



WPROWADZENIE

Nowoczesny przemysł wymaga coraz bardziej zaawansowanych technologii wytwarzania, zapewniających niskie koszty produkcji, elastyczność procesów oraz wysoką jakość produktu końcowego. Jedną z możliwych technologii jaką spełnia te wymagania jest metoda szybkiego prototypowania przy użyciu drutu i z wykorzystaniem skoncentrowanego źródła energii elektronów. Technologia ta może być wykorzystywana do wytwarzania prototypów, krótkich serii będąc konkurencją dla odlewania lub technologii ubytkowych jak np. obróbki skrawaniem. Ponadto technologia ta może być wykorzystywana do produkcji elementów, których nie da się wyprodukować inną metodą, jak np.: elementy dla energetyki ze skomplikowanym układem kanałów chłodzących.

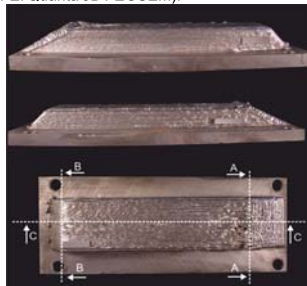
Należy jednak zwrócić uwagę, iż proponowana technologia szybkiego prototypowania bezwzględnie nie gwarantuje uzyskania elementów o wymaganych własnościach mechanicznych i jakościowych, ponieważ sam proces jest mało poznany. W elementach wytwarzanych w ten sposób mikrostruktura może ulegać zmianie w zależności od doboru parametrów technologicznych deponowania kolejnych warstw materiału, dlatego przeprowadzenie diagnostyki mikrostruktury jest kluczowe w rozwoju nowoczesnych technologii wytwarzania materiałów litych.

Proponowane badania wpisują się w ogólnosięwiatowy trend poszukiwania szybkich, tanich i skutecznych metod wytwarzania elementów o skomplikowanych kształtach z kosztownych stopów technicznych metali. Zapotrzebowanie na skuteczne metody szybkiego prototypowania związane jest z rozwojem nowych technologii w przemyśle motoryzacyjnym, lotniczym i budowie maszyn. Znaczenie tych badań polega na stworzeniu naukowych podstaw do zaadaptowania szybkiego prototypowania przy użyciu wiązki elektronów do wytworzenia elementów z drogiej stali odpornej na korozję, których wytwarzanie innymi konwencjonalnymi technologiami jest nieopłacalne lub technicznie niemożliwe do realizacji.

Metodyka badań

Element lity przeznaczony do badań metalograficznych został wykonany w Instytucie Spawalnictwa przy użyciu urządzenia do spawania i modyfikowania powierzchni model XW150:30/756 (Cambridge Vacuum Engineering). Jako materiał dodatkowy, został wykorzystany drut o średnicy 1,2 mm ze stali odpornej na korozję w gatunku LNM307 (Lincoln Electric) – stal typu 18-8. Próby deponowania zostały przeprowadzone na płytach ze stali niestopowej. Powierzchnie płyt przed napawianiem przystosowane zostały wstępnie szlifowane oraz oczyszczone przy użyciu acetonu. Element lity (rys. 1) został wykonany przy następującym zestawie parametrów technologicznych: napięcie przyspieszające 60kV, natężenie prądu wiązki 15 mA, prędkość przesuwu stołu 2000 mm/min, prędkość podawania drutu 1000 mm/min, ciśnienie wewnątrz komory $5 \cdot 10^{-5}$ mbar.

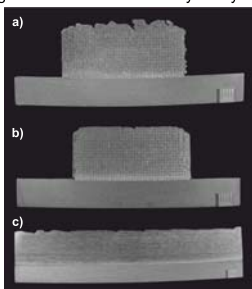
Badania metalograficzne przeprowadzono w Instytucie Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w przekrojach poprzecznym i wzdłużnym w stosunku do kierunku deponowania. Badania mikrostrukturalne prowadzono na próbkach wytrawionych w odczynniku o następującym składzie: 100ml alkoholu etylowego, 100ml HCl, 5g CuCl₂. Przeprowadzono analizę fazową (dyfraktometr Philips PW1710, anoda Co), badania przy użyciu mikroskopii świetlnej (Leica DM IRM / Neophot 32 Carl Zeiss) i skaningowej (FEI Quanta 3D FEGSEM).



Rys. 1. Widok wykonanego elementu litego (20 warstw, 42 ściegi w jednej warstwie) po procesie szybkiego prototypowania, A-A, B-B, C-C – miejsca wykonania badań makroskopowych

WNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Celem pracy było przeprowadzenie charakterystyki mikrostrukturalnej materiału wytworzonego przy użyciu technologii szybkiego prototypowania wiązką elektronów. Badania metalograficzne makroskopowe wykonano na elemencie litym na przekroju poprzecznym na początku (A-A), na końcu (B-B) elementu oraz w przekroju wzdłużnym (C-C), zgodnie z oznaczeniami przedstawionymi na rysunku 1. Na rysunku 2 przedstawiono wyniki badań metalograficznych makroskopowych wykonanego elementu. Badania nie wykazały niezgodności spawalniczych.

