

Regeneracja zaworów silników okrętowych metodą napawania plazmowego

Marine engine valves plasma hard-facing regeneration

Streszczenie

W artykule przedstawiono zastosowanie procesu napawania plazmowego (PTA) do regeneracji zużytych przyłgni zaworów wylotowych okrętowych silników Diesla. Zużyte zawory, po odpowiedniej selekcji, poddano obróbce skrawaniem w celu nadania odpowiedniego kształtu powierzchni przyłgni, a następnie poddano procesowi napawania plazmowego z wykorzystaniem trzech rodzajów proszków na bazie kobaltu. Wybrane proszki charakteryzowały się wysoką zawartością chromu (ok. 30%), niską zawartością niklu (ok. 2%) oraz różnymi zawartościami wolframu (ok. 5÷9%). Napawanie zostało przeprowadzone automatycznie za pomocą urządzenia do napawania plazmowego proszkowego EUTRONIC GAP 200 firmy CASTOLIN. Po napawaniu zastosowano obróbkę skrawaniem w celu nadania wymaganej geometrii oraz gładkości powierzchni. Wykonano badania metalograficzne oraz pomiary mikrotwardości na powierzchni przyłgni oraz na przekroju poprzecznym prostopadłym do powierzchni napoi. Wytworzone warstwy wykazują budowę dendrytyczną, składającą się z roztworu stałego (zawierającego głównie kobalt, żelazo i nikiel) oraz eutektyki węglkowej (bogatej w wolfram, chrom i krzem). Warstwy wykonane z proszku o większej zawartości wolframu wykazały większą twardość na przekroju poprzecznym napoi. Zastosowanie takiej metody regeneracji zaworów może wydłużyć czas ich eksploatacji.

Abstract

The paper examines the application of plasma transfer arc (PTA) hard-facing to regenerate the exhaust valve face used marine diesel engines. Worn jumper, after appropriate selection, were machined in order to give proper shape of face of wear surface and then PTA hard-facing using three types of cobalt-based powders. Selected powders were characterized by a high content of chromium (30%), a low content of nickel (about 2%) and different contents of tungsten (about 5÷9%). Welding was performed automatically using the Castolin EUTRONIC GAP 200. After hard-facing process, machining gives the desired geometry and surface quality. Study was carried out metallographic and microhardness measurements on the face of wear surface and the cross-section perpendicular to the surface of weld metal. A dendritic structure consisting of a solid solution (mainly with cobalt, iron and nickel) and the eutectic carbide (rich in tungsten, chromium and silicon) are observed in the layers. The layers are made of powder with a higher tungsten content show higher hardness on cross-section of weld metal. Using this method of valves regeneration can extend their lifetime.

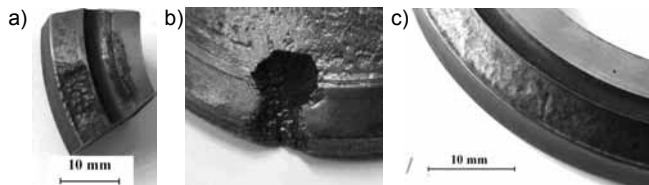
Wstęp

Wiele współczesnych urządzeń, instalacji i ich elementów pracuje w warunkach złożonych obciążeń [1, 2]. Do takich urządzeń zaliczyć można elementy silnika Diesla służącego do napędu statków. Ich zawory

wydechowe są narażone na duże obciążenia mechaniczne o charakterze dynamicznym, pochodzące od ciśnienia spalania i wysokiej temperatury w silnie agresywnym ośrodku spalin. Obciążenia te znacząco wpływają na tempo zużycia zaworów. Szczególnie narażona na zużycie jest stosunkowo wąski obszar styku grzybka zaworu z gniazdem zaworowym. Mimo stosowania do produkcji zaworów stali wysokostopowych obrobionych cieplnie ich trwałość jest niezadowalająca. Do najczęstszych uszkodzeń przyłgni zaworów należą:

- nadpalanie brzegów grzybka spowodowane przepływem gorących gazów o wysokiej temperaturze przez szczelności (rys. 1a),

Dr inż. Hanna Smoleńska, dr hab. inż. Jerzy Łabanowski, prof. PG – Politechnika Gdańska,
mgr inż. Włodzimierz Kończewicz – Akademia Morska w Gdyni.



