

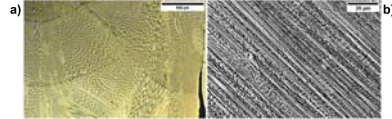


Zastosowanie wiązki laserowej i elektronów w technologii przyrostowej - własności mechaniczne i budowa mikrostrukturalna

Autorzy:
Bogdan Antoszewski¹⁾, Hubert Danielewski¹⁾, Marek St. Węglowski²⁾, Sylwester Blacha²⁾, Robert Jachym²⁾

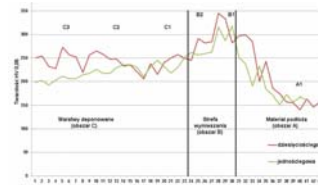
¹⁾Centrum Laserowych Technologii Metali im. Henryka Frąckiewicza Politechniki Świętokrzyskiej i PAN, Kielce, Polska
²⁾Zakład Badań Spawalniczo i Konstrukcji Spawanych, Instytut Spawalnictwa, Gliwice, Polska

Mikrostrukturę materiałów można określić jako komórkowo-dendrytyczną (rys. 4). Jednak ze względu na zmniejszenie strefy oddziaływania z wiązką laserową i elektronową mikrostruktura ta jest bardziej jednorodna. Występują tutaj duże dendrytyczne ziarna, które wydłużone są w kierunku odprowadzania ciepła – w kierunku podłoża. Co więcej, granica stref przetopienia nie jest granicą dla wzrostu ziarna.



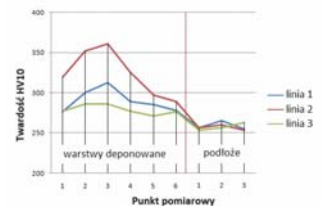
Rys. 4. Typowa mikrostruktura elementu próbnego wykonanego przy użyciu wiązki elektronów: a) mniejsze powiększenie, b) większe powiększenie tego samego obszaru

Przeprowadzony pomiar twardości (rys. 5) na przekroju poprzecznym próbek wykonanych przy użyciu wiązki elektronów wskazuje, że materiały te są jednorodne. Twardość w materiale deponowanym wynosi od 192 do 245 HV_{0,05} w próbce deponowanej jednościgowo i od 205 do 273 HV_{0,05} w próbce złożonej z 10 warstw. W obszarze wymieszania z podłożem twardość osiąga wartość 350 HV (10 warstw). Wzrost twardości związany jest ze zmianą skład chemicznego spowodowanego wymieszaniem z materiałem podłoża.



Rys. 5. Profil twardości próbki wykonanej przy użyciu wiązki elektronów

W przypadku elementów wytwarzanych przy użyciu wiązki laserowej zaobserwowano, że twardość materiału deponowanego (rys. 6) jest wyższa niż w próbce wykonanej wiązką elektronów. Jest to spowodowane większą prędkością odprowadzenia ciepła. Proces jest prowadzony w atmosferze argonu, natomiast deponowanie wiązką elektronów w próżni.



Rys. 6. Profil twardości próbki wykonanej przy użyciu wiązki laserowej

Przeprowadzone badania wytrzymałościowe na próbkach o przekroju okrągłym wykazały, że własności wytrzymałościowe stopiwa (R_m) są wyższe niż deklarowane przez producenta drutu spawalniczego w gatunku LNM307 (Lincoln Electric) – tablica 1.

