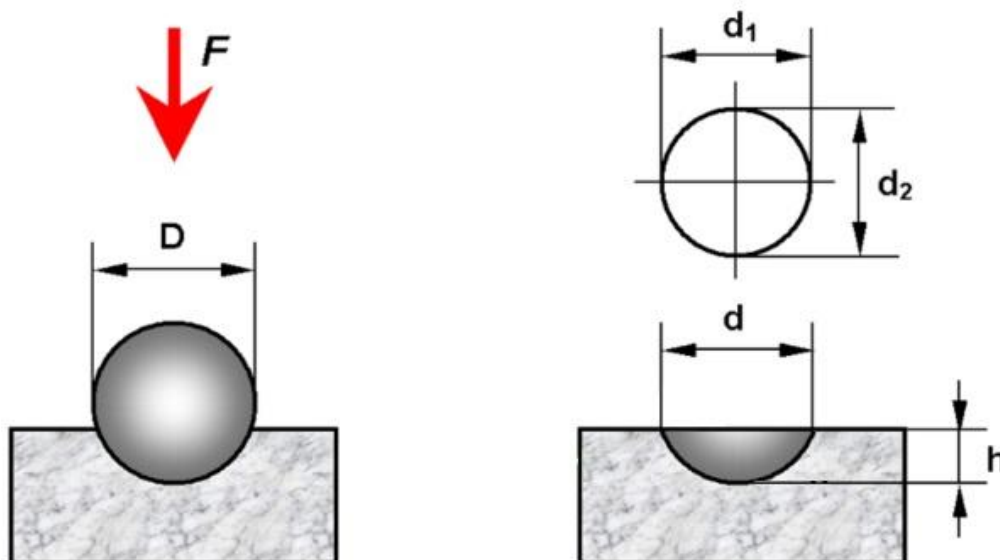
2.3.4 Zkoušky tvrdosti [30], [31], [33], [34], [35], [36], [37]

Tvrdot je definovaná jako odpor materiálu proti vnikání cizího tělesa. Zkoušky tvrdosti jsou jednou ze základních zkoušek mechanických vlastností materiálu. Zkoušky se dělí na dvě základní skupiny, zkoušky tvrdosti statické a dynamické. V praxi se však nejčastěji používají statické zkoušky tvrdosti, mezi které patří zkouška podle Brinella, Rockwella, Vickerse. Zkoušení tvrdosti svarových spojů se provádí dle normy ČSN EN ISO 9015-1. Každá zkouška má svůj vlastní tvrdoměr. Tvrdoměr od firmy Struers pro měření dle Vickerse je na obrázku 21.



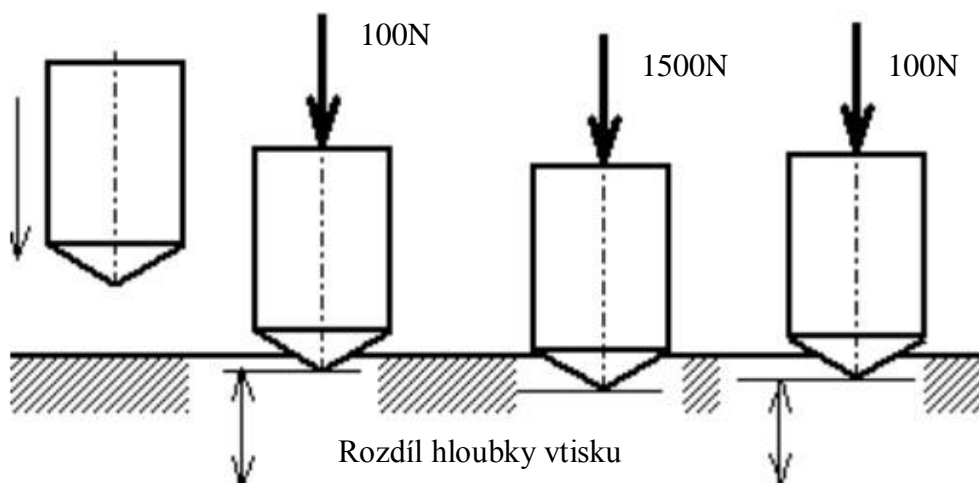
Obr. 21 Tvrdoměr od firmy Struers [35]

- Zkouška podle Brinella (Obr. 22) - HB - Používá se pro zkoušení tvrdosti litin, měkké oceli a neželezných kovů. Do materiálu se vtlačuje kulička z tvrdokovu o daném průměru. Tvrdost se měří podle průměru vtisku, který se měří dvakrát, kolmo na sebe a podle zatěžující síly. Hodnota tvrdosti se odečte přímo z tabulek.



Obr. 22 Zkouška tvrdosti podle Brinella [33]

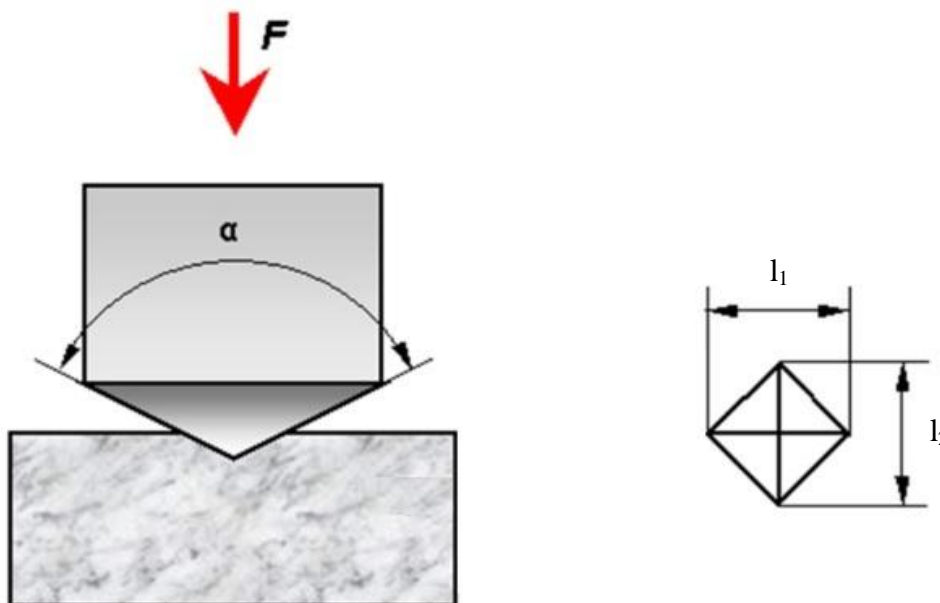
- Zkouška podle Rockwella (Obr. 23) - HRC, HRB - Používá se pro materiály s vysokou tvrdostí, jako jsou např. kalené oceli. Tato metoda má dvě varianty, jedna varianta je použití diamantového kužele s vrcholovým úhlem 120° , značí se HRC. Druhá varianta je použití kuličky z tvrdokovu o daném průměru, značí se HRB. Tato metoda má tři kroky, jako první se nastaví předběžné zatížení 100N , druhé je zatěžující zatížení 1500N a třetí krok je, že se vrátí hodnota zatížení zase na 100N . Předběžné zatížení eliminuje nerovnosti povrchu. Hodnotí se rozdíl hloubky vtisku použitého indentoru mezi předběžným zatížením a celkovým zatížením. Z tohoto rozdílu se stanoví hodnota tvrdosti, která se odečte na měřicím přístroji.



Obr. 23 Zkouška tvrdosti podle Rockwella [34]

- Zkouška podle Vickerse (Obr. 24) - HV - Používá se pro materiály s vyšší pevností. Používá se diamantový jehlan se čtvercovou základnou o vrcholovém úhlu 136° .

Hodnotí se délka dvou úhlopříček, ze kterých se spočítá průměrná hodnota. Pomocí této hodnoty a velikosti zatížení se z tabulky odečte tvrdost. Moderní přístroje tuto hodnotu tvrdosti odečtou přímo. Touto metodou lze měřit tvrdost svarových spojů a návarů. Variantou této metody je měření mikrotvrdosti, kde se dají měřit tvrdosti jednotlivých strukturních fází. Jehlan je umístěn do speciálního objektivu v optickém mikroskopu. Měření mikrotvrdosti se provádí dle normy ČSN EN ISO 9015-2.



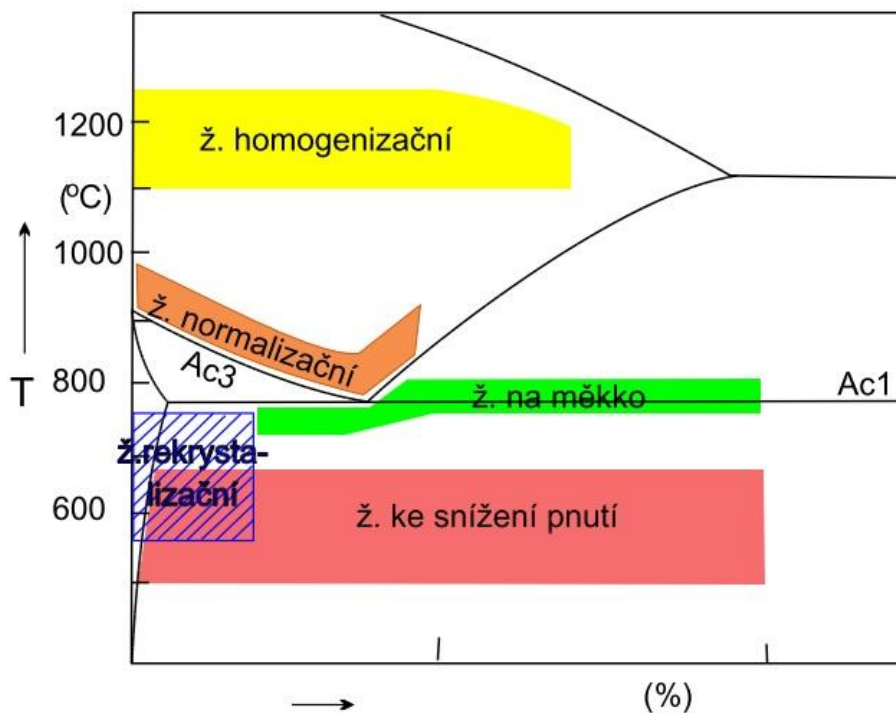
Obr. 24 Zkouška tvrdosti podle Vickerse [33]

2.4 Žihání [37], [38]

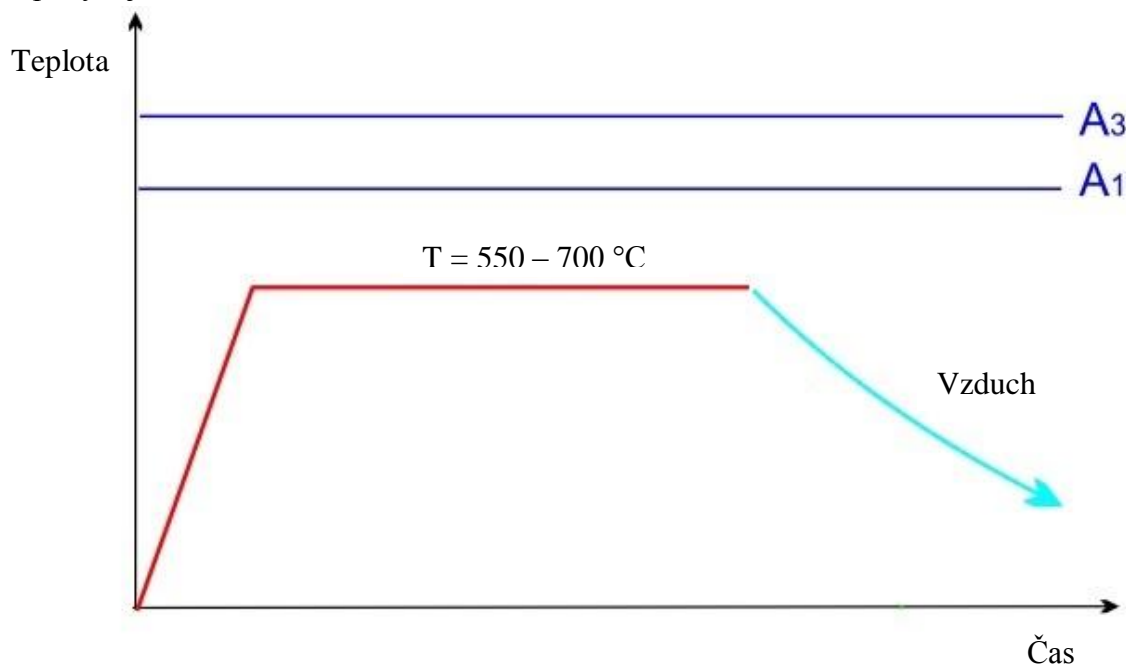
Žihání patří mezi tepelné zpracování kovů. Provádí se za účelem odstranění vnitřních pnutí, zlepšení obrobitelnosti, odstranění deformačních zpevnění, zrovnomnění struktury a mechanických vlastností, odstranění degradované struktury, vzniklé po svařování. Žihání se dělí do dvou základních skupin:

- Žihání bez překrytalizace
 - Rekrystalizační
 - Na odstranění (snížení) zbytkových pnutí
 - Na měkko
- Žihání s překrytalizací
 - Izotermické
 - Normalizační
 - Homogenizační

Pokud se jedná o žihání bez překrytalizace, nepřesáhne žihací teplota teplotu A_{c3} . Pokud se jedná o žihání s překrytalizací, žihací teplota přesáhne teplotu A_{c3} . Žihání se provádí zahřátím kovu na žihací teplotu, výdrž na této teplotě po určitou dobu, a potom pomalé ochlazení na vzduchu, nebo v peci při řízené teplotě. Na obrázku 25 jsou tyto druhy žihání zobrazeny v diagramu Fe – Fe_3C .

