

Navařování rychlořezných ocelí plazmatem

Monika Boxanová, Pavel Rohan

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie, Technická 4, 166 07 Praha 6 Česká republika

Abstrakt

Navařování plazmatem je v průmyslové praxi často využívanou metodou zvyšování životnosti namáhaných částí strojů nanesením povlaků z vysoce odolných materiálů. Je charakterizováno nižšími pořizovacími náklady ve srovnání s navařováním laserem, a lepší ovladatelností procesu než při navařování MIG, MAG. Rychlořezné oceli jsou běžně využívaným materiálem pro svoji tvrdost, odolnost proti abrazi, erozi a dalším nepříznivým vlivům. Nástroje z rychlořezných ocelí jsou vyráběny metodami klasické, případně práškové metalurgie. Studie provedená v rámci této práce zpracovává vliv navařovacích parametrů na vlastnosti deponovaných povlaků z rychlořezných ocelí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Navařování plazmatem - PTA; rychlořezné oceli; tvrdost; navařovací parametry

1. Úvod

Metoda navařování plazmatem, anglicky Plasma Transferred Arc (dále PTA) je v průmyslové praxi často využívaná technologie pro nanášení odolných povlaků nebo opravy a renovace opotřebovaných součástí. Je užívána především pro zvyšování životnosti namáhaných dílů. Využívá se pro namáhané partie sklářských forem, těsnící plochy průmyslových armatur, případně řezné hrany lisařských forem.

Při metodě PTA je jako přídavný materiál použit drát nebo prášek. Z pohledu ekonomického záleží na samotném složení prášku. Plazmový plyn zde slouží zároveň jako plyn ochranný a podávací plyn. Jako plyn je obvykle užíván argon. [2]

U metody PTA elektrický oblouk hoří mezi wolframovou elektrodou (katoda) a vodivým základním materiálem (anoda). Tento typ oblouku se nazývá jako přenesený. Plazmový oblouk dosahuje teplot až 25 000 °C.

PTA je vedle svých nesporných výhod charakterizováno problémy týkajícími se deformací navařovaného dílu, tvaru, promísení, případně hloubky provaření výsledného návaru. Mezi hlavní parametry, které regulují výsledný vzhled a vlastnosti návaru, patří rychlost posuvu hořáku, průtok plynů, vzdálenost hořáku od základního materiálu a rychlost podávání přídavného materiálu. Jedním ze způsobů jak snížit tepelné ovlivnění základního materiálu, je použití pulzního proudu.

Pulzace plazmového proudu je doposud nepříliš využívaným způsobem modifikace teplotního režimu při navařování. Předpokladem této práce je dosažení

vyšší tvrdosti a jemnozrnější struktura návaru při použití pulzního proudu.

2. Experiment

2.1. Svařovací automat a nastavení automatu

Při navařování bylo využíváno navařovacího automatu typu PPC 250 R (KSK, s.r.o., Česká republika). Použité zařízení je možno nastavit na navařovací proud do 250 A při frekvencích 0 – 200 Hz. Je možné ho provozovat v automatizovaném nebo ručním režimu a trajektorii návaru lze seřadit dle šesti os (4 osy hořák, 2 osy polohovadlo).



Obr. 1. Navařovací automat PPC 250 R

Přídavný materiál byl podáván ve formě prášku typu HSS23. Použitá velikost částic byla 80 - 180 μm. Rychlost podávání prášku byla nastavena na hodnotu 9. Tato hodnota byla určena předchozími experimenty jako optimální a odpovídá rychlosti podávání 13,7 g/min, tj. 0,8 kg/hod. Prášek byl před použitím přesušen při 80°C.

Tabulka 1. Chemické složení prášku (hmotnostní % nejvýznamnějších prvků)

C hm%	Si hm%	Cr hm%	Mo hm%	V hm%	W hm%	Fe hm%
1,30	0,36	4,05	5,19	3,18	6,07	zbytek

V rámci tohoto experimentu byly použity programy pro různé frekvence navařovacího proudu při zachování trajektorie hořáku. U každého vzorku byla zvolena rozdílná frekvence navařování, viz. Tabulka 2.