Rys. 1. Przykłady uszkodzeń przyłgni zaworu wylotowego silnika okrętowego: a) korozja przyłgni – „bruk”, b) zniszczenie przyłgni i podłoża na skutek nieszczelności zaworu – nienaprawialne, c) zużycie przyłgni – naprawialne

Fig. 1. Examples of marine engine exhaust valves damage: a) corrosion of valve face – „wear”, b) the destruction of the valve face and the valve substrate due to a valve leak – irreparable, c) wear of valve face – repairable

- utrata szczelności spowodowana wżerami korozyjnymi wywołana erozyjnym działaniem spalin (rys. 1b),
- pęknięcia, rysy i odpryski wywołane zmęczeniem warstwy wierzchniej przyłgni (rys. 1c).

W celu przedłużenia trwałości zaworów możliwe jest zastosowanie umacniania przyłgni za pomocą wytwarzania warstwy wierzchniej z materiału charakteryzującego się wyższą odpornością na zużycie oraz korozję niż materiał zaworu. Działanie takie może znaleźć zastosowanie w dwóch aspektach:

- wytwarzanie utwardzonej warstwy na nowych zaworach,
- regeneracja odpowiednio wyselekcjonowanych i przygotowanych zaworów uszkodzonych.

Celem podjętych badań był dobór optymalnego składu chemicznego proszku do wykonania napoiny na przyłgni zaworu, która zapewni zachowanie odpowiedniej twardości, odporności na zużycie oraz agresywne działanie gazów spalinowych. Do wytworzenia warstwy wybrano metodę napawania plazmowego jako jedną z najbardziej nowoczesnych technologii wytwarzania warstw wierzchnich. Metodą tą można uzyskać powłoki z materiałów trudno topliwych i trudnościeralnych [3÷5].

Wytwarzanie warstw na przyłgni zaworu

Napawano plazmowo warstwy ze stopów kobaltu na podłożu zaworu wykonanego ze stali zaworowej H10S2M (X40CrSiMo10-2). W tabelicy I przedstawiono skład

Tabela I. Skład chemiczny stali zaworowej (% mas.)

Table I. Chemical composition of steel (% mass)

	C	Cr	Mn	Ni	Si	Mo	P	S
H10S2M wg PN-71/H-86022	0,35±0,45	9÷10,5	max 0,7	max 0,5	1,9±2,6	0,7±0,9	max 0,035	max 0,030
wg analizy chemicznej	0,374	9,34	0,402	0,344	2,46	0,822	0,0162	0,001

Tabela II. Skład chemiczny proszków stosowanych do napawania plazmowego (PTA) przyłgni grzybków zaworów

Table II. Chemical composition of powders used for PTA hard-facing of valves face

Rodzaj proszku	Skład chemiczny, % mas.							
	C	Si	Cr	W	Ni	Mo	Fe	Co
EuTroLoy 16006	1,2	1,2	28,8	4,9	2,2	<0,1	2,0	reszta
EuTroLoy 16012	1,55	1,21	29,7	9,0	2,0	0,01	1,7	reszta
PG5218	1,32	1,25	29,0	5,3	2,1	<0,1	1,9	reszta

chemiczny stali uzyskany w wyniku analizy spektralnej.

Napawanie plazmowe proszkowe – PTA, powierzchni przyłgni prowadzono automatycznie za pomocą urządzenia do napawania plazmowego proszkowego EUTRONIC GAP 200 firmy CASTOLIN. Stano wisko do napawania wyposażono w sterowany numerycznie obrotnik, w którego uchwycie mocowano napawane zawory. W badaniach zastosowano proszki na podstawie kobaltu: EuTroLoy 16006, EuTroLoy 16012 oraz PG 5218. Ich skład chemiczny przedstawiono w tabelicy II. Dobór proszków podyktowany był koniecznością jednoczesnego spełnienia dwóch podstawowych wymagań, tj. zapewnienia wysokiej odporności na ścieranie – stąd wybór stopów typu stellite – a jednocześnie zapewnienie wysokiej odporności na korozję w środowisku spalin. W przypadku silnika okrętowego liczyć się należy z możliwością stosowania paliw o zróżnicowanym składzie chemicznym, w tym także paliw ciężkich ze znaczną zawartością siarki. Takie warunki mogą być szkodliwe dla szeroko stosowanych stopów na bazie niklu ze względu na możliwe przyspieszone ich niszczenie w atmosferze zawierającej siarkę.