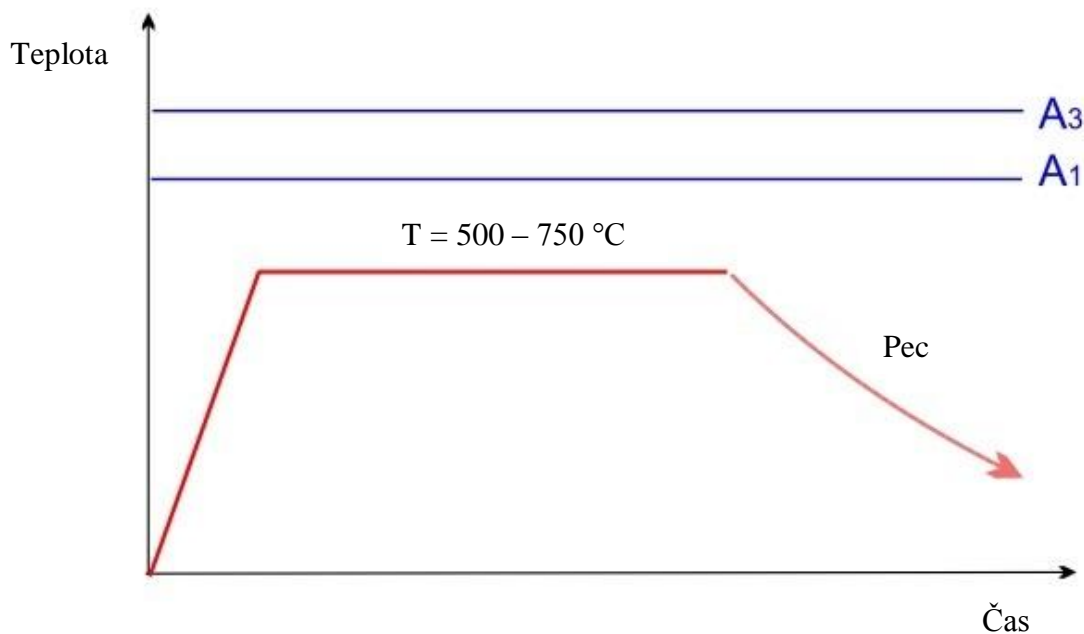
Obr. 25 Druhy žihání zobrazeny v diagramu Fe – Fe₃C [38]

- Rekrytalizační žihání (Obr. 26) – cílem tohoto žihání je obnovení tvárnosti oceli po tváření za studena, při kterém došlo k deformaci zrn a ke zpevnění. Žihací teplota se pohybuje od 550 do 700 °C.



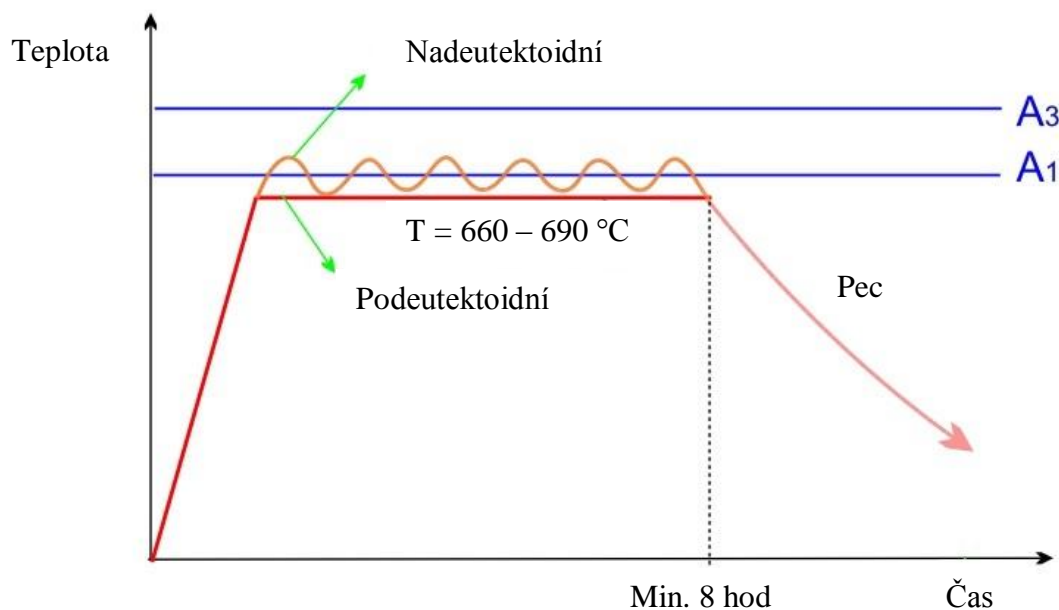
Obr. 26 Rekrytalizační žihání [38]

- Žihání na odstranění (snížení) pnutí (Obr. 27) – cílem tohoto žihání je odstranit, nebo aspoň snížit vnitřní pnutí materiálu. Toto pnutí může vzniknout jako důsledek po předchozím zpracování, jako je tváření, obrábění, lití a svařování. Žihací teplota se pohybuje od 500 do 750 °C, záleží to na žíhaném materiálu. Toto žihání je použito při praktické části této práce.



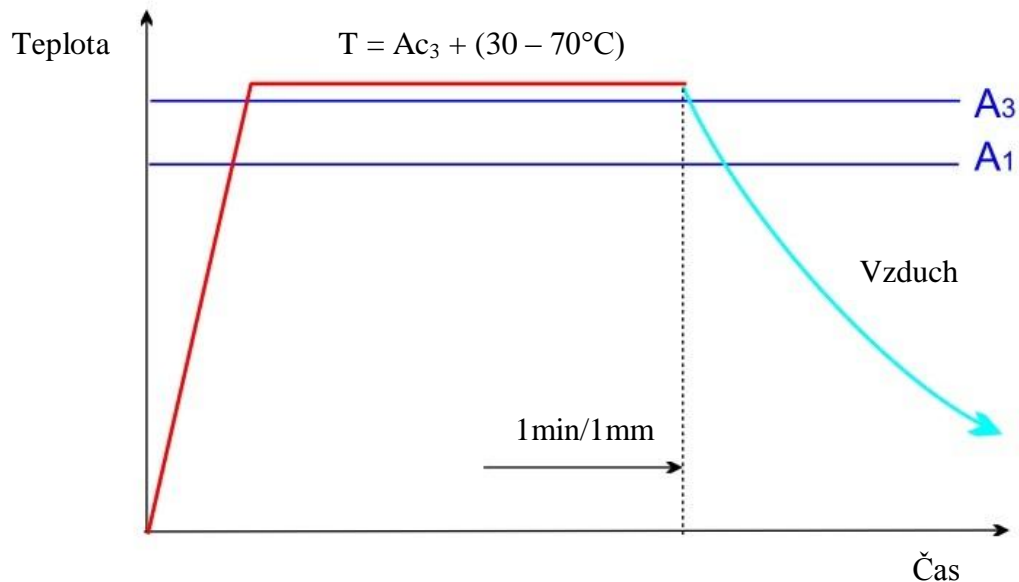
Obr. 27 Žihání na odstranění (snížení) pnutí [38]

- Žihání na měkko (Obr. 28) – cílem tohoto žihání je zlepšení obrobiteľnosti materiálu. Je snaha přeměnit lamelární perlit na globulární, který se lépe obrábí a netupí se tolik nástroje. U podeutektoidních ocelí je žihací teplota pod teplotou A_{c1} , u nadeutektoidních ocelí je žihací teplota kolísavá, kdy přebíhá nad a pod teplotu A_{c1} .



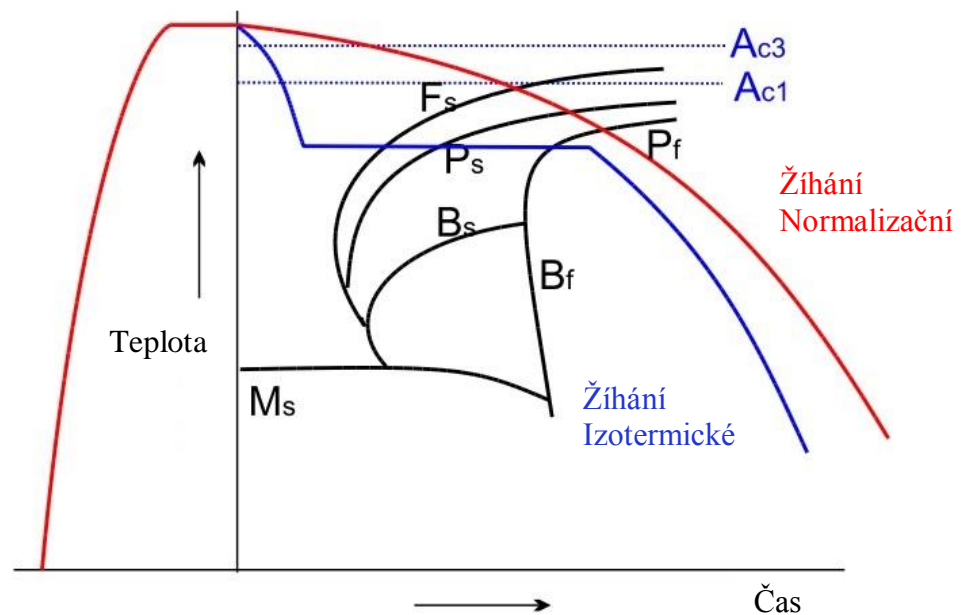
Obr. 28 Žihání na měkko [38]

- Normalizační žihání (Obr. 29) – Cílem tohoto žihání je zrovnoměrnit a zjemnit strukturu bez vnitřních pnutí s dobrými mechanickými vlastnostmi. Žihání je založeno na překrytí feritu a perlitu na austenit, kdy dojde ke zjemnění zrna oceli. Žihací teplota je 30 až 70 °C nad teplotou A_{c3} . Výdrž na této teplotě musí být dostatečně dlouhá, aby vznikl homogenní austenit. Potom následuje ochlazení na vzduchu.



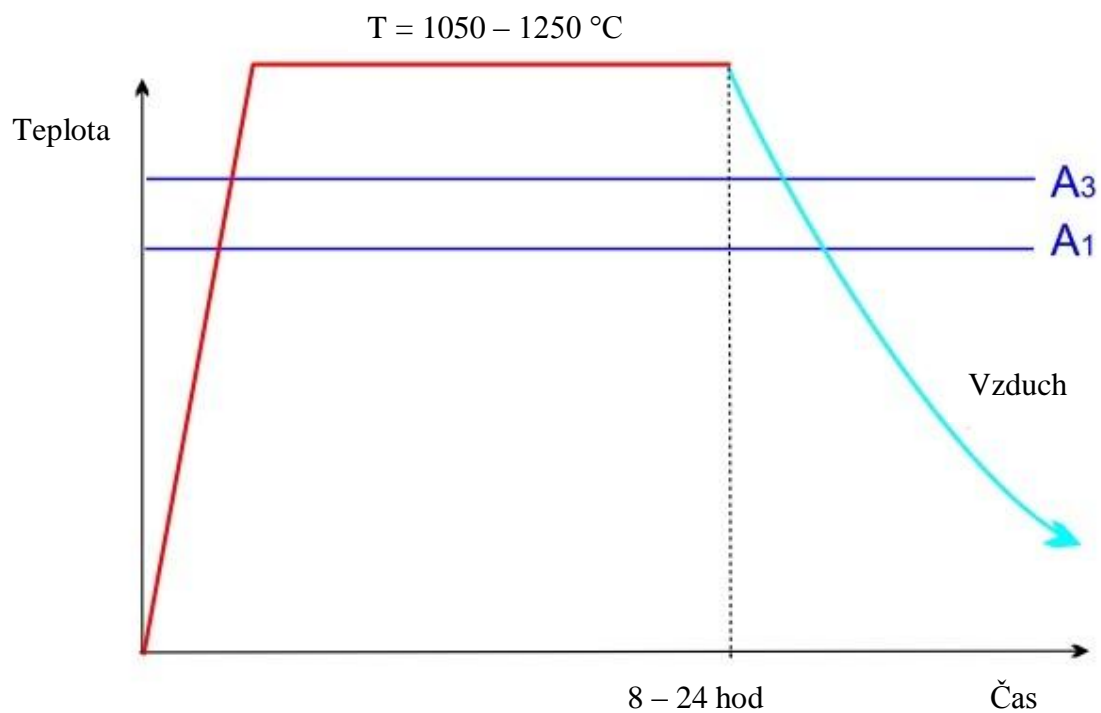
Obr. 29 Normalizační žihání [38]

- Izotermické žihání (Obr. 30) – Toto žihání, stejně jako normalizační, slouží ke zrovnoměrnění a zjemnění struktury. Výhodou je, že probíhá kratší dobu než normalizační žihání, ale je složitější. Žihací teplota je podobná, jako u normalizačního žihání, potom se materiál ochladí proudem vzduchu na teplotu, odpovídající asi polovině perlitické oblasti v diagramu IRA. Dále se teplota udržuje a dochází k překrytí izotermicky. Nakonec se materiál ochladí.



Obr. 30 Izotermické žihání [38]

- Homogenizační žíhání (Obr. 31) – Toto žíhání se používá pro velké odlitky. Cílem tohoto žíhání je dosáhnout homogenní struktury po odlévání. Žihací teplota se pohybuje od 1050 do 1250 °C. Díky této velké teplotě často dochází ke zhrubnutí zrna, proto se po homogenizačním žíhání často provádí ještě žíhání normalizační.