Tabulka 2. Frekvence jednotlivých vzorků

Číslo vzorku	Použitá frekvence [Hz]
1	-
2	20
3	76,9
4	101
5	133,3
6	200
7	170

Pulzace byla volena tak, aby celková energie zůstala konstantní. Hořák byl umístěn ve vzdálenosti 10 mm nad základním materiálem. Argon o čistotě 4.8 byl použit jako podávací, plazmový i ochranný plyn. Rychlost rozkyvu 5,0 mm/s, rychlost kroku 3,0 mm/s. Rozměry návaru byly 50x20mm, krok 2,1 mm a počet housenek 30.

2.2. Průběh experimentu

Základní materiál S355 o tloušťce 15 mm byl nařezán na vzorky 80 x 118 mm. Povrch každého vzorku byl obroušen a očištěn od nečistot a následně byly přivařeny dva termočlánky, a to pomocí stanice pro kapacitní navařování termočlánků. Jeden termočlánek byl umístěn po straně vzorku viz. Obr. 2., druhý ze spodní strany vzorku přibližně ve středu návarové housenky.



Obr. 2. Upnutí vzorku při chlazení ventilátorem

Hodnoty z termočlánků byly zaznamenávány přístrojem ALMEMO 5690-2M, a to po celou dobu navařování a po část doby chlazení.

Vzorky byly postupně upnuty na pracovní stůl svařovacího stroje a na každý byly navařeny dvě vrstvy o rozměrech 20x50mm.

První vrstva byla navařena na vzorek o počáteční pokojové teplotě. Po navaření první vrstvy bylo vyčkáno na klesnutí teploty pod 400 °C a poté byla navařena druhá vrstva. Jednotlivé vzorky se nechávaly dochladnout na stroji pod 200 °C a poté byly odpojeny od termočlánků. Následně vzorky chladly na volném vzduchu až na pokojovou teplotu. Pro urychlení chlazení na stroji bylo použito proudícího vzduchu o pokojové teplotě (pomocí elektrického ventilátoru).

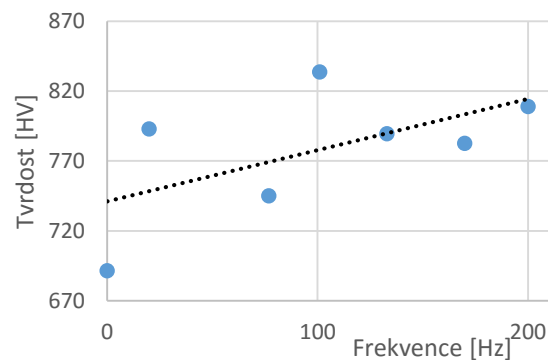


Obr. 3. Vzhled návaru při frekvenci 200 Hz

Po vychladnutí byly vzorky nařezány pomocí vodního paprsku a metalografické pily na výřezy, ze kterých byly vyhotoveny metalografické výbrusy.

2.3. Měření tvrdosti

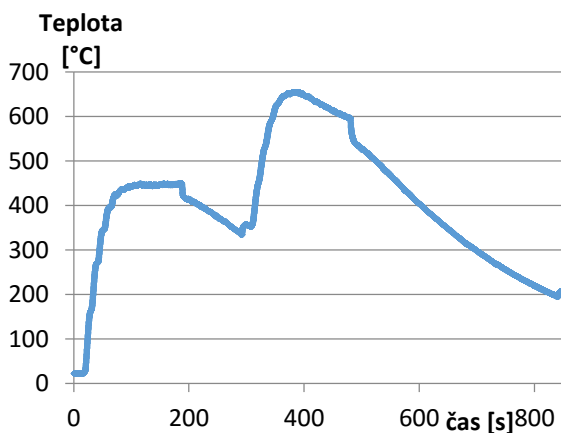
Měření tvrdosti probíhalo na tvrdoměru IndentaMet 1104 (Buehler). Výsledné hodnoty tvrdosti jsou uvedeny na Obr. 4.