	R_{102} (MPa)	R_m (MPa)	A_5 (%)
Wiązka laserowa	-	710	16
Wiązka elektronów	581,0	723,1	37,6
LNM 307	400*	530*	40*

*wartości typowe zawarte w karcie charakterystyki producenta drutu - firmy Lincoln Electric na drut LNM 307

Tablica 1. Wyniki badań własności wytrzymałościowych stopiwa

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań procesu szybkiego prototypowania materiałem dodatkowym w postaci drutu i wiązki laserowej oraz elektronów, można sformułować następujące wnioski:

- proces szybkiego prototypowania przy użyciu wiązki laserowej i elektronów z materiałem dodatkowym w postaci drutu umożliwia wykonanie elementów próbnych przy ściśle określonych parametrach technologicznych,
- materiał deponowany charakteryzuje się mikrostrukturą komórkowo-dendrytyczną. Występują duże dendrytyczne ziarna, które wydłużone są w kierunku odprowadzania ciepła – w kierunku podłoża,
- twardość w materiale deponowanym przy użyciu wiązki elektronów wynosi od 192 do 245 HV_{0,05} w próbce deponowanej jednościgowo i od 205 do 273 HV_{0,05} w próbce złożonej z 10 warstw. W obszarze wymieszania z podłożem twardość osiąga wartość 355 HV.
- twardość w materiale deponowanym przy użyciu wiązki laserowej jest wyższa niż w materiale deponowanym przy użyciu wiązki elektronów i przekracza wartość 350HV₁₀,
- wytrzymałość doznań stopiwa materiału deponowanego wiązką laserową i elektronów jest wyższa niż dane przedstawione w ażeście.

Kontakt:

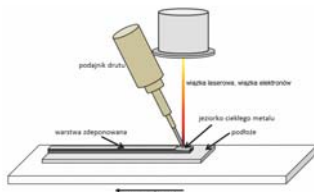
Prof. dr hab. inż. Bogdan Antoszewski
Centrum Laserowych Technologii Metali
im. Henryka Frąckiewicza Politechniki
Świętokrzyskiej i PAN
Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
25-314 Kielce
tel. 41 342 45 04
kirba@tu.kielce.pl

dr inż. Marek St. Węglowski
Instytut Spawalnictwa
ul. Bł. Czesława 16-18, 44-100 Gliwice
tel. 32 33 58 236
Marek.Weglowski@is.gliwice.pl
Narodowe Centrum Nauki.

WPROWADZENIE

We wstępnych fazach rozwoju produktu generowane są najistotniejsze składniki kosztów jego wytwarzania, odnoszące się do funkcji i konstrukcji oraz stosowanych materiałów i technologii. Najistotniejsze etapy w rozwoju nowego wyrobu kończą się zazwyczaj wytworzeniem jego prototypu, który jeszcze w fazie opracowania produktu pozwala na pierwszą wizualną, funkcjonalną, a czasami nawet rynkową ocenę jego cech. Wykonanie prototypu przy użyciu tradycyjnych metod jest długotrwałe i kosztowne. Tradycyjne metody wymagają zazwyczaj dużego nakładu pracy ręcznej oraz pracownika o bardzo wysokich kwalifikacjach zawodowych, co znacznie podnosi koszty. Ręcznie wytwarzany model zakłóca również cykl obiegu informacji elektronicznych pomiędzy poziomem projektowania, a poziomem właściwej produkcji. Technologia szybkiego prototypowania są również użyteczne przy produkcji części zamiennych oraz krótkich i średnich serii, dla których nieopłacalne jest zastosowanie procesów kucia lub odlewania.