Obr. 31 Homogenizační žíhání [38]

3 KOBALTOVÉ SLITINY [30], [40], [41], [42], [43], [44], [45]

Kobalt je kov, který má teplotu tavení 1495 °C. Čistý kobalt má pevnost 250 MPa a tažnost 10 %. Čistý kobalt se moc nepoužívá, spíše se používají slitiny kobaltu. Tyto slitiny mají velmi dobrou korozní odolnost a vysokoteplotní creepové vlastnosti. Kobalt má dobrou svařitelnost, ale může se měnit, závisí to na legujících prvcích. Nepříznivý vliv na svařitelnost mají nečistoty, např. síra, fosfor, olovo a vizmut. Do určitého množství se mohou vyskytovat ve slitině i karbidotvorné prvky, např. titan, vanad, niob a zirkon, které zlepšují creepovou odolnost slitin, ale po překročení určitého množství zhoršují svařitelnost. Dále mohou zhoršovat svařitelnost uhlík a křemík. Největší vliv na svařitelnost kobaltových slitin má měď, už i jeho malá kontaminace slitiny (např. použití měděné podložky) může vyvolat praskání. Při svařování kobaltu a jeho slitin je možno použít téměř všechny svařovací technologie, nejvíce se však používá svařování metodou TIG, plasma a elektronový paprsek.

Používané kobaltové slitiny pro navařování jsou Stellity. Základ Stellitů je tvořen karbidy v kobalt-chromové matici. Tyto slitiny se vyznačují vysokou tvrdostí a pevností, a také jsou odolné proti korozi, opotřebení a neztrácí tyto vlastnosti i při vyšších teplotách. Další hlavní prvky ve slitině jsou molybden a wolfram, které přidávají slitině větší tvrdost a pevnost. Stellity mohou být rozděleny do dvou kategorií:

- Vysoko-uhlíkové slitiny
 - Používají se pro aplikace, kde je potřeba velká odolnost proti opotřebení
- Nízko-uhlíkové slitiny
 - Používají se pro aplikace, kde je potřeba odolnost za vysokých teplot, nebo kombinace odolnosti za vysokých teplot a odolnosti proti opotřebení

Tím, že se základ tvoří kobalt a chrom, mají tyto slitiny vysoký bod tání, proto se používají v aplikacích, jako jsou povlaky a tvrdonávary v parních turbínách. Přidáním dalších prvků, jako je např. nikl, se zvyšuje stabilita fcc mřížky matrice, nebo přidáním bóru se snižuje bod tání slitiny, což je žádoucí u Stellitů, používaných v práškové metalurgii. Stellity jsou nemagnetické a proto jsou velmi odolné proti korozi. Stellity jsou vyráběny mnoha metodami, např. odléváním, nebo mohou být vyráběny ve formě prášku. Stellity se těžko obrábějí a brousí, oproti ocelím, proto na jejich výrobu a zpracování je potřeba speciálních nástrojů. Slitin Stellitů je mnoho, proto se tyto slitiny vyrábějí v různých kombinacích s různými poměry prvků, podle toho, na co má být výsledná slitina použita. Používané Stellity pro tvrdonávary jsou Stellite 6 a Stellite 21.

3.1 Stellite 6 [9], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49]

Tato slitina je nejvíce používaná v aplikacích, kde je potřeba odolnost proti opotřebení. Kromě hlavních prvků, kterými jsou kobalt a chrom je další hlavní prvek wolfram, který zvyšuje tvrdost slitiny. Chemické složení této slitiny je uvedeno v tabulce 13. Mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 14. Odolnost proti opotřebení si zachovává v širokém rozsahu teplot přibližně do 500°C. Tvrdost v závislosti na teplotě je uvedena v tabulce 15. Je také odolný proti kavitaci. Stellite 6 je používaný pro navařování tvrdonávarů, jako např. navařování sedel ventilů, ložisek, hřídel u čerpadel. Pro navařování se používá přidavný materiál převážně ve formě prášku. Tato slitina stejně jako korozivzdorná ocel podléhá primárně bodové korozi ve slané vodě a ve chloridech.

Tab. 13 Chemické složení Stellite 6 [%] [9], [47]:

Co	Cr	W	C	Fe	Mo	Ni	Mn	Si
Základ	27 - 32	4,0 – 6,0	0,9 – 1,4	max 2,0	max 1,0	max 2,0	0,5	max 2,0

Tab. 14 Mechanické vlastnosti Stellite 6 [47]:

Rm [MPa]	Re [MPa]	A [%]	E [GPa]	Tvrdość [HRC]
1265	750	3 - 5	237	40 - 46

Tab. 15 Tvrdość v závislosti na teplotě u Stellite 6 [HV] [49]:

20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C
410	390	356	345	334	301	235	155	138

3.2 Stellite 21 [9], [10], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [50],

Tato slitina byla vyvinuta ve 30. letech minulého stolní, převážně pro korozní odolnost a bylo také zjištěno, že je biokompatibilní. Dále byla tato slitina jedna z prvních, která odolávala vysokým teplotám v tryskových motorech. Kromě kobaltu a chromu obsahuje tato slitina molybden a tvrdé karbidy, díky kterým je zvýšena tvrdość, ale snížena tažnost. Chemické složení této slitiny je uvedeno v tabulce 2. Mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 16. Tvrdość v závislosti na teplotě je uvedena v tabulce 17.

Tab. 16 Mechanické vlastnosti Stellite 21 [10]:

Rm [MPa]	Re [MPa]	A [%]	E [GPa]	Tvrdość [HRC]
1000	650	20	245	27 - 40

Tab. 17 Tvrdość v závislosti na teplotě u Stellite 21 [HV] [50]:

20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C
347	279	248	228	208	197	181	153	123

Stellite 21 má vysokou odolnost proti opotřebení kov na kov, a také má vysokou odolnost proti teplotnímu šoku. Stellite 21 může být odléván, použit při práškové metalurgii a také může být použit při navařování tvrdonávaru. Je možno jej použít v aplikacích, kde je potřeba odolnost proti kavitaci, erozi, korozi a odolnost za vysokých teplot. Stellite 21 má také vlastnost odolávat tečení za vysokých teplot, proto se používá při výrobě ventilů pro vysokotlaké páry. Stellite 21 je použit v praktické části této diplomové práce pro navařování sedel ventilů.

3.3 Stellite 25 [9], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [51], [52]

Tato slitina je odolná proti oxidaci a propalu uhlíku za vysokých teplot, je odolná proti opotřebení kov na kov i při vyšších teplotách, a proto je vhodná pro nástroje, které pracují za vysokých teplot, např. kovací zápustky. Také je odolná proti kyselinám, např. HCl (kyselina chlorovodíková), za určitých podmínek. Stellite 25 obsahuje kromě kobaltu a chromu také velké procento wolframu. Dále obsahuje malé procento uhlíku, což dává této slitině odolnost

proti tepelné únavě. Chemické složení Stellite 25 je v tabulce 18. Protože je tato slitina odolná proti tepelné únavě, používá se v energetickém průmyslu pro potrubní soustavy, kde dochází k častému ohřevu a chladnutí média. Mechanické vlastnosti Stellite 25 jsou uvedeny v tabulce 19.

Tab. 18 Chemické složení Stellite 25 [%] [9], [51]:

Co	Cr	W	C	Ni	Fe	Mn	Mo	Si
Základ	20,0	15,0	0,1	10,0	2,0	1,9	max 1,0	max 1,0

Tab. 19 Mechanické vlastnosti Stellite 25 [51]:

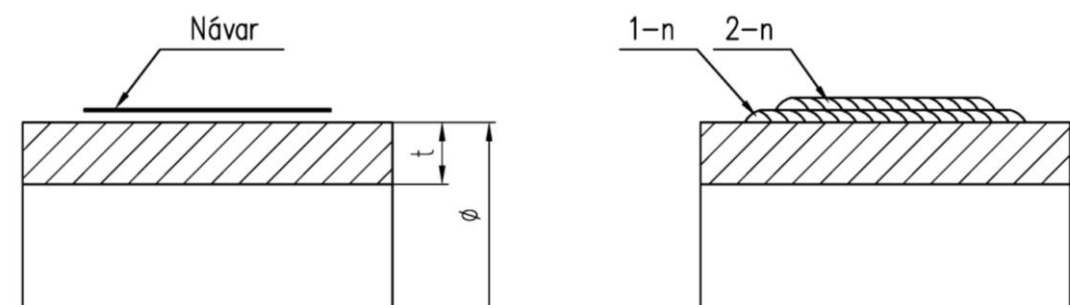
Rm [MPa]	Re [MPa]	A [%]	E [GPa]	Tvrđost [HRC]
925	895	5	207	20 - 45

4 ODLADĚNÍ PARAMETRŮ NAVAŘOVÁNÍ PLAZMOU [53]

Pro navařování dané součástky se nejprve vypracuje preWPS. Jde o předběžnou specifikaci svařovacího postupu tvrdonávaru dle normy ČSN EN ISO 15 609-1. Tento dokument obsahuje všechny potřebné informace pro navařování. Některé údaje z toho dokumentu jsou v tabulce 20, tvar návaru je na obrázku 32. Celý dokument je v příloze.

Tab. 20 Údaje z dokumentu preWPS:

Svařovací metoda	Plazmové navařování s přidavkem prášku - 152
Typ svaru	Tvrdonávar
Základní materiál	1.4903 / A182 F91
Svařovací materiál	Stellite 21 (prášek)
Plazmový plyn	Argon (99,999 %)
Ochranný plyn	Argon (99,999 %)
Dopravní plyn	Argon (99,999 %)
Svařovací pozice	PA (Pozice vodorovná shora)
Teplota předehřevu	Min. 250 °C
Teplota interpass	Max. 450 °C
Teplné zpracování po svařování	Žíhání na snížení zbytkového pnutí (750 °C)
Opracovaná tloušťka návaru	Min. 3,65 mm
Tloušťka	20 mm
Vnější průměr	128 mm
Počet housenek v první vrstvě	4
Počet housenek v druhé vrstvě	3
Ochlazení po svařování	V křemičitém písku
Kontrola teploty	Dotykový teploměr



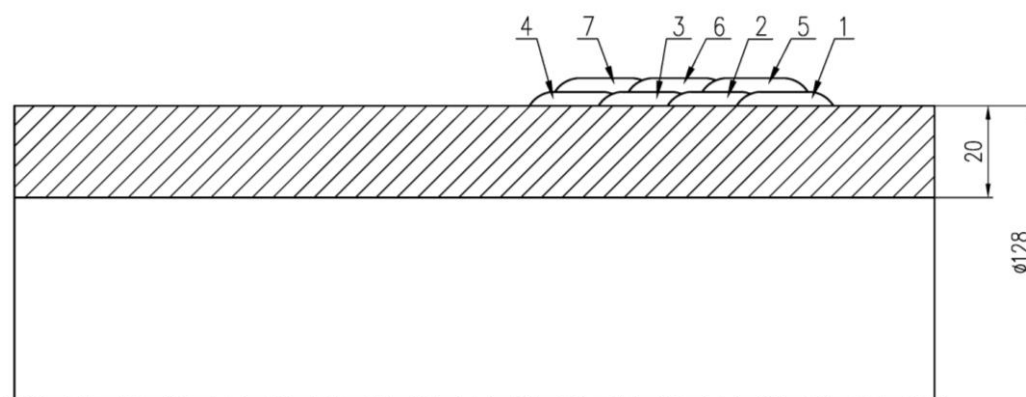
Obr. 32 Tvar návaru dle preWPS

V tabulce 21 jsou v levém sloupci údaje z preWPS a v pravém sloupci skutečné údaje, použité při navařování.

Tab. 21 Porovnání údajů z preWPS a skutečných údajů

	Údaje z preWPS	Skutečné údaje při navařování
Teplota předehřevu	min. 250 °C	280 °C
Opracovaná tloušťka návaru	min. 3,65 mm	4,8 – 5,2 mm
Svařovací proud	150 – 170 A	160 A
Minimální tvrdost návaru	279 HV	378 HV10
Žíhací teplota	750 °C	750 – 752 °C

Na obrázku 33 je zobrazeno umístění jednotlivých housenek při navařování.



Obr. 33 Umístění jednotlivých housenek

5 NÁVRH POSTUPU NAVAŘOVÁNÍ PLAZMOU [54]

Součást pro navařování byla zvolena trubka o průměru 128 mm a tloušťce stěny 20 mm, materiál trubky je ocel X10CrMoVNB9-1 (1.4903, A 182 F91). Potřebné údaje pro navařování byly zvoleny dle preWPS. Pro tuto součást byl navrhnut a proveden tento postup navařování (ČSN EN ISO 15614-7):

- Použitá technologie navařování je plazmové navařování s přidavkem prášku (152). Přídavný materiál je Stellite 21, jeho chemické složení a mechanické vlastnosti jsou uvedeny v kapitole 3.2.
- Stroj pro navařování je zvolen plazmový automat PPC 250 PTM. Parametry tohoto stroje jsou uvedeny v kapitole 2.1.3. Součást byla upnuta do sklíčidla o průměru 315mm, sklíčidlo je součástí navařovacího stroje.
- Použitý hořák je PHP 250 S. Tento hořák umožňuje přidávání přídavného materiálu ve formě prášku skrz trysku. Parametry tohoto hořáku jsou uvedeny v kapitole 2.1.1.
- Před navařováním je nutný předehřev. Teplota předehřevu je min. 250°C. Součást se předehřívá pomocí plamene, jak je zobrazeno na obrázku 34. Kontrola teploty se provádí pomocí dotykového teploměru



Obr. 34 Předehřev součásti pomocí plamene

- Dále se přejde k samotnému navařování. Postupně se kladou dvě vrstvy. První vrstva je navařena čtyřmi housenkami, druhá vrstva je navařena třemi housenkami. Každá housenka má své parametry. Před navařováním každé housenky je důležitá kontrola teploty pomocí dotykového teploměru.

