

Mikrostruktura i właściwości powłok kompozytowych (Cr₃C₂-Ni₂₀Cr)-(Ni-grafit) natryskanych zimnym gazem i modyfikowanych cieplnie

mgr inż. Anna Trelka-Druzic

Streszczenie

Wytworzenie kompozytowych materiałów powłokowych o danym składzie fazowym oraz unikalnych właściwościach mechanicznych i tribologicznych stwarza metoda natryskiwania zimnym gazem. Pozwala ona na wyeliminowanie niekorzystnych procesów związanych z temperaturą i otaczającą atmosferą występujących w innych metodach natryskiwania cieplnego, np. natryskiwania plazmowego. W procesie natryskiwania zimnym gazem powłoka powstaje w momencie uderzenia cząstek proszku w podłoże oraz ich silnego odkształcenia plastycznego zachodzącego poniżej temperatury topnienia składnika metalowego, umożliwiając wytworzenie powłok o pożądanych właściwościach. Istotne znaczenie mają powłoki kompozytowe zawierające smar stały, które są szczególnie pożądane tam, gdzie wymagana jest wysoka niezawodność węzła tribologicznego oraz utrudniony jest do niego dostęp. Powłoki natryskane zimnym gazem charakteryzują się składem fazowym identycznym jak materiał proszkowy, znikomą porowatością oraz wysoką kohezją i adhezją.

Wykonane w ramach doktoratu badania umożliwiły zaprojektowanie i wytworzenie kompozytowych powłok (Cr₃C₂-Ni₂₀Cr)-(Ni-grafit) o jednorodnej mikrostrukturze, poprzez optymalny dobór materiałów proszkowych oraz parametrów natryskiwania zimnym gazem. Opracowano i scharakteryzowano powłoki (Cr₃C₂-Ni₂₀Cr)-(Ni-grafit) natryskane zimnym gazem na dwa różne podłoża z proszków zawierających smar w postaci grafitu i modyfikowane cieplnie w celu poprawy ich właściwości mechanicznych oraz tribologicznych. Nowe oryginalne wyniki badań dotyczące mikrostruktury, opisu zjawisk fizycznych zachodzących przy konstytuowaniu się cermetalowych powłok (Cr₃C₂-Ni₂₀Cr)-(Ni-grafit) na granicy powłoka-podłoże, pomiędzy odkształconymi cząstkami proszku tworzącymi powłokę, a także po przetapianiu laserowym i wygrzewaniu stanowią istotny wkład naukowy umożliwiający identyfikację stref potencjalnego osłabienia materiału w reakcji na obciążenia zewnętrzne. Istotnym rezultatem pracy jest określenie wpływu podłoża (stopu Al 7075 oraz stali 1H18N9T) na mikrostrukturę, adhezję oraz właściwości mechaniczne i tribologiczne powłok prowadzących do zwiększenia czasu pracy pokrytych nimi elementów pracujących w warunkach zużycia ściernego. Przedstawiona koncepcja powłok natryskanych zimnym gazem poddanych

modyfikacjom cieplnym stwarza nowe możliwości konstytuowania powłok (Cr₃C₂-Ni₂₀Cr)-(Ni-grafit) posiadających zarówno właściwości smaru stałego, jak i wysoką twardość, odporność na zużycie oraz stwarzających możliwość pracy w podwyższonych temperaturach.

Abstract

The production of composite coating materials with a given phase composition and unique mechanical and tribological properties is possible using the cold gas spraying method. It allows to eliminate unfavorable processes related to the temperature and the surrounding atmosphere occurring in other methods of thermal spraying, e.g. plasma spraying. In the cold spraying process, the deposit is constituted when the powder particles hit the substrate, causing their severe plastic deformation occurring below the melting point of the metal component, producing coatings with the desired properties. Composite coatings containing solid lubricant, which are particularly desirable where high reliability of the tribological node is required and where access to it is difficult, are of great importance. Coatings sprayed with cold gas are characterized by a phase composition identical to the powder material, negligible porosity and high cohesion and adhesion.

The research carried out as part of the doctorate enabled the design and production of cermet (Cr₃C₂-Ni₂₀Cr)-(Ni-graphite) coatings with a homogeneous microstructure through the optimal selection of powder materials and parameters of cold gas spraying of coatings. An innovative aspect of the work is the development and analysis of (Cr₃C₂-Ni₂₀Cr)-(Ni-graphite) coatings produced by cold gas spraying from powders containing solid lubricant in the form of graphite and then subjected to thermal modifications, leading to obtaining cermet coatings with high mechanical and tribological properties. New original research results concerning the microstructure, description of physical phenomena occurring during the formation of cermet (Cr₃C₂-Ni₂₀Cr)-(Ni-graphite) coatings at the coating-substrate interface, between the deformed powder particles forming the coating, as well as after laser surface treatment and annealing are an important scientific contribution to identify zones of potential material weakness in response to external loads. A significant result of the work is the determination of the influence of the substrate on the microstructure, adhesion and mechanical and tribological properties of the coatings, which increase the service life of the elements made of Al 7075 alloy and 1H18N9T steel covered with them, working in conditions of abrasive wear. The presented concept of coatings sprayed with cold gas subjected to thermal modifications creates new possibilities for constituting coatings (Cr₃C₂-Ni₂₀Cr)-(Ni-graphite) having both the properties of a solid lubricant

and high hardness, and wear resistance and making it possible to work at elevated temperatures.

[Recenzja dr. hab. inż. Marcina Adamiaka](#)

[Recenzja prof. dr. hab. inż. Łukasza Kaczmarka](#)

[Recenzja prof. dr hab. inż. Katarzyny Konopki](#)