Obr. 4. Závislost podpovrchové tvrdosti na frekvenci navařovacího proudu

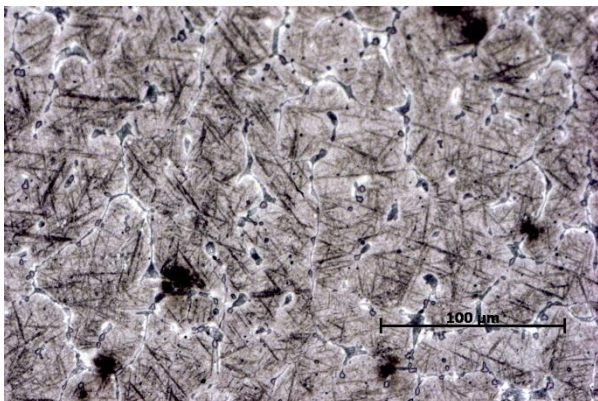
3. Výsledky

Na Obr. 5 je zaznamenán průběh teploty na termočláncu umístěném ze spodní strany vzorku při navařování o frekvenci 200 Hz.

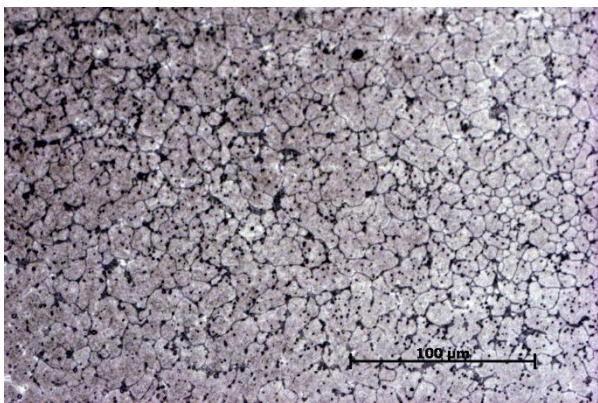


Obr. 5. Průběh teploty při frekvenci 200 Hz

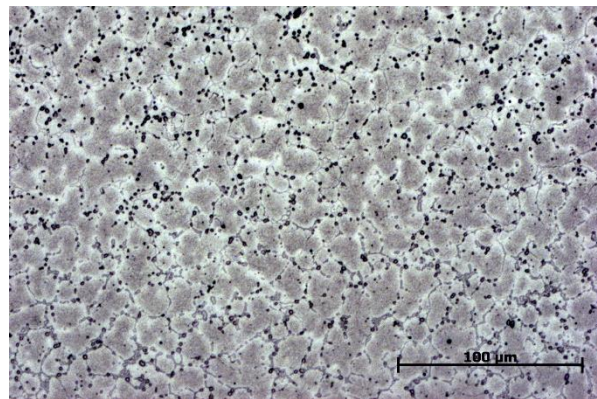
U prvního návaru bylo dosaženo maximální teploty 450 °C, u druhého 651 °C. Zrychlený pokles a následně i skok teploty na grafu je způsoben použitím ventilátoru.



Obr. 6. Mikrostruktura návaru při nulové frekvenci



Obr. 7. Mikrostruktura při frekvenci 76,9 Hz



Obr. 8. Mikrostruktura návaru při frekvenci 200 Hz

Na Obr. 6 je uveden mikrosnímek struktury při nulové frekvenci. Na Obr. 8 je vidět mikrostruktura návaru při 200 Hz, se výraznějšími hranicemi zrn. Karbidické částice jsou ve struktuře rovnoměrně rozloženy. Drobnější okrouhlé částice obsahují dle [3] vanad, lamelové útvary vykazují zvýšený obsah Mo, resp W, Cr byl detekován jako rozpuštěný v matici. Martenzitické jehlice jsou patrné především v mikrostruktuře vzorku 1, což vyplývá z rozdílného teplotního cyklu způsobeného pulzací navařovacího proudu.