W celu ustalenia warunków technologicznych napawania przeprowadzono wstępne próby napawania ściągami po torze kołowym na krążkach ze stali X40CrSiMo10-2, symulując w ten sposób proces napawania przyłgni grzybka zaworu.

Wykonane napoiny próbne zostały poddane badaniom nieniszczącym w celu określenia ich jakości, przez co rozumiano brak pęknięć oraz gładkie i równe lico napoiny. Na podstawie badań wpływu parametrów napawania PTA na jakość i kształt napoin kołowych wykonanych na krążkach ze stali X40CrSiMo10-2 ustalone zostały podstawowe parametry procesu napawania (rys. 2, tabl. III). Próby napawania PTA z ruchem wahadłowym palnika wykazały, że możliwe jest wykonanie warstw o wymaganej szerokości i kształcie, lecz w wyniku dużej energii liniowej napawania może



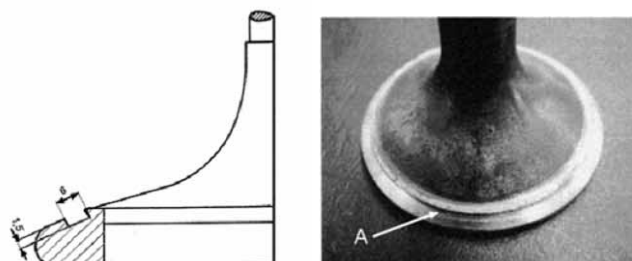
Rys. 2. Napoina jednowarstwowa składająca się z trzech ściągów wykonywana na krążku ze stali X40CrSiMo10-2

Fig. 2. One-layer three-bead padding weld on the X40CrSiMo10-2 steel disc

Tablica III. Warunki technologiczne napawania PTA ściegów kołowych na krążkach ze stali X40CrSiMo10-2 [6]

Table III. Technological parameters of PTA hard-facing of ring beads on the X40CrSiMo10-2 steel discs [6]

Natężenie prądu, A	40÷60
Natężenie przepływu gazu plazmowego, l/min	3
Natężenie przepływu gazu ochronnego, l/min	7÷8
Natężenie przepływu gazu transportującego, l/min	3
Natężenie podawania proszku, g/min	10÷15
Prędkość obrotowa stołu, obr/min	0,8÷1,1



Rys. 3. Schemat i widok przygotowanej przylgni grzybka zaworowego do napawania plazmowego proszkowego PTA, A – wytoczenie przylgni

Fig. 3. Drawing and the view of valve face prepared for PTA powder hard-facing, A – turned groove

wystąpić nadmierne nagrzewanie grzybka zaworu i jego odkształcenie.

Na podstawie wstępnych prób napawania grzybków zaworów stwierdzono, że w celu zapewnienia wymaganego nadkładu na obróbkę wykańczającą zaworów, konieczne jest wykonanie napoin o grubości 4,0÷4,5 mm i szerokości 9÷10 mm. Takie wymiary napoin oraz konieczność ograniczenia wpływu ciepła napawania na grzybek zaworu o małej pojemności cieplnej wymagały wykonania PTA trzema warstwami zawierającymi trzy ściegi, z zakładką ściegów ok. 3 mm. Proces napawania zaworów prowadzono z podgrzewaniem wstępnym grzybka zaworu do temp. ok. 250°C, a temperaturę międzyściegową utrzymywano na poziomie ok. 200°C, w celu zapobieżenia pęknięciom poprzecznym napoiny. Opracowane warunki

technologiczne zapewniają wykonanie ściegów o szerokości ok. 4 mm i grubości w zakresie 1,2÷1,4 mm. Parametry procesu napawania zaworów przedstawiono w tablicy IV. We wszystkich przypadkach zastosowano następujące warunki: gaz plazmowy – argon, gaz podający proszek i gaz ochronny mieszanka MIX 5 (argon + 5% H₂); odległość dyszy palnika od materiału 4÷5 mm. Temperatura podgrzewania wstępnego 250°C; temperatura międzyściegowa – min. 200°C; wymiary ściegu to szerokość ok. 4 mm i grubość 1,2÷1,4 mm.