Na obrázku 35 je zobrazen návar první housenky a parametry této housenky jsou uvedeny v tabulce 22.

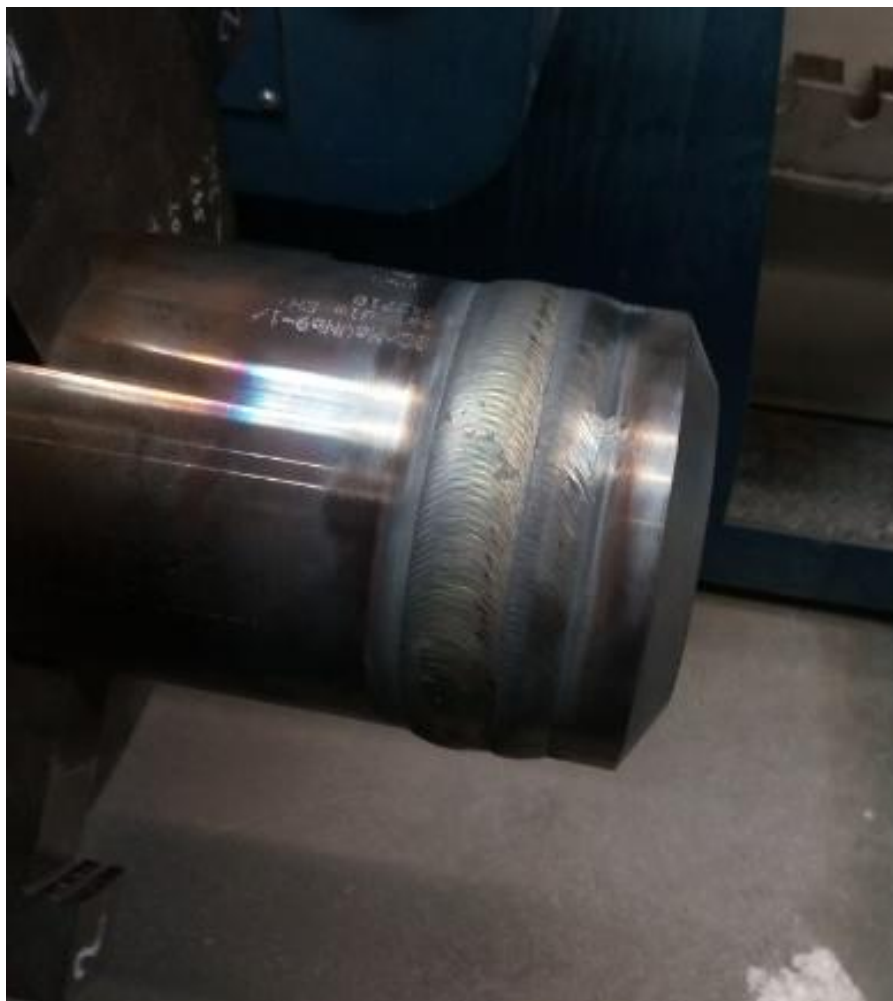


Obr. 35 Návar první housenky

Tab. 22 Parametry první housenky

Proud [A]	Šířka pendlu [mm]	Prodleva/puls [s]	Rychlost pendlu [mm/s]	Prášek [g]	Otáčky [ot/min]	Náklon [°]	Teplota při startu [°C]
165	15	0,3/0,3	10	7	0,085	90	280

Navaření druhé housenky je zobrazeno na obrázku 36 a parametry této housenky jsou uvedeny v tabulce 23.

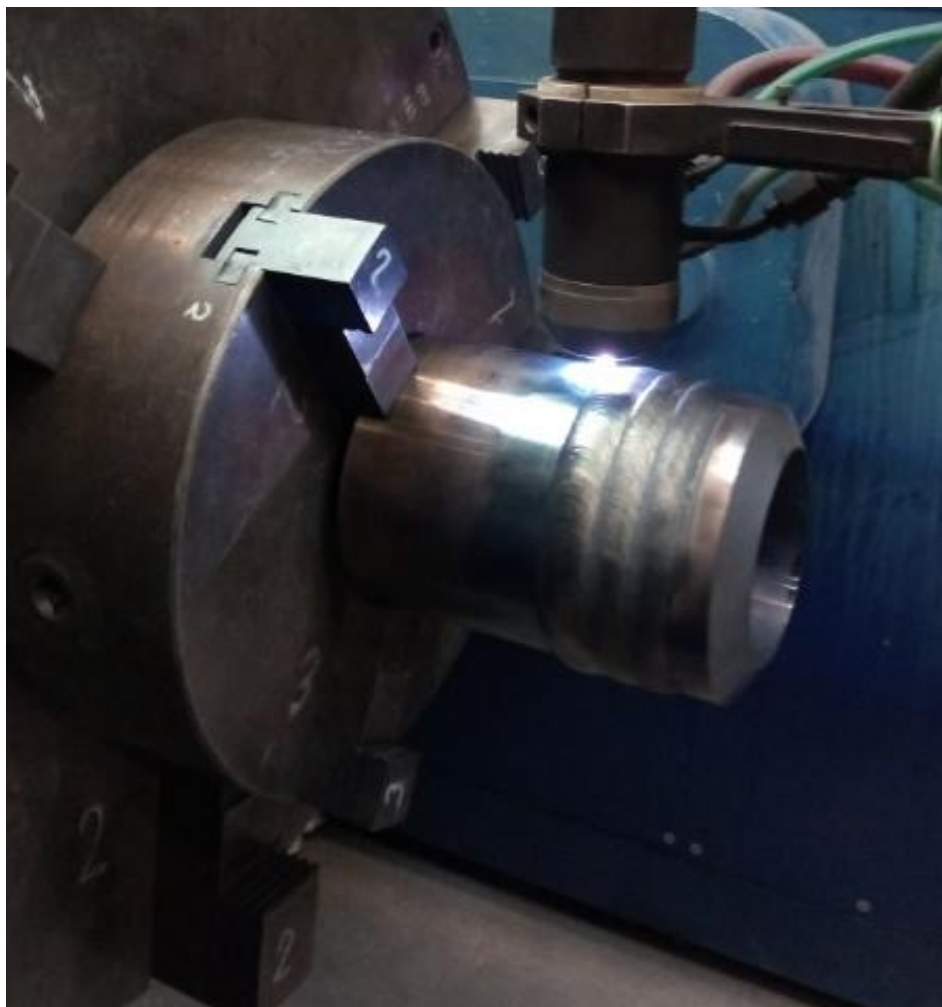


Obr. 36 Návar druhé housenky

Tab. 23 Parametry druhé housenky

Proud [A]	Šířka pendlu [mm]	Prodleva/puls [s]	Rychlost pendlu [mm/s]	Prášek [g]	Otáčky [ot/min]	Náklon [°]	Teplota při startu [°C]
160	15	0,3/0,6	10	8	0,082	90	305

Navařování třetí housenky je zobrazeno na obrázku 37 a parametry této housenky jsou uvedeny v tabulce 24.



Obr. 37 Návar třetí housenky

Tab. 24 Parametry třetí housenky

Proud [A]	Šířka pendlu [mm]	Prodleva/puls [s]	Rychlost pendlu [mm/s]	Prášek [g]	Otáčky [ot/min]	Náklon [°]	Teplota při startu [°C]
160	15	0,3/0,6	10	8	0,082	90	298

Naváření čtvrté housenky, tedy celé první vrstvy je zobrazeno na obrázku 38 a parametry této housenky jsou uvedeny v tabulce 25.



Obr. 38 Návar čtvrté housenky – první vrstva

Tab. 25 Parametry čtvrté housenky

Proud [A]	Šířka pendlu [mm]	Prodleva/puls [s]	Rychlost pendlu [mm/s]	Prášek [g]	Otáčky [ot/min]	Náklon [°]	Teplota při startu [°C]
160	15	0,3/0,6	10	8	0,082	90	290

Naváření páté housenky je zobrazeno na obrázku 39 a parametry této housenky jsou uvedeny v tabulce 26.



Obr. 39 Návar páté housenky

Tab. 26 Parametry páté housenky

Proud [A]	Šířka pendlu [mm]	Prodleva/puls [s]	Rychlost pendlu [mm/s]	Prášek [g]	Otáčky [ot/min]	Náklon [°]	Teplota při startu [°C]
160	16	0,3/0,3	10,5	10	0,077	90	285

Navaření šesté housenky je zobrazeno na obrázku 40 a parametry této housenky jsou uvedeny v tabulce 27.



Obr. 40 Návar šesté housenky

Tab. 27 Parametry šesté housenky

Proud [A]	Šířka pendlu [mm]	Prodleva/puls [s]	Rychlost pendlu [mm/s]	Prášek [g]	Otáčky [ot/min]	Náklon [°]	Teplota při startu [°C]
160	16	0,3/0,3	10,5	10	0,077	90	285

Naváření sedmé housenky, tedy celé druhé vrstvy je zobrazeno na obrázku 41 a parametry této housenky jsou uvedeny v tabulce 28.



Obr. 41 Návar sedmé housenky – druhá vrstva

Tab. 28 Parametry sedmé housenky

Proud [A]	Šířka pendlu [mm]	Prodleva/puls [s]	Rychlost pendlu [mm/s]	Prášek [g]	Otáčky [ot/min]	Náklon [°]	Teplota při startu [°C]
160	16	0,3/0,3	10,5	10	0,077	90	285

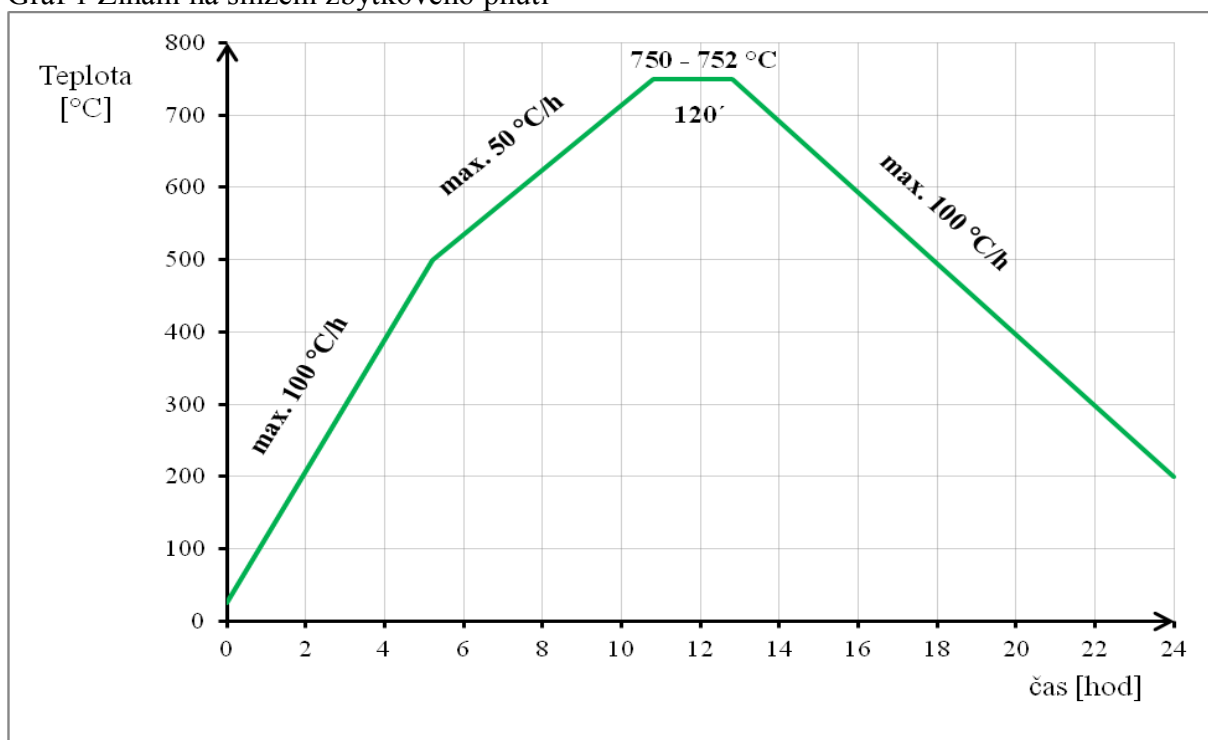
- Po navařování následuje pomalé ochlazení součásti v křemičitém písku. Toto pomalé ochlazení je důležité, aby součást nepraskala vlivem velkých pnutí, které vznikají rychlým ochlazením. Na obrázku 42 je ukázka součástky, vložené v křemičitém písku.



Obr. 42 Součást uložená v křemičitém písku

- Po zchladnutí následuje tepelné zpracování. Jako tepelné zpracování se používá žíhání na snížení zbytkového pnutí. Při žíhání se součást ohřeje na žíhací teplotu, která je předepsaná ve preWPS, následně se na této teplotě setrvává dvě hodiny a poté je součást pomalu ochlazována. V grafu 1 je znázorněn průběh žíhacího procesu.