Z vyhodnocení tvrdosti navařených vzorků se ukazuje, že tvrdost má stoupající tendenci se vzrůstající frekvencí. Byl tedy potvrzen předpoklad, že se zvyšující se frekvencí pulzace dochází ke zvyšování tvrdosti navařeného povlaku. Pro vzorku s nulovou nebo vyšší frekvencí navařovacího proudu je majoritní fází zodpovědnou za tvrdost martenzit a se vzrůstající frekvencí přebírají hlavní zpevňující fáze karbidické částice.

4. Závěr

Tento experiment se zabýval navařováním rychlořezné oceli HSS23 plazmatem při různých frekvencích a jejím vlivem na výslednou tvrdost návaru. Bylo použito 7 různých frekvencí a nejvyšší tvrdosti 833,84 HV bylo dosaženo při frekvenci 100 Hz, i když je patrná celková tendence zvyšování tvrdosti se zvyšující se frekvencí. Dosažené tvrdosti neodpovídají předpokladům dle ARA diagramu. Navařování nelze totiž považovat za typický teplotní cyklus jako při tepelném zpracování, mimo jiné proto, že stanovení přesné doby a teploty austenitizace při rychlém chladnutí z taveniny při navařování je technicky problematické. Z naměřených tvrdostí byl prokázán vliv frekvence navařovacího proudu na podpovrchovou tvrdost návaru.

Všechny návary byly dokonale propojeny se základním materiálem. Na hranicích se nevyskytly žádné trhliny ani póry.

Vzhledem k tomu, že v oblasti navařování pulzním plazmatem bylo doposud publikováno jen málo prací,

Ize doporučit další výzkum v oblastech mikrostruktury, tvaru a velikosti závaru, promísení a teplotních cyklů při navařování. Pro preciznější vyhodnocení historie teplotního cyklu návaru je v dalších výzkumech potřeba provést detailní měření teplotního pole s termočlánky umístěnými v těsné blízkosti svaru.

Použitá literatura

- [1] D'OLIVEIRA, A.S.C.M., R.S.C. PAREDES a R.L.C. SANTOS. Pulsed current plasma transferred arc hardfacing. *Journal of Materials Processing Technology*. 2006, **171**(2), 167- 174. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmptotec.2005.02.269>. ISSN 09240136. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013605006448>
- [2] DÍAZ, Víctor Vergara, Jair Carlos DUTRA a Ana Sofia Climaco D'OLIVEIRA. Hardfacing by Plasma Transferred Arc Process. 2011. Dostupné také z: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/25058.pdf>
- [3] HWANG, Keun Chul, Sunghak LEE a Hui Choon LEE. Effects of alloying elements on microstructure and fracture properties of cast high speed steel rolls. *Materials Science and Engineering: A*. 1998, **254**(1- 2), 282- 295. DOI: 10.1016/S0921-5093(98)00626-1. ISSN 09215093. Dostupné

také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921509398006261>

- [4] ROHAN, Pavel, Tomáš KRAMÁR a Jaroslav PETR. HSS DEPOSITION BY PTA – FEASIBILITY AND PROPERTIES. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2016, **10**(29), 57-61. DOI: 10.12913/22998624/61933. ISSN 2080-4075. Dostupné také z: <http://www.journalssystem.com/astj/HSS-DEPOSITION-BY-PTA-FEASIBILITY-AND-PROPERTIES.61933.0.2.html>
- [5] GOTNTAREV J., M. DOBERŠEK, J. MEDVED, P. MRVAR. Solidification of hipereutectoid high speed steel for rolls. 2010. ISSN 0543- 5846. Dostupné také z: http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=91399&lang=en
- [6] YANJUN Li, Jiang QICHUAN, Zhao YUGUANG, He ZHENMIN. Improvement of the microstructure and mechanical properties of M2 cast high speed steel by modification. 1996. Dostupné také z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00278096#page-1>
- [7] Firemní materiály HLBORN měřicí a regulační technika spol. s r.o.
- [8] Firemní materiály Dörrenberg Edelmetall GmbH
- [9] Firemní materiály Alro Steel