

Tomasz Szulc

### **Początki napawania utwardzającego**

*Early years of hard-facing*

#### **Streszczenie**

Zaprezentowano pierwsze próby napawania, prowadzone w czasach opanowywania technologii spawalniczych, pierwsze technologie napawania, które zostały zastosowane w praktyce. Przedstawiono pierwsze aplikacje napawania oraz ówczesne zalecenia, dotyczące przygotowania procesu. Zasygnalizowano ewolucję poglądów na temat możliwych do uzyskania właściwości warstw oraz sposobów wytwarzania materiałów dodatkowych w postaci prętów, drutów i proszków. Przedstawiono także początki bardziej współczesnych technologii napawania: łukiem krytym, plazmowego i in.

**Słowa kluczowe: napawanie, łuk kryty, łuk plazmowy**

#### **Abstract**

First attempts of surfacing, conducted in early years of welding, early surfacing technologies which have found practical use were presented. Early guidelines and applications of surfacing and hard-facing were described. Evolution of opinions concerning properties of layers and methods of production of consumables in form of rods, powders and wires was highlighted. Roots of most popular technologies were briefly described, including: submerged arc, plasma etc.

**Keywords: hard-facing, submerged arc, plasma arc**

Strony / Pages: 5-9

Johannes Wilden

## **Laserauftragschweißen**

*Napawanie laserowe*

### **Streszczenie**

Ekstremalne wymagania stawiane elementom maszyn i urządzeń powodują, że nowoczesne materiały mogą być stosowane w bardzo wąskim zakresie. Chociaż istnieje wiele metod nakładania powłok, praktyczne ich zastosowanie nie jest jeszcze powszechne. Często brakuje odpowiedniej wiedzy na temat danej techniki i jej ograniczeń, kosztów stosowania oraz szeroko rozumianych właściwości stosowanych materiałów powłokowych. Wybór metody nakładania powłoki zależy od wymagań stawianych określonemu elementowi oraz warunków pracy tego elementu. Obecne na rynku lasery dużej mocy umożliwiają napawanie powłok z różnych materiałów i na podłoża o bardzo różnych właściwościach. Szczególnie istotne jest to, że urządzenia laserowe charakteryzują się łatwą automatyzacją procesu, prostą obsługą i serwisem.

**Słowa kluczowe: napawanie, wiązka laserowa, automatyzacja**

### **Abstract**

Extreme requirements for machinery and equipment make that modern materials can be used in a very narrow range of applications. Although there are many surfacing methods, their practical application is not yet widespread. There is often lack of adequate knowledge related to the technique and its limitations, the cost of application and properties. The choice of method depends on the coating requirements for a particular part and the working conditions of it. The high-power lasers are used for surfacing by welding of different coating materials and substrates with very different properties. Particularly important is the fact that lasers are characterized by a simple process automation, operation and service.

**Keywords: surfacing, laser beam, automation**

Strony / Pages: 10-21

Tomasz Baraniecki  
Edward Chlebus  
Marian Działkiewicz  
Jakub Kędzia  
Jacek Reiner  
Marcin Wiercioch

### **System laserowego mikronapawania proszków metali**

*System for laser microcladding of metal powders*

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono technologię laserowego napawania proszków metali oraz opracowaną dla niej obrabiarkę do laserowego mikronapawania proszków. Zaprojektowane i wykonane stanowisko bazuje na trzyosiowej obrabiarce CNC, którą wyposażono w odpowiednie układy bezpieczeństwa laserowego i pyłowego. Jako źródło energii laserowej wykorzystano laser dyskowy sprzężony światłowodem z optyką obróbkową. Szczotkowy podajnik proszków wraz z dyszą kształtującą strumień proszku zapewnia jego podawanie współosiowo z wiązką lasera. Układ został zintegrowany z kartą PC-motion, która pełni rolę sterownika CNC. Przedstawiono również uzyskane wyniki napawania laserowego, charakteryzując je w kryteriach: szerokości i wysokości ściegu, głębokości wtopienia, kąta zwilżania oraz parametrów mikrostrukturalnych. Jako parametry niezależne przyjęto gęstość mocy wiązki lasera, prędkość i gęstość podawania proszku oraz względny posuw głowica-przedmiot.

**Słowa kluczowe:** mikronapawanie, proszki, laser

#### **Abstract**

The paper presents the technology of laser cladding of metallic powders with a machine for laser microcladding, developed in-house. The designed and constructed set-up is based on a three-axis CNC machine, equipped with appropriate laser safety and a dust extraction system. A disk laser is used as a source of energy, connected with processing optics by a fibre cable. A rotating brush powder feeder transfers the powder to a cladding nozzle, which provides the powder coaxially with the laser beam. The integration of system components is based on a PC-motion card that acts as a CNC controller. Additionally, first results of experiments carried-out on the machine are presented, with characterisation in terms of the cladding height, width and depth, the wetting angle and microstructural features. As independent processing variables the laser power density, the powder feeding rate and the processing speed were used.