Graf 1 Žíhání na snížení zbytkového pnutí

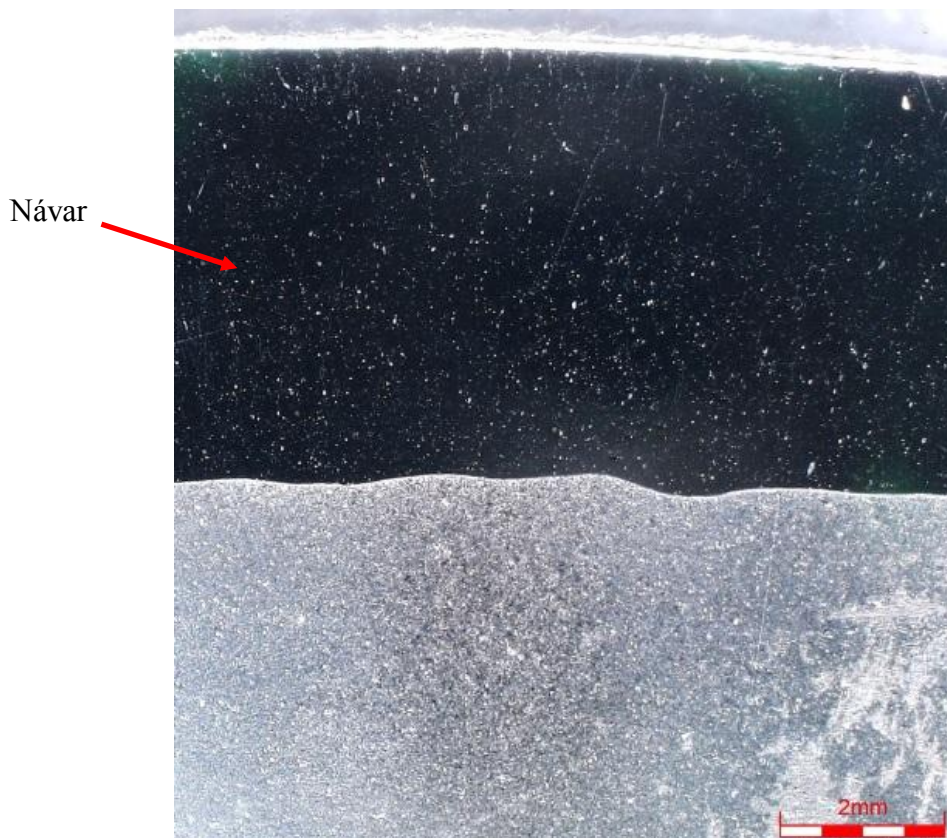


- Dále se návar musí obrobit na přesný rozměr. Obrábění se provádí na soustruhu. Po obrábění následují kontroly návaru.

5.1 Kontrola návaru

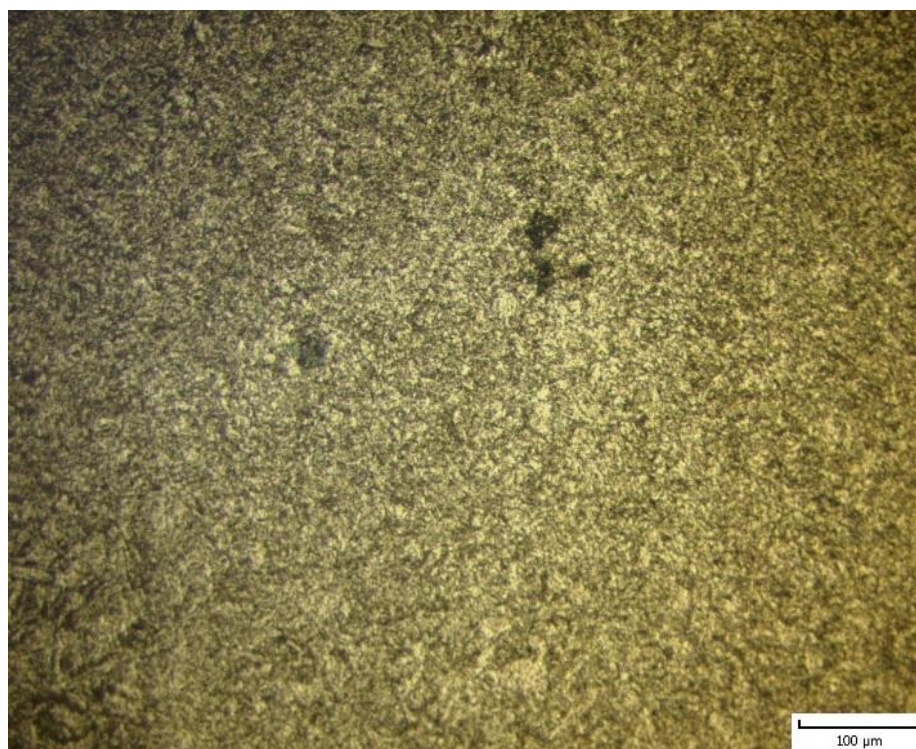
U toho konkrétního dílu byly následně provedeny tyto kontroly:

- Vizuální kontrola
 - Tato kontrola patří mezi nedestruktivní kontroly návaru. Tato kontrola je popsána v kapitole 2.3.1. Součást vyhověla při vizuální zkoušce. Protokol o vizuální kontrole navařované součástky je v příloze.
- Penetrační kontrola
 - Tato kontrola patří mezi nedestruktivní kontroly návaru. Součást nevyhověla při penetrační zkoušce, byla nalezena malá trhлина na jednom vzorku. Tato kontrola je popsána v kapitole 2.3.2.
- Metalografie
 - Pokud chceme zjistit mikrostrukturu a makrostrukturu návaru, je třeba provést metalografický rozbor vzorku, tedy destruktivní kontrolu. Metalografie je popsána v kapitole 2.3.3. Výsledný snímek makrostruktury je na obrázku 43, výsledná mikrostruktura, konkrétně základního materiálu, tepelně ovlivněné oblasti a návaru jsou na obrázku 44, 45, 46.

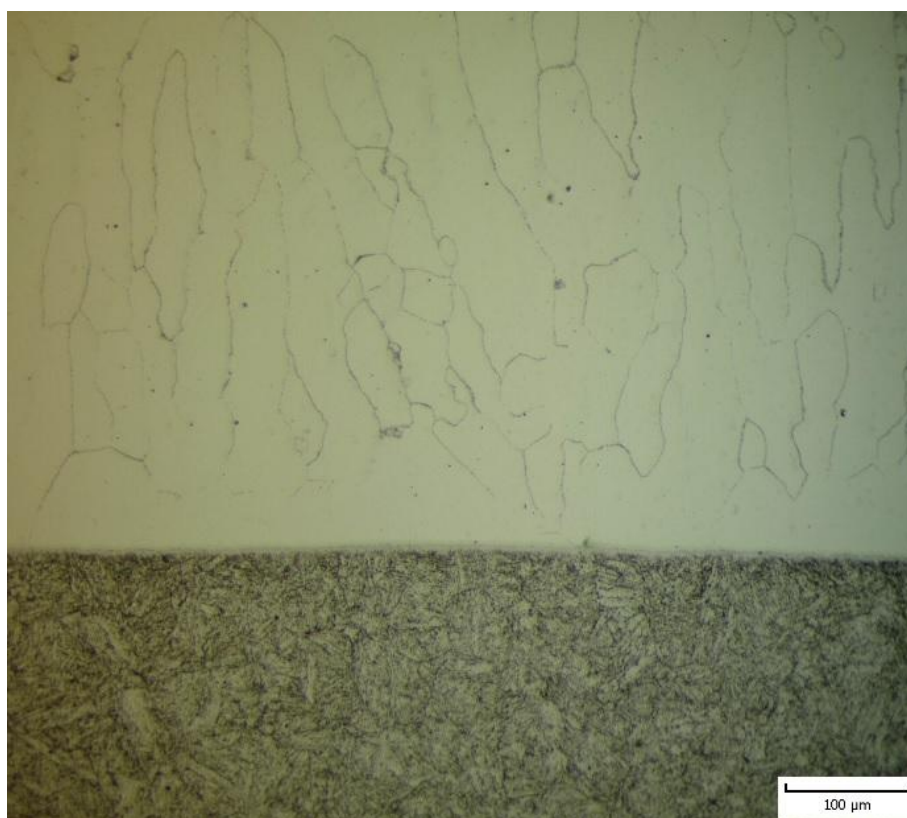


Obr. 43 Makrostruktura návaru

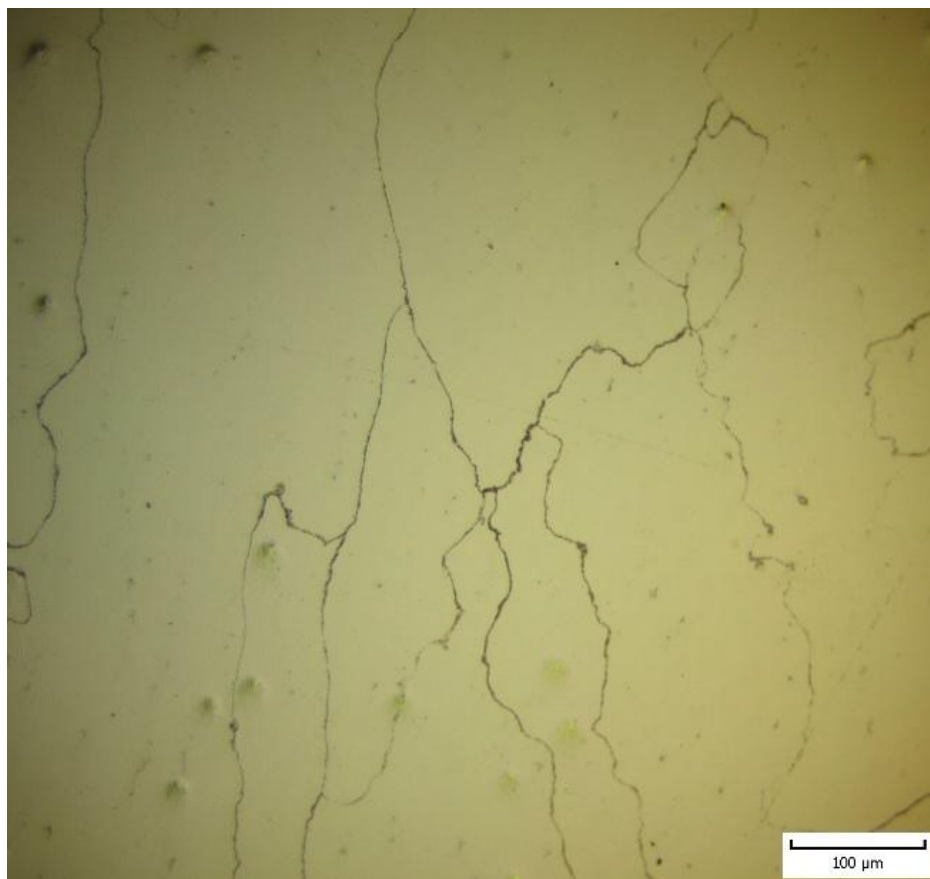
Předpsaná minimální výška návaru je dle preWPS 3,65 mm. Ze snímku makrostruktury je zjištěna skutečná výška návaru, která se pohybuje od 4,8 do 5,2 mm. Výška návaru je tedy vyhovující. Dále nebyly na snímku makrostruktury návaru nalezeny žádné trhliny, vměstky, póry, ani jiné vady.



Obr. 44 Mikrostruktura základního materiálu



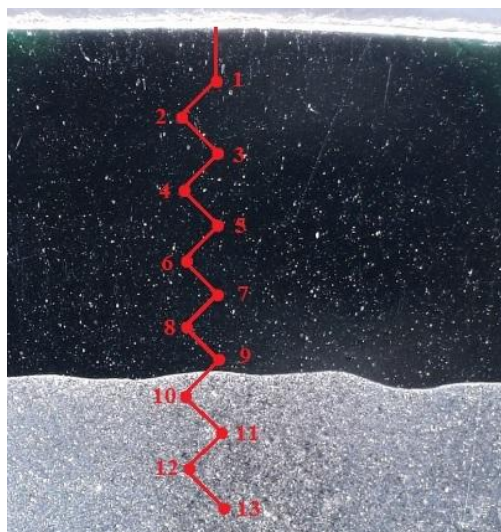
Obr. 45 Mikrostruktura tepelně ovlivněné oblasti



Obr. 46 Mikrostruktura návaru

Na snímcích mikrostruktury je vidět, že v tepelně ovlivněné oblasti došlo ke zhrubnutí zrna základního materiálu. Struktura základního materiálu je martenzitická.

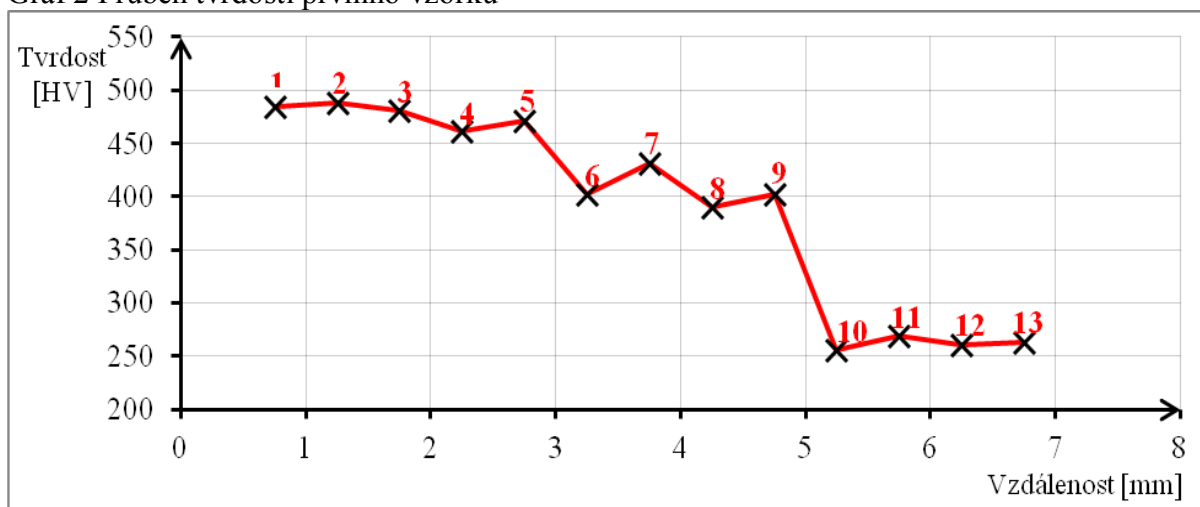
Dále byla na vzorcích, použitých při zkoumání mikrostruktury, měřena tvrdost návaru. Předepsaná minimální tvrdost je dle preWPS 279 HV. Měřila se tedy tvrdost podle Vickerse, která je popsána v kapitole 2.3.4. Na obrázku 47 je zobrazeno umístění vpichů při měření tvrdosti. Měřila se tvrdost dvou vzorků, které byly odebrány ze stejné součásti, ale na jiném místě.