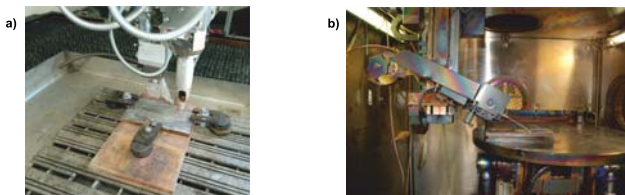
W przypadku rosnącej konkurencji na rynku koncepcja technologii przyrostowych umożliwia skrócenie czasu niezbędnego do wytworzenia prototypu, który jest konieczny już w fazie projektowania produktu. Systemy informatyczne umożliwiają jedynie przygotowanie modelu wirtualnego, na podstawie którego stworzony może być, wyłącznie przy wykorzystaniu technik przyrostowych, model fizyczny. Do najpopularniejszych technologii należą: stereolitografia, nakładanie stopionego materiału – FDM, selektywne spiekanie laserowe – SLS, stapianie metali wiązką elektronów w próżni – EBM, bezpośrednio laserowe spiekanie metali – DMLS, wytwarzanie obiektów z laminatu – LOM, drukowanie trójwymiarowe. Większość dostępnych i rozwijanych technologii umożliwia jednak jedynie przygotowanie modelu z tworzywa sztucznego. Zastosowanie jednak materiału dodatkowego w postaci drutu oraz wiązki laserowej lub elektronów jako źródła energii pozwala na wytwarzanie prototypów również ze stopów metali.



Rys. 1. Schemat procesu szybkiego prototypowania wiązką laserową i elektronów przy użyciu drutu

Metodyka badań

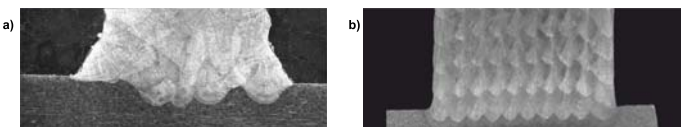
Próby technologiczne były prowadzone na płytach ze stali niestopowej. Powierzchnie płyt przed napawaniem przyrostowym zostały wstępnie sfrezowana oraz oczyszczone przy użyciu acetonu. Jako materiał dodatkowy, został wykorzystany drut o średnicy 1,2 mm ze stali odpornej na korozję w gatunku LNM307 (Lincoln Electric) – stal typu 18-8. Badania technologiczne były przeprowadzone przy użyciu lasera CO₂, TruLaserCell 1005 o mocy 6 kW (Centrum Laserowych Technologii Metali) – rys. 2a, oraz urządzenia do spawania i modyfikowania powierzchni model XW150:30/756 (Cambridge Vacuum Engineering) będącego na wyposażeniu Instytutu Spawalnictwa – rys. 2b. Urządzenia zostały wyposażone w podajniki drutu umożliwiające wykorzystywanie materiałów dodatkowych w postaci szpuli o wadze do 15 kg. Badania przeprowadzono przy stałym pozycjonowaniu końcówki drutu względem wiązki laserowej i elektronów. Elementy próbne wytwarzane przy użyciu wiązki laserowej zostały wykonane przy następującym zestawie parametrów technologicznych: moc wiązki 2700 W prędkość podawania drutu 1500 mm/min, prędkość przesuwu 1500 mm/min. Jako gaz osłonowy zastosowano argon. W przypadku wiązki elektronów napięcie przyspieszające wynosiło 60kV, natężenie prądu wiązki 15 mA, prędkość przesuwu stołu 2000 mm/min, prędkość podawania drutu 1000 mm/min, a ciśnienie wewnątrz komory było na poziomie 5·10⁻³ mbar.



Rys. 2. Wzajemne usytuowanie podajnika drutu względem materiału podłoża: a) wiązka laserowa, b) wiązka elektronów

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Celem pracy było przeprowadzenie badań eksperymentalnych dotyczących określenia warunków technologicznych procesu szybkiego prototypowania za pomocą wiązki laserowej i elektronów z materiałem dodatkowym w postaci drutu litego oraz przeprowadzenie badań metalograficznych i własności mechanicznych deponowanego materiału. Na rys. 3 przedstawiono wyniki badań metalograficznych makroskopowych elementów próbnych.



Rys. 3. Makrostruktura elementu próbnego wytworzonego przy użyciu wiązki: a) laserowej, b) elektronów

60. KONFERENCJA
SPAWALNICZA
MIĘDZYNARODOWA

16-18 października 2018 r. - Sosnowiec



**SPAWALNICTWO
W DOBIE PRZEMYSŁU 4.0**