**Keywords:** microcladding, powders, laser

Strony / Pages: 22-26

Hanna Smoleńska  
Włodzimierz Kończewicz  
Jerzy Łabanowski

**Regeneracja zaworów silników okrętowych metodą napawania laserowego**  
*Regeneration of marine engine valves using laser hard-facing*

**Streszczenie**

Analizowano możliwości zastosowania napawania laserowego proszkiem na bazie kobaltu przylgni zaworu wylotowego okrętowego silnika Diesla. Po przygotowaniu przez obróbkę skrawaniem, wyselekcjonowane zawory poddano napawaniu laserowemu z wykorzystaniem lasera wysokiej mocy ROFIN DL020. Do napawania użyto proszku EuTroLoy 16012. Jeden z zaworów został pocięty i poddany badaniom metalograficznym oraz pomiarom twardości, a pozostałe zawory zostały zainstalowane w silniku okrętowym, w którym pracowały przez ok. 3000 h. Badania przeprowadzone dla stanu wyjściowego wykazały typową strukturę dendrytyczną napoiiny, charakterystyczną dla warstw napawanych, z równomiernie rozłożonymi wydzieleniami węglików w obszarach międzydendrytycznych oraz w minimalnym stopniu zmienioną strukturę w podłożu stalowym. Analogiczne badania wykonano dla zaworów po okresie eksploatacji. Przylganie zaworów wykazywały niewielkie efekty zużycia. W mikrostrukturze napoiiny stwierdzono nieznaczne zmiany spowodowane głównie efektami procesów dyfuzyjnych zachodzących w temperaturze pracy oraz spadek twardości. Technika napawania laserowego okazała się bardzo przydatna do regeneracji zaworów silników okrętowych.

**Słowa kluczowe:** napawanie, regeneracja, laser

**Abstract**

We analyzed the applicability of cobalt-based powder laser hard-facing of exhaust valve face of marine diesel engine. After preparation by machining, using of high-power Rofin DL020 laser selected valves were hard-facing. The EuTroLoy 16012 powder were used. One of the valves were cut and subjected to metallographic examinations and hardness measurements, while the other valves were assembled in the engine, which worked for about 3000 h. The tests conducted for the baseline showed a characteristic for surfaced layers dendritic structure of the overlay with carbides uniformly deposited in interdendritic areas and minimally changed the structure of the substrate steel. A similar study conducted for the valves after the operation. Valves face showed a little effects of wear. The microstructure of the deposit was found mostly minor changes due to the effects of diffusion processes occurring in the operating temperature and a decrease of hardness. Laser hard-facing technique has proven very useful for the regeneration of marine engine valves.

**Keywords:** hard-facing, regeneration, laser

Strony / Pages: 27-31

Mariusz Bober

Jacek Senkara

**Badania porównawcze napawanych plazmowo warstw niklowych z węglnikami Ti i Cr**

*Plasma surfaced nickel layers with chromium and titanium carbides – comparative research*

**Streszczenie**

W artykule przedstawiono wyniki badań struktury kompozytowych powłok na osnowie stopu NiSi2B z dodatkiem węglików Ti i Cr, napawanych plazmowo z mieszaniny proszków na podłoża ze stali niskostopowej. Określono udział i rozmieszczenie fazy umacniającej w osnowie. Wykazano, iż odmienny charakter oddziaływania węglików Ti i Cr z ciekłym stopem Ni wpływa istotnie na proces formowania się napoin kompozytowych oraz na rozmieszczenie i udział cząstek fazy umacniającej w matrycy.

**Słowa kluczowe: napawanie plazmowe, warstwy niklowe, węgliki**

**Abstract**

The results of structure investigation of composite layers based on NiSi2B alloy with Cr and Ti carbides depends are presented in the article. The layers were previously deposited by plasma powder transferred arc welding method onto low alloy steel substrates. The content and distribution of strengthening phase particles in the layer's matrix were determined. It was proved that formation of composite overlays along with refractory particles distribution are significantly affected by Ti and Cr carbides interaction of different character with liquid nickel alloy.