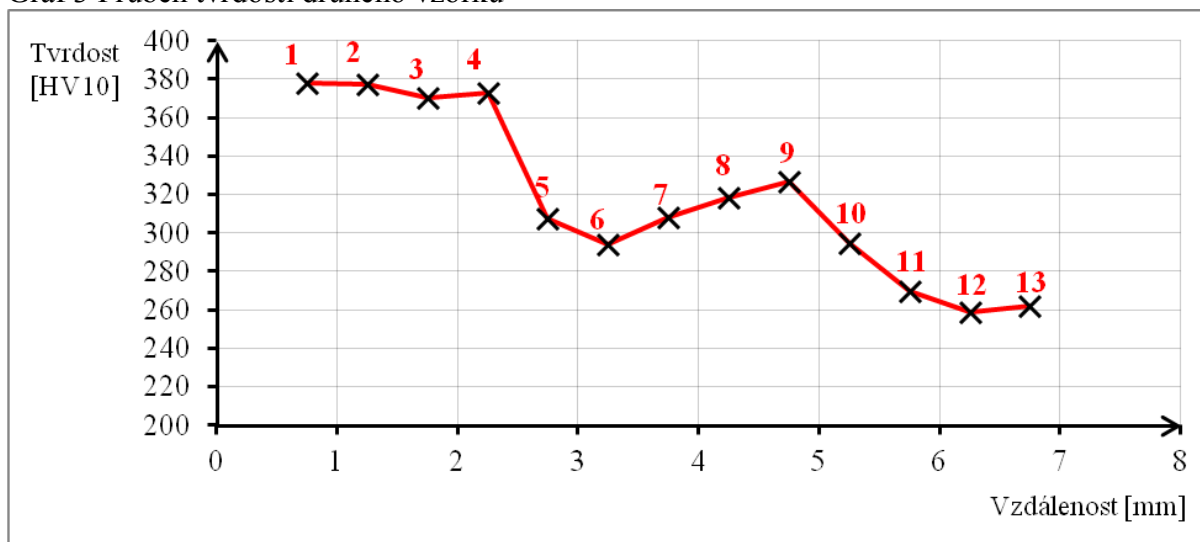
Obr. 47 Umístění vpichů při měření tvrdosti

V Grafu 2 je zobrazen průběh tvrdosti prvního vzorku, v grafu 3 je zobrazen průběh tvrdosti druhého vzorku.

Graf 2 Průběh tvrdosti prvního vzorku



Graf 3 Průběh tvrdosti druhého vzorku



Z grafů je vidět, že se tvrdost obou vzorků liší. Maximální hodnota tvrdosti u prvního vzorku je 488 HV10, maximální hodnota tvrdosti u druhého vzorku je 378 HV10. U obou vzorků je ale splněna minimální předepsaná hodnota tvrdosti dle preWPS.

6 ZÁVĚRY

Diplomová práce se zabývá navařováním kobaltových slitin plazmou, konkrétně navařováním sedel ventilů. Teoretická část obsahuje parametry o stroji a hořáku, použitým v praktické části této práce. Dále se teoretická část zabývá výběrem vhodných kobaltových slitin pro navařování plazmou. Jako nejvhodnější kobaltová slitina pro navařování byl konstruktérem dané konkrétní součásti zvolen Stellite 21, kvůli svým vlastnostem, které jsou požadovány u dané konkrétní součásti.

Experiment byl proveden ve spolupráci s firmou IMI CCI. Byl navařen zkušební vzorek Stelitem 21, ve formě prášku, dle parametrů uvedených v preWPS. Po navaření bylo provedeno tepelné zpracování, konkrétně žíhání na snížení zbytkového pnutí. Dále byl návar obroben na požadovanou tloušťku. Následně byla provedena řada zkoušek. Jako první se provedla vizuální zkouška, kde vzorek vyhověl, ale při následné penetrační zkoušce vzorek nevyhověl, protože byla zjištěna malá trhlinka v návaru. Tato trhlinka mohla být způsobena při obrábění, nebo při ochlazování vzorku v křemičitém písku ihned po navaření. Následně byl vzorek rozřezán na menší kousky a byla provedena metalografie a měření tvrdosti. Na makrostrukturu se zjišťovala výška návaru, která se pohybovala od 4,8 do 5,2 mm, což je vyhovující. Na mikrostrukturu návaru nebyly zjištěny žádné vady, ale v TOO došlo ke zhrubnutí zrna základního materiálu. Tvrdost byla měřena na dvou vzorcích. U obou se tvrdost poměrně lišila. U prvního vzorku byla minimální tvrdost návaru 488 HV10, u druhého vzorku byla minimální tvrdost 378 HV10. U vzorků byla splněna minimální požadovaná tvrdost dle preWPS, což je 279 HV.

Celkově tedy součást nevyhovuje, kvůli nevyhovující penetrační zkoušce. Navrhuji tedy, aby se při dalším navařování provedly penetrační zkoušky ihned po navaření a zchlazení, potom po žíhání, a také i po obrobení dané konkrétní součásti. Je potřeba zjistit, po jaké z těchto tří činností se objevila trhlinka. Při zjištění by se potom provedly další kroky pro odstranění této vady.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [8]

1. IMI CCI. *I MY se představíme* [online]. 2018 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://www.imi-ity.cz>
 2. SVAROX. *Přehled metod tavného svařování* [online]. 2001 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://svarox.cz/prehled-metod-tavneho-svarovani/>
 3. ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. *Svařování a příbuzné procesy - Přehled metod a jejich číslování* [online]. 2001 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/05/62340/62340_nahled.htm
 4. UNITED SURFACE TECHNOLOGIES. *PLASMA TRANSFERRED ARC (PTA)* [online]. 2014 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://www.ust.com.au/hardfacing.html>
 5. Pinterest. *PTA Cladding/hardfacing* [online]. 2016 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <https://www.pinterest.co.uk/pin/460633868108934969/>
 6. DELORO. *Plasma Transferred Arc (PTA) Weld Deposition* [online]. 2016 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <https://www.deloro.com/plasma-transferred-arc-pta-weld-deposition/>
 7. IMI CCI. *Steam conditioning valve - VLB*. Brno, 2014.
 8. Steelnumber. *European steel and alloy grades/numbers* [online]. 2018 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=278
 9. Kennametal. *Hardfacing alloys* [online]. 2016 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: https://www.kennametal.com/content/dam/kennametal/kennametal/common/Resources/Catalogs-Literature/Stellite/B-16-05107_KMT_Stellite_HardfacingAlloys_Brochure_EN_LR.pdf
 10. EXOCOR. *Stellite 21 alloy* [online]. 2007 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <http://exocor.com/downloads/product-datasheets/Stellite-21-Datasheet.pdf>
 11. AMBROŽ, Oldřich, Bohumil KANDUS a Jaroslav KUBÍČEK. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: Zeross, 2001, 395 s. ISBN 80-85771-81-0.
 12. Schinkmann. *Obloukové svařování obalenou elektrodou, svařování MMA, svařovací technika, svařovací invertor* [online]. 2018 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <https://www.schinkmann.cz/mma-rucne-obalenou-elektrodou>
 13. SVÁŘEČKY-ELEKTRODY. *Základní metody svařování* [online]. 2018 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <https://www.svarecky-elektrody.cz/zakladni-metody-svarovani/t-87>
 14. Quora. *What is the difference between TIG & MIG welding* [online]. 2016 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-TIG-MIG-welding>
 15. SVAROX. *Úvod do svařování elektrickým obloukem v ochranných atmosférách* [online]. 2016 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <http://svarox.cz/uvod-do-svarovani-elektrickym-obloukem-v-ochrannych-atmosferach/>
-

16. MM Spektrum. *Laserové navařování* [online]. 2001 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/laserove-navarovani.html>
 17. Laser Therm. *Laserové navařování* [online]. 2018 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <http://www.lasertherm.cz/sluzby/laserove-navarovani/>
 18. MM Spektrum. *Navařování plazmatem - ochranné povlaky ve výrobě i výzkumu* [online]. 2016 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/navarovani-plazmatem-ochranne-povlaky-ve-vyrobe-i-vyzkumu.html>
 19. Plazmové svařování. *Navařování* [online]. 2009 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009svarovani/2-01-15.pdf>
 20. INTECH. *Hardfacing by Plasma Transferred Arc Process* [online]. 2011 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/arc-welding/hardfacing-by-plasma-transferred-arc-process>
 21. KONSTRUKCE. *Diagnostika plazmového navařovacího procesu* [online]. 2015 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/diagnostika-plazmoveho-navarovaciho-procesu/>
 22. IMI CCI. *PPC 250 PTM - Plazma - KSK*. Brno, 2015.
 23. SVÁŘEČKY-ELEKTRODY. *Druhy a použití W-elektrod* [online]. 2018 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <https://www.svarecky-elektrody.cz/druhy-a-pouziti-wolframovych-elektrod/t-30/t-107>
 24. Svařovací potřeby. *Drát* [Online]. 2018 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <http://www.svarovani-kolin.cz/Trubickovy-drat-pr-0-9-1Kg-d304.htm>
 25. Sairui. *Cost-Effective Iron Powder* [Online]. 2018 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <http://www.sairui2009.com/iron-powder/cost-effective-iron-powder-for-sale.html>
 26. BARTÁK, Jiří, Vladimír BUDENÍK, Jan BUREŠ, Jan BURKOVÍČ, Bohumil MÍŠEK a Heinz NEUMANN. *Výroba a aplikované inženýrství ve svařování: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2000, 213 s. ISBN 80-85771-72-1.
 27. Normy. *Nedestruktivní zkoušení svarů - Vizuální kontrola tavných svarů - ČSN EN ISO 17637 (051180)* [online]. 2017 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/502038>
 28. DOCPLAYER. *Základní vlastnosti materiálů a jejich zkoušky* [online]. 2016 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/4239571-6-zakladni-vlastnosti-materialu-a-jejich-zkousky.html>
 29. Normy. *Nedestruktivní zkoušení - Kapilární zkouška - Část 1: Obecné zásady - ČSN EN ISO 3452-1 (015018)* [online]. 2015 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/96603>
 30. FOLDYNA, Václav, Karel HENNHOFFER, Jaroslav KOUKAL, František KRISTOFORY, Vladislav OCHODEK, Václav PILOUS, Jaroslav PURMENSKÝ a Drahomír SCHWARZ. *Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 2., upr. vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001, 292 s. ISBN 80-85771-85-3.
-

31. MODERNÍ TECHNOLOGIE VE STUDIU APLIKOVANÉ FYZIKY. *Základy přípravy vzorků pro optickou metalografii* [online]. 2011 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <https://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/texty/znm2-1.pdf>
 32. Normy. *Destruktivní zkoušky svarů kovových materiálů - Makroskopická a mikroskopická kontrola svarů - ČSN EN ISO 17639 (051128)* [online]. 2014 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/94845>
 33. ELUC. *Zkoušky tvrdosti* [online]. 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1105>
 34. SWEB. *Vlastnosti kovových materiálů a jejich zkoušení* [online]. 2016 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/vlastnosti.htm>
 35. Struers. *Duramin-100* [Online]. 2018 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <https://www.struers.com/en/Products/Hardness-testing/Hardness-testing-equipment/Duramin-100>
 36. Normy. *Destruktivní zkoušky svarů kovových materiálů - Zkoušení tvrdosti - Část 1: Zkouška tvrdosti spojů svařovaných obloukovým svařováním - ČSN EN ISO 9015-1 (051134)* [online]. 2011 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/94845>
 37. Normy. *Destruktivní zkoušky svarů kovových materiálů - Zkoušení tvrdosti - Část 2: Zkoušení mikrotvrdosti svarových spojů - ČSN EN ISO 9015-2 (051134)* [online]. 2016 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/94845>
 38. SWEB. *Základy tepelného zpracování kovů* [online]. 2018 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: http://jhamernik.sweb.cz/tepelne_zpracovani.htm
 39. VUT. *Tepelné zpracování – ETR*. Brno, 2016.
 40. IMI CCI. *General guidelines for hardfacing onto steel substrates*. Brno, 2007.
 41. S.J.M. Alloys and Metals. *Cobalt alloys* [online]. 2018 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <http://www.sjmalloysandmetals.com/portfolio-items/cobalt-alloys/>
 42. Science Direct. *Stellite alloy mixture hardfacing via laser cladding for control valve seat sealing surfaces* [online]. 2018 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897217309040>
 43. Chemistry Learner. *Stellite* [online]. 2018 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <http://www.chemistrylearner.com/stellite.html>
 44. AZOM. *Stellite Alloys - Chemical Composition, Mechanical Properties and Common Applications* [https](https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=9857) [online]. 2013 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: [//www.azom.com/article.aspx?ArticleID=9857](https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=9857)
 45. WASET. *Temperature-Dependence of Hardness and Wear Resistance of Stellite Alloys* [online]. 2012 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <http://waset.org/publications/5340/temperature-dependence-of-hardness-and-wear-resistance-of-stellite-alloys>
-