Do wykonania napoin na zaworach zostały one odpowiednio przygotowane za pomocą obróbki skrawaniem. Powierzchnie przylgni przygotowano przez wykonanie podtoczenia o szerokości ok. 6 mm i głębokości ok. 1,5 mm. Schemat i zdjęcie przygotowanej powierzchni do napawania przedstawiono na rysunku 3.

Po napawaniu warstwa napoiny została obrobiona skrawaniem w celu nadania przylgni odpowiedniego kształtu i wymaganej gładkości.

Ocena właściwości warstw napawanych

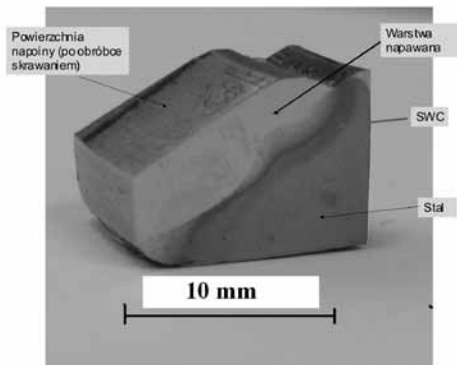
W celu oceny właściwości otrzymanych warstw poddano je badaniom metalograficznym na mikroskopie optycznym oraz skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM), analizom składu chemicznego z wykorzystaniem przystawki EDS oraz pomiarom twardości na przekroju. Do analiz zawory zostały przecięte promieniowo i wykonano z nich próbki zgodnie ze schematem pokazanym na rysunku 4.



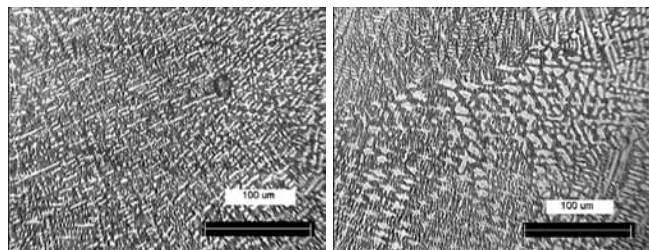
Rys. 4. Przygotowanie próbek do badań mikrostruktury i twardości
Fig. 4. Samples preparation for microstructure and hardness testing

Tablica IV. Warunki technologiczne napawania PTA pojedynczych ściegów powierzchni roboczej grzybków zaworów ze stali X40CrSiMo10-2 [6]
Table IV. Technological parameters of PTA hard-facing of single beads on the X40CrSiMo10-2 valve face [6]

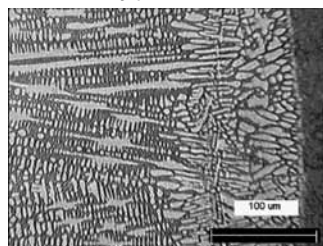
Rodzaj proszku	Warstwa napoiny	Natężenie prądu, A	Natężenie przepływu gazu ochronnego, l/min	Natężenie przepływu gazu transportującego, l/min	Natężenie podawania proszku, g/min
EuTroLoy 16006	1	40÷55	7	3	10÷12
	2	45÷55			
	3	45÷55			
EuTroLoy 16012	1	45÷55	7	3	10÷12
	2	45÷60			
	3	45÷60			
PG 5218	1	40÷45	7	3	10÷12
	2	45÷50			
	3	45÷50			



Rys. 5. Przekrój warstwy napawanej
Fig. 5. Cross-section of the padding weld



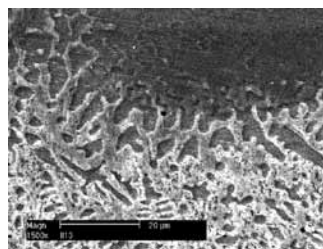
Przy powierzchni Środek napoiny



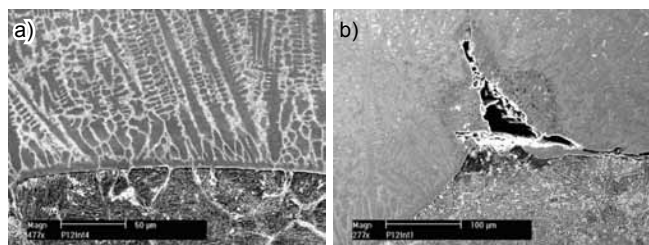
Granica napoina-stal

Rys. 6. SEM; mikrostruktura warstwy napawanej plazmowo wykonanej z proszku EuTroLoy 16006