**Keywords: plasma surfacing, nickel base layers, carbides**

Strony / Pages: 32-37

Jerzy Jakubowski

Piotr Wysocki

Jacek Senkara

**Selektywne regeneracyjne napawanie plazmowe warstw Ni-WC  
na tytanowe łopatki sprężarki silnika lotniczego**

*Selective regeneration of Ni-WC layers over titanium-made compressor blades  
of aircraft engines by plasma surfacing*

**Streszczenie**

W artykule przedstawiono opracowaną metodę wraz z wynikami badań napawania mikroplazmowego kompozytowych warstw Ni-WC na półki łopatek sprężarki ze stopu tytanu. Analizowano strukturę napoin, ze szczególnym uwzględnieniem rozkładu pierwiastków dla okolicy linii wtopienia warstwy kompozytowej w podłoże oraz granicy międzyfazowej osnowa warstwy – węgiel wolframu. Wyniki wskazują na intensywne oddziaływanie cieczi z fazą stałą: podłożem i cząstkami węgla podczas procesu napawania.

**Słowa kluczowe: napawanie plazmowe, warstwy kompozytowe, węgliki**

**Abstract**

The developed method along with results of microplasma surfacing of Ni-WC composite layers onto titanium alloy compressor blades are presented in the article. Structure of overlays were analysed with particular interest in elements distribution close to the fusion line of composite layer - substrate as well as in the matrix – tungsten carbide interface. The results point out an intensive interaction between the melt and the solid phase (substrate and carbide particles) in the course of surfacing process.

**Keywords: plasma surfacing, composite layers, carbides**

Strony / Pages: 38-42

Andrzej Klimpel  
Agnieszka Rzeźnikiewicz

**Technologia naprawy uchwytów klapy dużej biernej silnika odrzutowego RD-33**  
*RD -33 jet engine large passive flap handles repair technology*

**Streszczenie**

Badania uszkodzeń uchwytów klapy dużej biernej silnika wykazały, że naprawa tych elementów wymaga opracowania warunków technologicznych napawania automatycznego plazmowego PTA oraz napawania laserowego HPDL materiałami dodatkowymi zapewniającymi zwiększoną odporność na zużycie ściernie metal-metal, w stosunku do materiału podłoża. Wstępne próby napawania plazmowego PTA oraz napawania laserowego HPDL wykazały, że można uzyskać napoiny wysokiej jakości. Przez odpowiedni dobór parametrów napawania możliwe jest sterowanie wymiarami napoin oraz udziałem materiału podłoża w napoinie. Wykonano również badania odporności na zużycie ściernie połączenia metal-metal zgodnie z normą ASTM G99. Wyniki badań tribologicznych wykazały, że warstwa napawana laserowo z dodatkiem proszku 50%Ti-50%WC spełnia wszystkie warunki i jest prawie 124 razy bardziej odporna na zużycie ściernie typu metal-metal niż powierzchnia nieutwardzona.

**Słowa kluczowe:** napawanie plazmowe, napawanie laserowe, silnik odrzutowy, regeneracja

**Abstract**

Tests of handles of large passive flap, showed that the repair of these elements requires the development of technological conditions of automatic plasma PTA surfacing and HDPL laser surfacing with filler materials ensuring increase resistance to wear of metal-metal, relative to the substrate material. Trial attempts of PTA plasma surfacing and HPDL laser surfacing showed that there is a range of parameters to obtain high-quality padding welds. By appropriate parameters it is possible to control the padding weld dimensions and the participation of substrate material in the padding weld. There is also carried out the wear resistance of metal-metal in accordance with ASTM G99 tests. Tribological test results showed that the layer made with the use of laser and powder, 50%Ti 50% WC meets the best conditions and is almost 124 times more resistant to metal-metal abrasive wear than the unhardened surface.

**Keywords:** plasma surfacing, laser surfacing, jet engine, regeneration

Strony / Pages: 43-49

Johannes Wilden

Jean P. Bergmann

**Automatisiertes Regenerieren von großen Tiefziehwerkzeugen**

*Automatyzacja regeneracji dużych narzędzi do głębokiego tłoczenia*

**Streszczenie**

Przeanalizowano problematykę napawania narzędzi do głębokiego tłoczenia. Przedstawiono koncepcję zrobotyzowanego mobilnego stanowiska do napawania z systemem analizy obrazu. Podano przykład zastosowania opracowanego systemu do napawania plazmowego narzędzi, w tym także w pozycjach przymusowych.

**Słowa kluczowe: napawanie, automatyzacja, regeneracja**

**Abstract**

The problems of surfacing by welding of deep drawing tools are analyzed in the paper. The concept of a station of surfacing by welding with robot and image analysis system is presented. An example of developed system for plasma surfacing by welding of tools, including the forced positions is shown.