-
46. E – Konstruktor. *Tvrdość – převodní tabulka* [online]. 2013 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/tvrdość-prevodni-tabulka>
 47. EXOCOR. *Stellite 6 alloy* [online]. 2016 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <http://exocor.com/downloads/product-datasheets/Stellite-6-Datasheet.pdf>
 48. Hindawi. *Wear Characteristic of Stellite 6 Alloy Hardfacing Layer by Plasma Arc Surfacing Processes* [online]. 2017 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/scanning/2017/6097486/>
 49. Deloro. *Stellite 6 alloy* [online]. 2018 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://static1.squarespace.com/static/56e079802fe131546a70830d/t/577aa957d2b85735f832e0cd/1467656536896/Deloro+MDS+Stellite6+rev00.pdf>
 50. Deloro. *Stellite 21 alloy* [online]. 2018 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://static1.squarespace.com/static/56e079802fe131546a70830d/t/588a1e7f197aea571f37a590/1485446785712/Deloro+MDS+Stellite21+rev00.pdf>
 51. Deloro. *Stellite 25 alloy* [online]. 2008 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: http://specialmetals.ir/images/technical_info/cobalt_base/Stellite%2025.pdf
 52. MatWeb. *Stellite 25 Cobalt Chromium Cast* [online]. 2018 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.matweb.com/search/datasheettext.aspx?matguid=5295d31822f341219eaf8dc620865cf5>
 53. Strojirensky.NET. *Stanovení a kvalifikování postupů svařování (WPS) kovových materiálů. Stanovení postupů svařování – Část 1 : Obloukové svařování - ČSN EN ISO 15609-1* [online]. 2009 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://strojirensky.net/2009/09/30/stanoveni-a-kvalifikovani-postupu-svarovani-wps-a-pajeni-tps-kovovych-materialu/>
 54. Normy. *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupu svařování - Část 7: Navařování - ČSN EN ISO 15614-7 (050313)* [online]. 2018 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/504030>
-

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Tažnost materiálu	[%]
APT	Svařování automaticky pod tavidlem	[-]
B _f	Konec přeměny Bainitu	[-]
B _s	Začátek přeměny Bainitu	[-]
D	Průměr kuličky	[mm]
d	Průměr vtisku kuličky	[mm]
d ₁	První průměr vtisku kuličky	[mm]
d ₂	Druhý průměr vtisku kuličky	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu	[GPa]
F	Zatěžující síla	[N]
F _s	Začátek přeměny feritu	[-]
HB	Tvrdost podle Brinella	[-]
HRC, HRB	Tvrdost podle Rockwella	[-]
HV	Tvrdost podle Vickerse	[-]
IRA	Izotermický rozpad austenitu	[-]
l ₁	Délka první úhlopříčky	[mm]
l ₂	Délka druhé úhlopříčky	[mm]
M _s	Začátek přeměny martenzitu	[-]
PA	Svařovací poloha vodorovná shora	[-]
Pf	Konec přeměny perlitu	[-]
Ps	Začátek přeměny perlitu	[-]
PTA	Svařování plazmou	[-]
Re	Mez kluzu materiálu	[MPa]
Rm	Mez pevnosti materiálu	[MPa]
ROE	Svařování ručně obalenou elektrodou	[-]
T	Žíhací teplota	[-]
TIG	Svařování netavicí se wolframovou elektrodou	[-]
TOO	Tepelně ovlivněná oblast	[-]
WC	Wolframové elektrody legované cerem	[-]
WL	Wolframové elektrody legované lanthanem	[-]
WP	Čistá wolframová elektroda	[-]
WT	Wolframové elektrody legované thoriem	[-]
WZ	Wolframové elektrody legované zirkonem	[-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Ukázky navařování plazmou [4], [5], [6].....	9
Obr. 2 Tlakový ventil a sedlo ventilu [7].....	10
Obr. 3 Svařování ručně obalenou elektrodou [12].....	11
Obr. 4 Svařování pod tavidlem [13].....	11
Obr. 5 Svařování metodou TIG [14].....	12
Obr. 6 Laserové navařování [17].....	12
Obr. 7 Svařování plazmou [18].....	13
Obr. 8 Závislé zapojení plazmového hořáku [11].....	14
Obr. 9 Podávání přídatného materiálu do svarové lázně [19].....	15
Obr. 10 Plazmový hořák PHP 140 V [22].....	15
Obr. 11 Plazmový hořák PHP 160 V [22].....	16
Obr. 12 Plazmový hořák PHP 250 UF [22].....	17
Obr. 13 Plazmový hořák PHP 250 S [22].....	18
Obr. 14 Přídatný materiál ve formě drátu [24].....	20
Obr. 15 Přídatný materiál ve formě prášku [25].....	20
Obr. 16 Navařovací automat PPC 250 PTM [22].....	21
Obr. 17 Postup penetrační zkoušky [28].....	25
Obr. 18 Preparace vzorku [31].....	26
Obr. 19 Mechanické leštění vzorku [-].....	26
Obr. 20 Leptání [31].....	27
Obr. 21 Tvrdoměr od firmy Struers [35].....	27
Obr. 22 Zkouška tvrdosti podle Brinella [33].....	28
Obr. 23 Zkouška tvrdosti podle Rockwella [34].....	28
Obr. 24 Zkouška tvrdosti podle Vickerse [33].....	29
Obr. 25 Druhy žíhání zobrazeny v diagramu Fe – Fe ₃ C [38].....	30
Obr. 26 Rekrystalizační žíhání [38].....	30
Obr. 27 Žíhání na odstranění (snížení) pnutí [38].....	31
Obr. 28 Žíhání na měkko [38].....	31
Obr. 29 Normalizační žíhání [38].....	32
Obr. 30 Izotermické žíhání [38].....	32
Obr. 31 Homogenizační žíhání [38].....	33
Obr. 32 Tvar návaru dle preWPS.....	37
Obr. 33 Umístění jednotlivých housenek.....	38
Obr. 34 Předehřev součásti pomocí plamene.....	39
Obr. 35 Návar první housenky.....	40
Obr. 36 Návar druhé housenky.....	41
Obr. 37 Návar třetí housenky.....	42
Obr. 38 Návar čtvrté housenky – první vrstva.....	43
Obr. 39 Návar páté housenky.....	44
Obr. 40 Návar šesté housenky.....	45
Obr. 41 Návar sedmé housenky – druhá vrstva.....	46
Obr. 42 Součást uložená v křemičitém písku.....	47
Obr. 43 Makrostruktura návaru.....	48
Obr. 44 Mikrostruktura základního materiálu.....	49
Obr. 45 Mikrostruktura tepelně ovlivněné oblasti.....	49
Obr. 46 Mikrostruktura návaru.....	50
Obr. 47 Umístění vpichů při měření tvrdosti.....	50

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Chemické složení oceli X10CrMoVNb9-1 (1.4903, A 182 F91) [8].....	10
Tab. 2 Chemické složení kobaltové slitiny Stellite 21 [9], [10].....	10
Tab. 3 Parametry plazmového hořáku PHP 140 V [22].....	16
Tab. 4 Parametry plazmového hořáku PHP 160 V [22].....	16
Tab. 5 Parametry plazmového hořáku PHP 250 UF [22].....	17
Tab. 6 Parametry plazmového hořáku PHP 250 S [22].....	18
Tab. 7 Rozdělní wolframových elektrod [23].....	19
Tab. 8 Základní údaje stroje PPC 250 PTM [22].....	21
Tab. 9 Technické parametry stroje PPC 250 PTM [22].....	22
Tab. 10 Parametry používaných plynů [22].....	22
Tab. 11 Parametry chlazení plazmových hořáků [22].....	22
Tab. 12 Parametry podavače prášku [22].....	22
Tab. 13 Chemické složení Stellite 6 [9], [47].....	35
Tab. 14 Mechanické vlastnosti Stellite 6 [47].....	35
Tab. 15 Tvrdost v závislosti na teplotě u Stellite 6 [49].....	35
Tab. 16 Mechanické vlastnosti Stellite 21 [11].....	35
Tab. 17 Tvrdost v závislosti na teplotě u Stellite 21 [50].....	35
Tab. 18 Chemické složení Stellite 25 [9], [51].....	36
Tab. 19 Mechanické vlastnosti Stellite 25 [51].....	36
Tab. 20 Údaje z dokumentu preWPS.....	37
Tab. 21 Porovnání údajů z preWPS a skutečných údajů.....	38
Tab. 22 Parametry první housenky.....	40
Tab. 23 Parametry druhé housenky.....	41
Tab. 24 Parametry třetí housenky.....	42
Tab. 25 Parametry čtvrté housenky.....	43
Tab. 26 Parametry páté housenky.....	44
Tab. 27 Parametry šesté housenky.....	45
Tab. 27 Parametry sedmé housenky.....	46


SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Žíhaní na snížení zbytkového pnutí.....	47
Graf 2 Průběh tvrdosti prvního vzorku.....	51
Graf 3 Průběh tvrdosti druhého vzorku	51

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Předběžná specifikace svařovacího postupu preWPS
Příloha 2 PPC 250 PTM - Plazma
Příloha 3 Protokol o tepelném zpracování
Příloha 4 Protokol o vizuální zkoušce
Příloha 5 Protokol o penetrační zkoušce
-

P íloha 1	Pre-Welding Procedure Specification acc. to EN ISO 15 609 -1		preWPS						
	Hardfacing overlay		6.4_ST21_5_17S_EN						
P edb ýná specifikace sva ovacího postupu dle EN ISO 15 609-1		Tvrdonávar							
Welding Process/Metoda: 152 - machine / strojní		Supporting/Související WPQR: none / není							
Type of Weld/Typ svaru: hardfacing overlay weld / tvrdonávar		Application/Aplikace: EN ISO 15614-7							
Backing/Podložka: Base material/základní materiál		Manufacturer/Výrobce: CCI Czech Republic s.r.o.							
Base metal / Základní materiál (acc. to/ dle EN ISO 15 608):									
Material 1: 1.4903 (X10CrMoVnB9-1) / A182 F91 Group/ 6.4 Outside Dia./Vn íjý ϕ : 128 mm Thickness/Tlouý ka: 20 mm									
Remark/Poznámka:									
Filler Material / Sva ovací materiál:		Joint Design / Tvar spoje:							
Classification: EN 14700: P Co1									
Klasifikace: DEW CELSIT 21-P (Stellite 21)									
Designation: DEW CELSIT 21-P (Stellite 21)									
Ozna ení:									
Náhrada / Replace:									
Filler metal product form / Formu sva ovacího mat.: powdered metal - homogenous kovový prázek - homogenní									
Drying of F.M./Suyení sva . mat.: none / není		Remark/Poznámka:							
Gas / Plyn:		%							
Shielding/Ochranný:		I/hour							
Plasma feed g. / Plazmový:		99,999 800							
Transport / Dopravní:		99,999 180							
Remark/Poznámka:		99,999 150							
Ar 5,0 - I1 acc. to EN ISO 14175									
Position / Pozice: PA		Finished overlay thickness / Opracovaná tlouý ka návaru: demand min. 3,65 mm							
		Overlay finish / Opracování návaru: machined							
Preheat / P edeh ev:		Interpass:		Soaking/Doh ev:					
Preheat Temp./Teplota p edeh evu: min. 250 °C		max. 450 °C		none °C - h					
Device/Za ízení*		Remark / Poznámka:		Cooling After W./Ochlazení po sva .: in diatomite powder/v k emelin					
				Temp. Control/Kontrola teploty: Thermochalk, contact thermometer/termok ída, dotyk.teplom.					
				Preheating in furnace or by flame / P edeh át v peci nebo plamenem					
Post Weld Heat Treatment / Tepelné zpracování po sva ování:									
Type/Typ: PWHT		Temperature/Teplota: 750 °C		Holding Time/ as výdrýe*: 120 min					
				Heating Rate / Rychl. oh evu: 100 °C/h					
				Cooling Rate / Rychl. ochlaz.: 100 °C/h					
				Remark / poznámka:					
Post-heating for hydrogen release / Doh ev pro snížení obsahu dif.vodíku:									
none		Temperature/Teplota: - °C		Time / as: - min					
Technique / Technika sva ování:									
Tungsten El./Wolframová elektroda: ϕ 4,0 mm		Type: WLa 15							
Type of Bead/Tvar housenky: N.A.		Pulsing/Pulzace: N.A.							
Oscillation/Oscilace: Amplitude / Amplituda: 15-25 mm;		Speed / Rychlost: 10 mm/s;		Dwell time / Doba prodlevy: 0,2-0,6 sec					
Transfer mode / Reým p enosu: transferable constricted arc		Torch to work piece distance / Vzdálenost ho ák - výrobek: 10 mm		Single or multiple layer: mutli					
Filler metal delivering / Podávání práýku: through the torch / skrz ho ák		Torch orifice diameter / Pr m r otvoru ho áku: ϕ 8,0 mm		Jednovrstvý nebo vícevrstvý: vícevrstvý					
Surface Preparation/P íprava povrchu: machining/obráb ní		Method of Cleaning/Metoda íýt ní: mech.brushing/mech.kartá o		Remark/Poznámka:					
Welding Parameters / Sva ovací parametry:									
Layer(s) / pass	Process	Filler Material/ Sva ovací materiál		Type/Polarity	Amperage/ Proud (A)	Voltage/ Nap tí (V)	Powder feed rate/ Podávání práýku(g/min)	Travel speed/ Pos.rychlost (cm/min)	Heat input Q/ Vnesené teplo(KJ/mm)
Vrstva / housenka	Metoda	Particle size (μ m)	Classification/Klasifikace	Typ /Polarita					
1+n	152	63 - 200	DEW CELSIT 21-P	DC/-	150-170	23-25	7 - 11	0,07 - 0,10	
2+n	152	63 - 200	DEW CELSIT 21-P	DC/-	150-170	23-25	7 - 11	0,07 - 0,10	
Remarks / Poznámky:									
Welding equipment / Sva ovací za ízení - plasma automat PPC 250 PTM									
Minimum required hardenss 27 HRC. / Minimální požadovaná tvrdost 27 HRC.									
preWPS 6.4_ST21_5_17S_EN		Prepared by/P ípravil:		Approved by/Schválil:	Date/Datum: 29.01.2018	Revision/Revize: 0	Page/Strana: 1/1		