Fig. 6. SEM; microstructure of PTA hard-facing layer made using the EuTroLoy 16006 powder

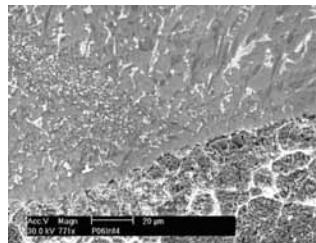


Rys. 7. SEM; mikrostruktura napoiny w miejscu nakładania się ściegów
Fig. 7. SEM; microstructure of weld metal in the beads boundary



Rys. 8. SEM, mikrostruktura napoiny wykonanej z proszku EuTroLoy 16012: a) typowa mikrostruktura napoiny na granicy napoina-stal, b) nieciągłość na granicy napoina-stal

Fig. 8. SEM, microstructure of padding weld made using EuTroLoy 16012 powder: a) typical microstructure on the padding weld-steel boundary, b) padding weld-steel boundary discontinuity



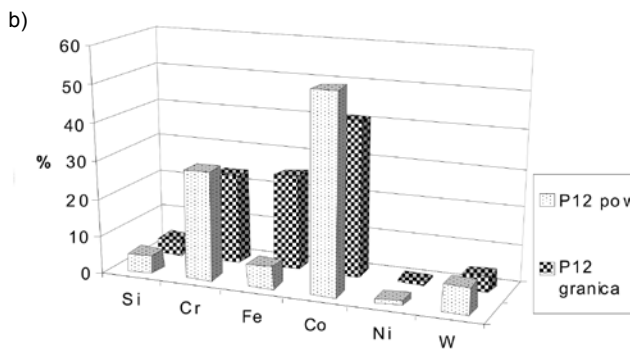
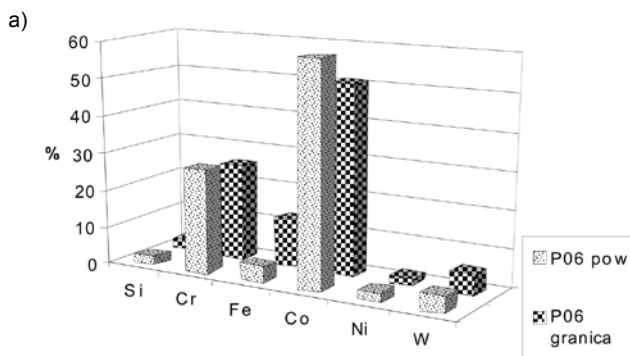
Rys. 9. SEM, mikrostruktura napoiny wykonanej z proszku EuTroLoy 16006; obszar linii wtopienia

Fig. 9. SEM, microstructure of padding weld made using EuTroLoy 16006; fusion line area

Na rysunku 5 przedstawiono fragment zaworu z napawaną przyłgnią po przygotowaniu zglądu metalograficznego na powierzchni przecięcia prostopadłej do powierzchni napoiny. Wyraźnie widoczna jest granica między warstwą stopu kobaltu i podłożem stalowym, a także strefa wpływu ciepła.

Po procesie napawania mikrostruktury napoin wykazywały typowy charakter dendrytyczny, kierunkowy. Na rysunku 6 widoczne są obszary dendrytyczne z austenitu kobaltowego umocnionego roztworowo przez chrom, wolfram i molibden. Eutektyki międzidendrytyczne i węgliki są bogate w chrom, wolfram i krzem. Analiza fazowa wykazała obecność węglików typu $M_{12}C$ (Co_6W_6C) i $M_{23}C_6$ ($Cr_{23}C_6$) [6-9].