**Keywords: surfacing, automation, regeneration**

Strony / Pages: 58-63



Johannes Wilden

**Auftragschweißen von nanokristallin erstarrenden Eisenbasiswerkstoffen  
auf Aluminiumsubstraten**

*Napawanie nanostrukturalnie krystalizujących materiałów  
na osnowie żelaza na podłoże aluminium*

**Streszczenie**

Przeanalizowano metody zmniejszenia wprowadzenia ilości ciepła do napawanego podłoża. Wykazano korzystne właściwości napoin o budowie nanostrukturalnej. Przedstawiono wyniki badań strukturalnych napoin z zastosowaniem drutów proszkowych (stopy na osnowie żelaza) na stop aluminium AlSi8Cu3, przy uzyskaniu niskoenergetycznych warstw napawania, w tym z zastosowaniem warstw przejściowych.

**Słowa kluczowe: napawanie, właściwości napoin, struktura napoin**

**Abstract**

The methods of the heat input to the surfacing by welding substrate decrease is analyzed. It is shown the good properties of nanostructure padding welds. Structure analysis of padding welds deposited with the use of flux wire (Fe matrix alloys) on the AlSi8Cu3 aluminum alloy substrate is presented. The low energy and transient pad welded layers are reached.

**Keywords: surfacing, properties of padding welds, structure of padding welds**

Strony / Pages: 64-72

Hanna Smoleńska  
Włodzimierz Kończewicz  
Jerzy Łabanowski

**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 przylgni zaworów wylotowych okrętowych silników Diesla. Zużyte zawory, po odpowiedniej selekcji, poddano obróbce skrawaniem w celu nadania odpowiedniego kształtu powierzchni przylgni, 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 przylgni oraz na przekroju poprzecznym prostopadłym do powierzchni napoiwy. 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 napoiwy. Zastosowanie takiej metody regeneracji zaworów może wydłużyć czas ich eksploatacji.

**Słowa kluczowe: napawanie plazmowe, silnik okrętowy, regeneracja**

**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.

**Keywords: plasma hard-facing, marine engine, regeneration**

Strony / Pages: 73-78

Tomasz Kik  
Jacek Górka  
Artur Czupryński  
Adam Martyniszyn

## **Napawanie krawędzi przedmiotów metodami TIG i PTA**

*The surfacing of the items edges by TIG and PTA methods*

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono badania zautomatyzowanego procesu napawania produkcyjnego i naprawczego krawędzi przedmiotów metodami TIG i PTA z materiałem dodatkowym w postaci zimnego drutu. Określono wpływ sposobu podawania drutu położenia jego końcówki względem jeziora ciekłego metalu na stabilność procesu oraz kształt i jakość uzyskiwanych napoin. Zwrócono uwagę na zmienność warunków przebiegu procesu napawania przy zmianie stopnia koncentracji źródła ciepła. Wyznaczone pole parametrów optymalnych obu metod pozwoliło na opracowanie technologii napawania napoin o gładkim i równym licu na krawędziach przedmiotów oraz umożliwiło precyzyjne sterowanie kształtem i wymiarami geometrycznymi napoin.

**Słowa kluczowe: napawanie plazmowe, automatyzacja, sterowanie kształtem**

### **Abstract**

The paper presents a test of automated manufacturing and repair surfacing by welding process of items edges. TIG and PTA with additional material in the form of a cold wire is used in the test. The influence of the method of wire supply and the wire tip position above the liquid metal on the process stability and also the shape and quality of padding welds are investigated. The variation of the process of surfacing in the change of concentration of the heat source is obtained. The designated field of optimal parameters of both methods led to the technology development of surfacing by welding which allows to produce high quality welds with a smooth and equal face on the edges of items and allowed to precise control of geometric shape and dimensions of padding welds.

**Keywords: plasma surfacing, automation, shape control**

Strony / Pages: 79-86

Jacek Górka

Artur Czupryński

Tomasz Kik

Marcin Melcer

### **Przemysłowe aplikacje napawania plazmowego proszkowego**

*Industrial applications of powder plasma transferred arc welding*

#### **Streszczenie**

W artykule opisano wymagania stawiane współczesnym stanowiskom spawalniczym przeznaczonym do napawania oraz zaprezentowano nowoczesne źródła energii i osprzęt do napawania plazmowego proszkowego. Podano podstawowe zalecenia techniczne i technologiczne zapewniające wykonanie wysokiej jakości napoin oraz przedstawiono różne przykłady przemysłowego napawania plazmowego proszkowego.

**Słowa kluczowe: napawanie plazmowe, proszek, zalecenia technologiczne**

#### **Abstract**

The article presents the requirements for modern hard-facing stations, modern energy sources and equipment for powder plasma transferred arc welding (PPTAW). The basic technical and technological recommendations for high-quality weld metal are provided, and also it presents various industrial applications of PTA powder hard-facing.

**Keywords: plasma hard-facing, powder, technological recommendations**

Strony / Pages: 87-94