No. of document:	Revision:	Integrated Management System	
CZ-FO-29.1	1		

Záznamový list

PPC 250 PTM - PlazmaOperátor č.: 28Datum: 30.1.2018 Poř. č.:

Číslo průvodky:

Číslo projektu:

Název výrobku: TEST $\phi 128 \times 20 \text{ mm}$

Číslo výkresu:

WPS: preWPS C.4-ST21-5-17S-ENMateriál: A 182 F91

Typ prášku:

Stellite 6 Stellite 25 Stellite 21

Tavba č.:

254 993

Typ sklíčidla:

315 mm 630 mm bez podpěry s podpěrou

Typ hořáku:

PHP 250 S PHP 250 UF PHP 160 V PHP 140 V

Způsob předehřevu:

plamenem žihacími dečkami v peci BVD

12001

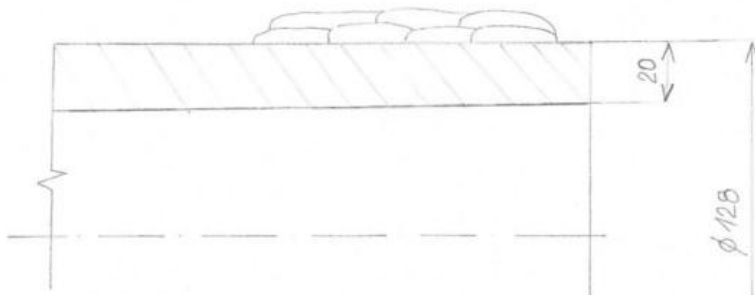
12002


Založil:	Datum / Čas	Teplota °C	Vyložil:	Datum / Čas
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Proud [A]	165	160	160	160					
Šířka pendlu [mm]	15	15	15	15					
Prodleva / Puls [s]	0,3/0,3	0,3/0,6	0,3/0,6	0,3/0,6	/	/	/	/	/
Rychlost pendlu [mm/s]	10	10	10	10					
Prášek [g]	7	8	8	8					
Otáčky [ot/min]	0,085	0,082	0,082	0,082					
Náklon [°]	90	90	90	90					
Osa - X [mm]	777	169							
Osa - Y [mm]	5	5(4)	5(4)	5(4)					
Teplota při staru [°C]	280	305	298	290					

Proud [A]	160	160	160						
Šířka pendlu [mm]	16	16	16						
Prodleva / Puls [s]	0,3/0,3	0,3/0,6	0,3/0,6	/	/	/	/	/	/
Rychlost pendlu [mm/s]	10,5	10,5	10,5						
Prášek [g]	10	10	10						
Otáčky [ot/min]	0,077	0,077	0,077						
Náklon [°]	90	90	90						
Osa - X [mm]	172								
Osa - Y [mm]	5(4)	5(4)	5(4)						
Teplota při staru [°C]	285	310	287						

Nákres:

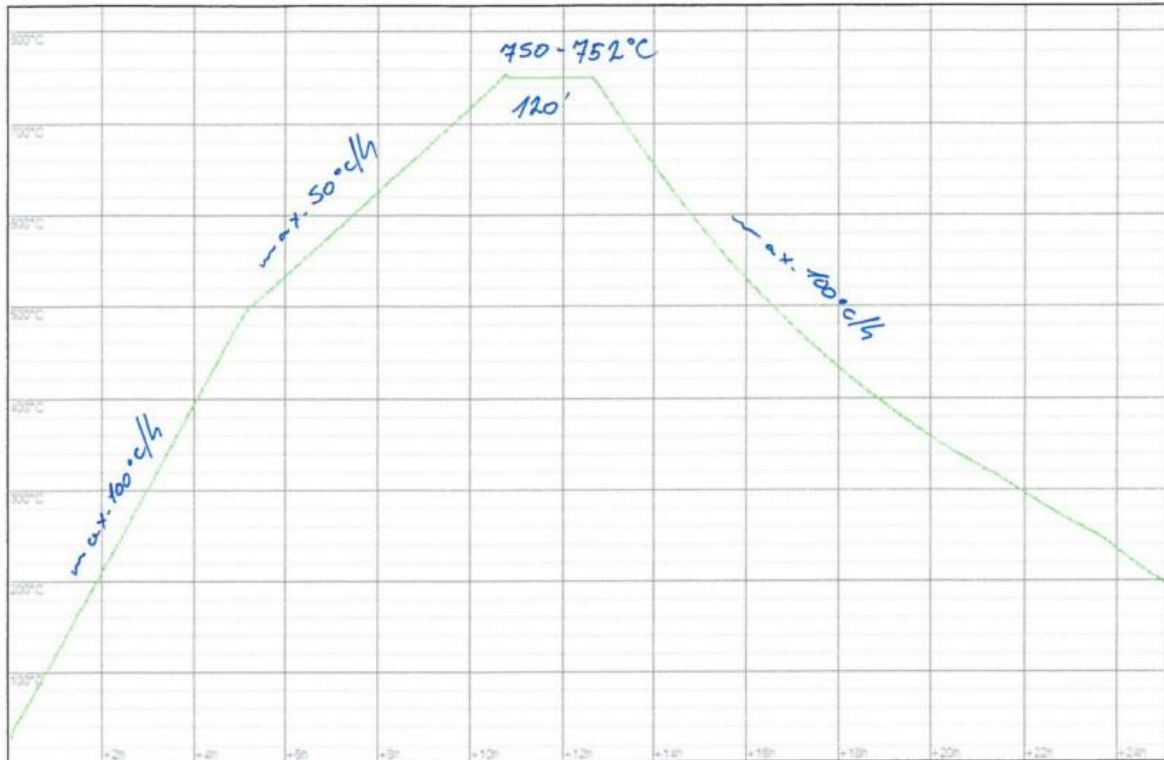


	Author/ Autor:	Approver/ Schvalovatel:	Released/ Uvolnil:	Date/ Datum:	Page/ Strana:
	T. Damm	V.Fruklová	B. Svoboda	4.9.2014	1/2

Heat Treatment Report 2844-2444

Date: 31.01.2018

Equipment Number: 2844




Ch
Ex

10

Procedure No: SWA-23_rev.0 W&C Plan No: Heat Treatment Sequence: Drawing No: Test kus - dipl. práce Actual max. heat rate1(c/h) 100 Actual max. heat rate2(c/h) 50 Actual holding temp (c) 750-752 Actual holding time (min) 120 Actual max. cool rate (c/h) 100 Setting HT Parameters: 100/500/50/750/120/100	Routing Sheet No: 137604 Weld Seam No: Stellit 21 Batch Thermocouples T1/9680/15 CCI Project No: 2018_WELD Manufacturing No: 2018_WELD Serial No: Heat Treatment Report No: Local - 2844 - 2444 Others Test kus 1.Pc/ks
---	---


Škranc Filip
Operators




01.02.2018

Issuing Date

CCI Czech Rep. s.r.o
K letišti 1804/3
62700 Šlapanice

No. of document:	Revision:	PROTOKOL O VIZUÁLNÍ ZKOUŠCE REPORT OF VISUAL EXAMINATION	
VT1.1	3		
VT_2018 / 172A			

Zákazník/Customer: IMI CCI Brno

Údaje o objektu	Projekt: <i>Project:</i>	2018_Weld		Výrobce: <i>Manufacturer:</i>	CCI Czech Republic s.r.o.	
	Výrobní číslo: <i>Manufacturing No./VO No.:</i>	2018_Weld		Počet kusů: <i>Pieces:</i>	1	
	Zkoušená část: <i>Examined part:</i>	Stellite surface after final machining / Test kus		Výkres: <i>Drawing No.:</i>	Test kus - dipl.práce	
Object Data	Materiál: <i>Material:</i>	1.4903/A182 F91 + Stellite 21		Rozměry, tloušťka: <i>Dimensions, thickness:</i>	See drawing	
	Metoda svařování: <i>Welding process:</i>	141 - A	Rozsah zkoušky: <i>Extent of ex.:</i>	100%	Svařec č.: <i>Welder Nr.:</i>	28
	Stav zkušeb. povrchu: <i>Surface preparation:</i>	opracován - machined		Tepelné zpracování: <i>Heat treatment:</i>	after PWHT	
	Číslo Průvodky: <i>Routing sheet Nr.:</i>	137604		Číslo operace: <i>Operation Nr.:</i>	25	

Technické údaje o zkoušce Technical Data	Specifikace zkoušky: <i>Specification:</i>	EN ISO17637 Edition 2011		Kritéria přípustnosti: <i>Acceptance acc. to:</i>	EN ISO 15614-7
	Pracovní návodka: <i>Written procedure:</i>	-		Zk. postup: <i>Ex. procedure.:</i>	CZ-W_VT1 rev. 9
	Metoda zkoušení: <i>Technique used:</i>	přímá vizuální kontrola direct visual test		Měřicí zařízení : <i>Gauge:</i>	zrcátko, svarová měřka mirror, weld gauge
	Osvětlení: <i>Lighting:</i>	2050 lux		Luxmetr: <i>Visible light meter:</i>	Testo 540 v.č. 39007488/811

Výsledek zkoušky/Result :

Seriové číslo: 2018_Weld-01 vyhovuje - acceptable
Serial Nr.:


Poznámky: -
Remarks:

Datum zkoušky: 08.02.2018
Date of examination:

Zkoušející: Lubomír Malenda Level: II
Examiner: 101-02709

Vyhodnotil: Lubomír Malenda Level: II **Podpis:**  **Datum:** 08.02.2018
Evaluted: 101-02709 **Sign:**  **Date:**

Místo provedení zkoušky: CCI Czech Republic s.r.o.
Place of examination

	Author/ Autor:	Approver/ Schvalovatel:	Released/ Uvolnil:	Date/ Datum:	Page/ Strana:
	QA-E	QM	MR	24.02.2012	1/1

No. of document:	Revision:	PROTOKOL O PENETRAČNÍ ZKOUŠCE REPORT OF PENETRATION EXAMINATION	
PT1.2	2		
PT_2018 / 76A			

Zákazník/ Customer: IMI CCI Brno

Údaje o objektu	Projekt: Project:	2018_Weld		Výrobce: Manufacturer:	CCI Czech Republic s.r.o.	
	Výrobní číslo: Manufacturing No./VO No.:	2018_Weld		Počet kusů: Pieces:	1	
	Zkoušená část: Examined part:	Stellite surface after final machining / Test kus		Výkres: Drawing No.:	Test kus - dipl.práce	
Object Data	Materiál: Material:	1.4903/A182 F91 + Stellite 21		Rozměry, tloušťka: Dimensions, thickness:	See drawing	
	Metoda svařování: Welding process:	141 - A	Rozsah zkoušky: Extent of ex.:	100%	Svařec č.:	28
	Stav zkušeb. povrchu: Surface preparation:	opracován - machined		Tepelné zpracování: Heat treatment:	after PWHT	
	Číslo Průvodky: Routing sheet Nr.:	137604		Číslo operace: Operation Nr.:	25	

Technické údaje o zkoušce	Specifikace zkoušky: Specification:	EN ISO 3452-1 Edition 2013		Kritéria přípustnosti: Acceptance acc. to:	EN ISO 15614-7	
	Zkušební postup: Examination procedure:	CZ-W-PT1, rev.7		Pracovní návodka: Written procedure:	-	
	Označení zkušebního systému: System designation:	II C d		Zk. prostředek-výrobce: Manufacturer of penetrant materials:	Helling	
Technical Data	Penetrant: Penetrant:	Kontrastor U88 charge Nr. 3030	Čistič: Cleaner:	Reiniger U87 charge Nr. 4032	Vývojka : Developer:	Entwickler U89 charge Nr. R 33188
	Předčištění: Pre-cleaning:	Reiniger U87 charge Nr.4032	Sušení: Drying:	odpařením evaporation	Teplota povrchu: Surface temper.:	23 °C
	Způsob nanášení: Method of penetrant application:	štetcem brushing		Penetrační čas: Dwell time:	15 min	
	Přídav. osvětlení: Lighting equipment:	Bosch GLI	Intenzita osvětlení: Light intensity:	2050 lux	Doba sušení: Drying time:	5 min
	Vyvolávací čas: Developing time:	10 min	Luxmetr: Luxmeter:	Testo 540 v.č. 39007488/811	Hodnoceno po: Evaluation time:	1. 1 min final 10 min

Výsledek zkoušky/Result:

Seriové číslo: 2018_Weld-01 nevyhovuje - not acceptable
Serial Nr.:

Poznámky: Nepřipustná lineární indikace 4mm a 2x okrouhlé spojené

Remarks:


Datum zkoušky: 08.02.2018

Date of examination:

Zkoušející: Lubomír Malenda Level: II
Examiner: 101-02709

Vyhodnotil: Lubomír Malenda Level: II Podpis:  Datum: 08.02.2018
Evaluated: 101-02709 Sign:  Date:

Místo provedení zkoušky: CCI Czech Republic s.r.o.
Place of examination

	Author/ Autor:	Approver/ Schvalovatel:	Released/ Uvolnil:	Date/ Datum:	Page/ Strana:
	QA-E	QM	MR	24.02.2012	1/1