Proces napawania prowadzi do zmian składu chemicznego na granicy napoina-stal, co jest konsekwencją procesu mieszania nadtopionego podłoża i stopionego proszku powłoki. Dodatkowy wpływ na strukturę i właściwości ma także technika wykonywania napoiny – wielościągowość z zakładką oraz wielowarstwowość, co prowadziło do ponownego nagrzewania gotowej warstwy podczas nakładania kolejnej warstwy i prowadziło do zmian w mikrostrukturze

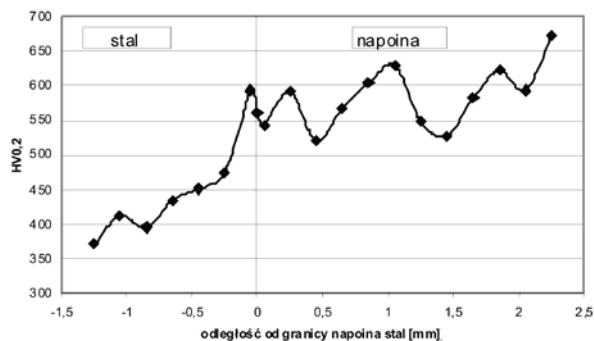


Rys. 10. Zmiany składu chemicznego napoiny (na powierzchni i przy linii wtopienia) z proszku: a) EuTroLoy 16006, b) EuTroLoy 16012

Fig. 10. Padding weld chemical composition changes (on the face and near to fusion line) made using powder: a) EuTroLoy 16006, b) EuTroLoy 16012

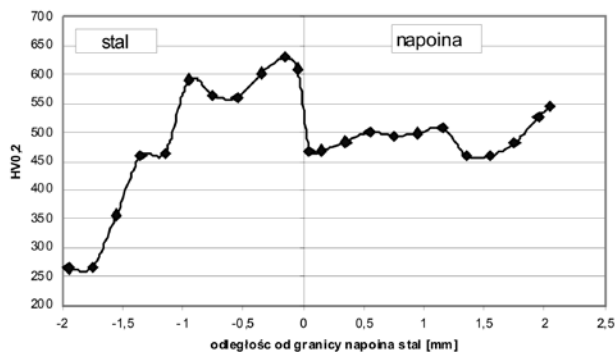
(rys. 6 i 7). Obszary na granicach między napoiną a stalą wykazywały zróżnicowane struktury, ale nieciągłości były rzadkością. Jedyne wykryty przypadek pokazano rysunku 8b.

Dla napoiny wykonanej z proszku EuTroLoy 16012 zaobserwowano stosunkowo niewielkie



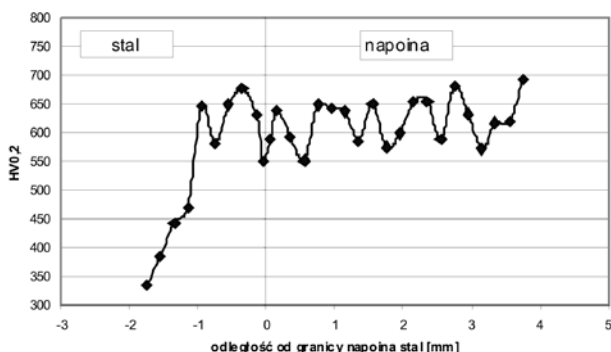
Rys. 11. Średnia wartość mikrotwardości napoiny na przekroju prostopadłym do powierzchni, wykonanej z proszku EuTroLoy 16006

Fig. 11. Average hardness distribution on the cross-section perpendicular to face of the padding weld made using EuTroLoy 16006 powder



Rys. 12. Średnia wartość mikrotwardości napoiny na przekroju prostopadłym do powierzchni, wykonanej z proszku PG 5218

Fig. 12. Average hardness distribution on the cross-section perpendicular to face of the padding weld made using PG 5218 powder



Rys. 13. Mikrotwardość na przekroju prostopadłym do powierzchni napoiny wykonanej z proszku EuTroLoy 160012

Fig. 13. Average hardness distribution on the cross-section perpendicular to face of the padding weld made using EuTroLoy 160012 powder

zróżnicowanie, najczęściej występującą strukturę przedstawia rysunek 8a. W odniesieniu do napoin wykonanych z pozostałych proszków mikrostruktury są bardziej różnorodne. Oprócz typowej struktury dendrytycznej ukierunkowanej, podobnej jak na rysunku 8a, zaobserwowano również liczne obszary o silnie zróżnicowanej wielkości i charakterze wydzieleń (rys. 9).