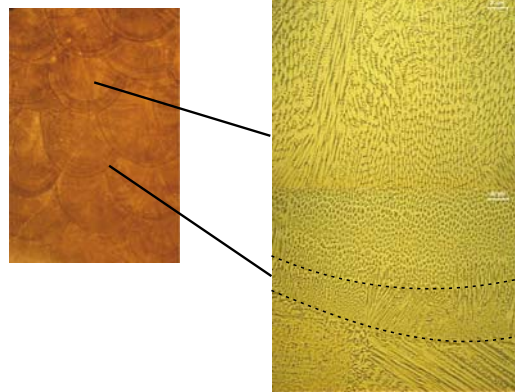


Rys. 2. Makrostruktura elementu litego (rys. 1) w przekroju, a) A-A, b) B-B i c) C-C

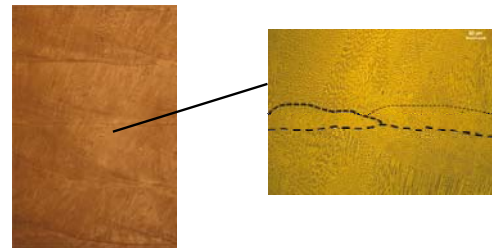
Charakterystyka mikrostrukturalna materiału deponowanego drutem ze stali odpornej na korozję przy użyciu wiązki elektronów

Autorzy:
Lukasz Rogal¹, Jan Dutkiewicz¹, Damian Kalita¹, Marek St. Węglowski², Sylwester Blacha², Robert Jachym¹
¹Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN, Kraków, Polska
²Zakład Badań Spawalności i Konstrukcji Spawanych, Instytut Spawalnictwa, Gliwice, Polska

Szczegółowa analiza mikrostrukturalna na przekroju prostopadłym do kierunku deponowania (rys. 3) wykazała, że wewnątrz stref przetopionych występuje mikrostruktura komórkowo-dendrytyczna. Równocześnie zaobserwowano znaczne rozdrobnienie ziarna w strefie przetopienia bezpośrednio kontaktującym się z wcześniej osadzonymi warstwami materiału – związane to jest prawdopodobnie z szybszym odprowadzaniem ciepła. Podobną różnicę w budowie mikrostrukturalnej zaobserwowano na przekroju równoległym do kierunku deponowania (rys. 4).

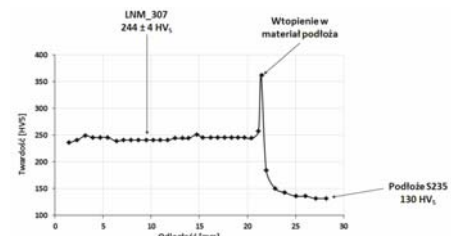


Rys. 3. Typowa mikrostruktura elementu litego w przekroju prostopadłym do kierunku deponowania



Rys. 4. Typowa mikrostruktura elementu litego w przekroju równoległym do kierunku deponowania

Przeprowadzone pomiary twardości wykazały, że materiał deponowany charakteryzuje się równomierną twardością ok. 244 HV_{0,05}. Wzrost twardości obserwowany jest jedynie w obszarze wymieszania z materiałem podłoża >350HV_{0,05}. Zaobserwowano również różnice w składzie chemicznym pomiędzy materiałem deponowanym a obszarem wymieszania (tablica 1).



Rys. 5. Rozkład twardości w elemencie próbnym

Miejsce	Skład chemiczny [wt.%]			
	Cr	Ni	Mn	Fe
Strefa wymieszania	14,7	4,2	3,4	77,8
LNM307 górna część	19,8	8,0	5,0	67,3
Nominalnie	18,6	8,0	7,1	66,3

Tablica 1. Skład chemiczny w materiale deponowanym przy użyciu wiązki elektronów

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- wykorzystując wiązkę elektronów możliwe jest wytworzenie elementu litego ze stali typu 18-8,
- mikrostruktura materiału deponowanego składa się z ferrytu i austenitu. Jest to struktura komórkowo-dendrytyczna. Ponadto występuje znaczne rozdrobnienie ziarna w strefie przetopienia bezpośrednio kontaktującej się z wcześniej osadzonymi warstwami materiału,
- średnia twardość materiału deponowanego przy użyciu wiązki elektronów wynosi 244HV_{0,05},
- skład chemiczny materiału deponowanego różni się nieznacznie od wartości podanych w atescie producenta drutu spawalniczego.

Badania zostały zrealizowane w ramach projektu pt. „Wieloskalowa analiza procesów fizykochemicznych podczas szybkiego prototypowania z wykorzystaniem skoncentrowanych źródeł energii w aspekcie kształtowania mikrostruktury i własności mechanicznych tworzyw metalicznych” nr umowy UMO-2016/23/B/ST8/00754 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

Kontakt:

Marek St. Węglowski
Instytut Spawalnictwa
ul. Bł. Czesława 16-18, 44-100 Gliwice
tel. +48 32 33 58 236
fax. +48 32 23 14 652
Marek.Weglowski@is.gliwice.pl

60. KONFERENCJA
SPAWALNICZA
MIĘDZYNARODOWA

16-18 października 2018 r. - Sosnowiec

**SPAWALNICTWO
W DOBIE PRZEMYSŁU 4.0**