Za pomocą przystawki EDS, wykonano analizy składu chemicznego napoin w warstwie powierzchniowej i w pobliżu granicy napoina-stal, co pozwoliło na ocenę stopnia wymieszania materiałów podczas napawania. Przykładowe wyniki dla napoin wykonanych z proszków EuTroLoy 16006 oraz EuTroLoy 16012 przedstawiono na rysunku 10.

Badania wykazały zwiększoną zawartość żelaza w napoinach w stosunku do jego zawartości w proszku (ok. 2%). W warstwach powierzchniowych napoin wzrost ten jest nieznaczny, jednakże w pobliżu granicy napoina-stal zawartość żelaza jest znacząco wyższa. Obserwuje się także różnice w rozkładzie pierwiastków w napoinach wykonanych różnymi proszkami. Większe zawartości żelaza na powierzchni napoiny oraz przy linii wtopienia obserwowano przy napawaniu proszkiem EuTroLoy 16012.

Do oceny właściwości napoin wykorzystano pomiar mikrotwardości na przekroju prostopadłym do powierzchni napoiny, od powierzchni do podłoża stalowego. Ze względu na niejednorodność struktury i składu chemicznego typowego dla struktur dendrytycznych rozkład twardości na przekroju napoiny nie jest monotoniczny, lecz charakteryzuje się dużą zmiennością. W celu ograniczenia wpływu znacznych różnic w twardości obszarów dendrytycznych i wydzieleń z obszarów międzidendrytycznych przeprowadzono pomiar w pięciu seriach, a na wykresach przedstawionych na rysunkach 11÷13 podano tylko wartości średnie z pięciu serii pomiarowych.

Wyniki pomiarów twardości wskazują na zróżnicowane właściwości otrzymanych napoin. Cechą wspólną wszystkich warstw jest wystąpienie wzrostu twardości w podłożu stalowym w pobliżu granicy napoina-stal, co wskazuje na występowanie strefy wpływu ciepła. Jednakże maksymalne wartości oraz głębokość warstwy o zwiększonej twardości jest różna. Najmniejszy wzrost twardości i szerokości SWC zaobserwowano dla napoiny z proszku EuTroLoy 16006 (rys. 11) oraz EuTroLoy 16012 (rys. 13). Dla napoiny wykonanej z proszku PG 5218 (rys.12) zarówno wzrost twardości, jak i grubość warstwy o zwiększonej twardości były znaczne. Ponieważ celem procesu jest uzyskanie twardej warstwy na powierzchni przylgni, to wykorzystanie proszku EuTroLoy 160012 wydaje się najbardziej wskazane ze względu na najwyższą twardość uzyskanej napoiny, która zmienia się w zakresie 570÷700 HV0,2. W pozostałych przypadkach uzyskano wartości niższe, odpowiednio 520÷670 dla napoiny z proszku EuTroLoy 16006 i zaskakująco niskie wartości, 450÷550 dla napoiny wykonanej z proszku PG 5218.

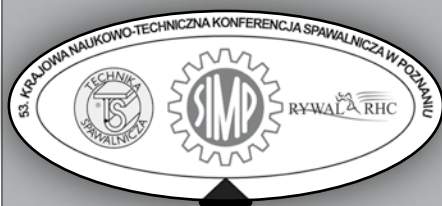
Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

- w celu zapewnienia wymaganej jakości i kształtu napoin konieczne jest napawanie trzywarstwowe, z ograniczeniem energii liniowej napawania;
- z uwagi na odmienne właściwości fizyczne badanych proszków na osnowie kobaltu, w przypadku napawania PTA konieczny jest dokładny dobór parametrów napawania, w zależności od rodzaju zastosowanego proszku;
- napawanie wielowarstwowe zapewnia istotne zmniejszenie ilości pierwiastków pochodzących z materiału rodzimego w warstwie wierzchniej napoiny;
- zastosowanie proszków o większej zawartości wolframu daje warstwy o wyższej twardości.
- napawane warstwy mają silnie ukierunkowaną strukturę dendrytyczną;
- w podłożu stalowym obserwuje się występowanie typowej strefy wpływu ciepła.

Literatura

- [1] D'Oliveira A. S.C., Vilav R., Feder C.G.: High temperature behaviour of plasma transferred arc and laser Co-based alloy coatings; Applied Surface Science 201, 2002.
- [2] D'Oliveira A.S.C., Da Silva P.S.C.P.: Microstructural features of consecutive layers of Stellite 6 deposited by laser cladding; Surface and Coatings Technology 153, 2002.
- [3] De Mol Van Otterloo J.L., De Hosson J.Th.M.: Microstructural features and mechanical properties of cobalt-based laser coating; Acta Materialia, v 45, 3/1997.
- [4] Yongqiang Yang: Microstructure and properties of laser-clad high temperature wear-resistant alloys; Applied Surface Science 140, 1999.
- [5] Jiang W. H., Guan H. R., Hu Z. Q., Developments of a heat treatment for a directionally solidified cobalt-base superalloy, Metallurgical and Materials Transactions: A: Physical Metallurgy and Materials Science. Warrendale: Aug 1999. Vol. 30A, Iss. 8.
- [6] Sprawozdanie z pracy naukowo-badawczej pt.: Opracowanie warunków technologicznych napawania laserowego i plazmowego proszkami na osnowie kobaltu, przyłgni grzybków zaworów ze stali X40CrSiMo10-2 oraz wykonanie partii próbnej zaworów GRANT KBN – 015721 4TO8C 06224.
- [7] Hejwowski T., Wroński A.: Wytwarzanie powłok odpornych na zużycie, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2000.
- [8] Smith W.M.: Surface Materials Processing. Second Edition, Backmann Verlag, Berlin-London-Paris-Warsaw, 2001.
- [9] Yang F.M., Sun X.S., Guan H.R., Hu Z.Q.: High-Temperature Low- Cycle Fatigue Behaviour of K40S Cobalt-Base Superalloy, Metallurgical and Materials Transactions, Apr. 2003, 34A.
- [10] D'Oliveira A.S.C.M., Paredes R.S.C., Santos R.L.C. Pulsed current plasma transferred arc hardfacing, Journal of Materials Processing Technology 171, 2006, s. 167–174.
- [11] d'Oliveira A.S.C., Vilar R., Feder C.G.: High temperature behaviour of plasma transferred arc and laser Co-based alloy coatings, Applied Surface Science 201, 2002, s. 154-160.
- [12] Zhao R., Barber G.C., Wang Y.S., Larson J.E.: Wear mechanism analysis of engine exhaust valve seats with a laboratory simulator, Tribology Transactions; Apr 1997; 40, 2; ProQuest Science Journals, 2009.



PATRONAT HONOROWY:



PATRONAT MEDIALNY:



Mamy przyjemność zaprosić Państwa do uczestnictwa w

53. KRAJOWEJ NAUKOWO-TECHNICZNEJ KONFERENCJI SPAWALNICZEJ pt. „Nowe kierunki w procesach spajania i cięcia metali”

organizowanej w dniach 12 - 14 października 2011 r. w Poznaniu przez:

SIMP – SEKCJA SPAWALNICZA Oddział w Poznaniu TECHNIKA SPAWALNICZA POZNAŃ, RYWAŁ RHC Spółka z o.o. w Warszawie

W programie m.in.:

- referaty z robotyki procesów spajania i cięcia
- prezentacja nowych technologii i materiałów
- referaty techniczne dotyczące m.in.:
 - konstrukcji stalowej Stadionu Miejskiego w Poznaniu
 - konstrukcji iglicy Stadionu Narodowego w Warszawie
- wyjazdy techniczne
 - VOLKSWAGEN POZNAŃ
 - STADION MIEJSKI
- WYSTAWA URZĄDZEŃ I SPRZĘTU
- POKAZY ROBOTÓW !

ZAREZERWUJ SOBIE CZAS !

W celu uzyskania szczegółowych informacji prosimy o kontakt:

mirosław.nowak@techspaw.com.pl	tel.: 602 118 401
andrzej.wisniewski@techspaw.com.pl	tel.: 602 118 404
ryszard.andrzejewski@techspaw.com.pl	tel.: 602 603 313
ryszard.wesolowski@rywal.com.pl	tel.: 609 061 311
k.ptak@taskoprojekt.com.pl	tel.: 691 865 598