

Sposób wytwarzania powłoki o podwyższonej odporności trybologicznej

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania powłok o podwyższonej odporności trybologicznej, na elementach z odlewniczych stopów magnezu, mających zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym, między innymi na odlewane bloki silników oraz części współpracujące z tłokami i zaworami.

Jedną z wielu metod wydłużenia żywotności części maszyn, zarówno nowych, jak i regenerowanych, a w efekcie zwiększenia ich niezawodności oraz trwałości eksploatacyjnej jest nanoszenie powłok technologią natrysków cieplnych. Natryskiwanie stosuje się głównie w celu wykonania warstw o dużej odporności na ścieranie, zabezpieczenie przed wpływem wysokiej temperatury, erozją oraz korozją. Analiza dotychczasowych wyników prac badawczych w zakresie wytwarzania powłok metodą naddźwiękowego natryskiwania płomieniowego (HVOF) obejmuje natryskiwanie m.in. na stalach konstrukcyjnych stopowych, niestopowych jakościowych do ulepszania cieplnego, nierdzewnych oraz na stopach niklu, natomiast zastosowanie jako podłoża lekkich materiałów konstrukcyjnych, w postaci odlewniczych stopów magnezu o niskiej odporności na czynniki trybologiczne, nie zostało do tej pory dogłębnie zbadane i omówione.

Dotychczas znane są metody wytwarzania powłok z wykorzystaniem natrysku cieplnego opisane m.in. przez Zhu, H., Niu, Y., Lin, C., Huang, L., Ji, H., & Zheng, X., „Microstructures and tribological properties of vacuum plasma sprayed B₄C - Ni composite coatings”, *Ceramics International*, 39/1, (2013), 101-110, w których powłokę odporną na zużycie wykonano techniką próżniowego natryskiwania plazmowego (VPS) przy użyciu bezprądowych proszków kompozytowych do powlekania składających się z B₄C i różnych ilości Ni (10 i 20% objętościowych). Ocena trybologiczna z testu kulka - tarcza wykazała, że odporność na zużycie powłok kompozytowych była lepsza niż w przypadku czystej powłoki B₄C, a powłoka kompozytowa zawierająca 10% obj. Ni wykazała optymalne właściwości trybologiczne.

W artykule opublikowanym przez B. Formanek, K. Szymański oraz B. Kuczowicz pt „Odporne na korozję i zużycie ścierne powłoki otrzymywane metodami natryskiwania

cieplnego”, Ochrona przed korozją, 3, (2010), 164 - 186, opisano kompozytowe powłoki do zabezpieczenia urządzeń technicznych przed zużyciem ściernym, a jednocześnie o wysokiej odporności korozyjnej o osnowie NiCr z węglnikami chromu oraz węglnikami wolframu z kobaltem. Należy tu wymienić m.in. kompozytowe proszki typu WC - Co, WC - Co - Cr, NiCr - Cr₃C₂, WC - CrC - Ni, z dodatkami modyfikującymi np. WC - Cr₃C₂ - NiCr lub Ni, Cr₃C₂ - TiC - NiCr, które stanowią alternatywę dla powłok twardego chromu wytwarzanych metodami galwanicznymi.

Z kolei w pracy pt. „Fabrication and tribological evaluation of vacuum plasma – sprayed B₄C coating” autorzy Huiying Zhu, Yaran Niu, Chucheng Lin, Liping Huang, Heng Ji and Xuebin Zheng, ASM International, 21/6, (2012), 1216 - 1223, opisali powłokę wytworzoną z węgliku boru B₄C metodą próżniowego natrysku plazmowego (VPS) wraz z oceną jej odporności na zużycie ścierne; autorzy publikacji dowiedli, że powłoka wytworzona z proszku węgliku boru wykazuje lepsze własności trybologiczne, niż podłoże, na które została naniesiona.

Odporność na zużycie ścierne powłok wytworzonych z konwencjonalnego proszku węgliku boru B₄C oraz mikrometrycznego proszku B₄C wykonane metodą HVOF na podłożu ze stali 410 opisane zostało także przez Girisha K.G., Anil K.C., Akash and K.V. Sreenivas Rao, w publikacji pt. „Investigation of HVOF thermal sprayed micro B₄C, micro – 1%, 2%, 3% nano B₄C coatings on dry sliding wear performance of 410 grade steel”, Journal of Engineering and Applied Sciences, 11/1, (2016), 247 - 251. Na podstawie wykonanych badań stwierdzono, że warstwa powierzchniowa stali z nałożoną powłoką nano wyróżnia się niezwykłą odpornością na ścieranie i twardością w porównaniu do stali, z powłoką wykonaną z proszku micro B₄C oraz do stali, na której nie wytworzono żadnej powłoki.

Wykonany przegląd zagadnienia wskazuje, że znane są przykłady wytwarzania powłok na materiałach, z których wykonane są części maszyn oraz urządzeń w celu polepszenia ich trwałości, w tym odporności na zużycie ścierne, jednak nie opublikowano dotąd sposobu otrzymywania takich warstw wytwarzanych metodą natryskiwania płomieniowego naddźwiękowego (HVOF) na odlewniczych stopach magnezu.

Stwierdzono nieoczekiwanie podczas prowadzonych prac badawczych, że nałożenie powłoki z proszku węgliku B₄C na powierzchnię odlewniczego stopu magnezu AZ31 podnosi odporność eksploatacyjną w wyniku zwiększenia odporności na zużycie ścierne i erozję.

Celem wynalazku jest wytworzenie nowej powłoki, która polepszy trwałość eksploatacyjną, w tym odporność na zużycie ściernie i erozję warstwy wierzchniej odlewniczego stopu magnezu z serii AZ31.

Cel ten osiągnięto poprzez zastosowanie proszku węgliku boru B_4C do wytworzenia powłoki metodą naddźwiękowego natryskiwania płomieniowego (High Velocity Oxygen Fuel - HVOF) na odlewniczym stopie magnezu z serii AZ31.

Sposób wytwarzania powłok o wysokiej odporności trybologicznej **polega na tym**, że na obrabianą powierzchnię, którą stanowi odlewniczy stop magnezu z serii AZ31 natrykuje się płomieniowo naddźwiękowo proszek węgliku boru B_4C o wielkości cząstek 20 - 40 μm . W tym celu najpierw czyści się obrabianą powierzchnię, poprzez wykonanie obróbki strumieniowo - ścierniej elektrokorundem, proces prowadzi się do momentu uzyskania chropowatości powierzchni w zakresie $Ra=10 - 15 \mu m$. Z proszku B_4C , natrykuje się powłokę. Proces wytwarzania powłoki B_4C wykonuje się przy użyciu mosiężnej dyszy do natrysku naddźwiękowego - cieplnego HVOF (High Velocity Oxygen Fuel). Dysza HVOF zamocowana jest na uchwycie robota sześćo - ramiennego, sterowanego zdalnie z wykorzystaniem kontrolera i programu komputerowego. W procesie nanoszenia cieplnego źródłem ciepła jest reakcja chemiczna spalania propanu C_3H_8 z tlenem O_2 . Zastosowana dysza HVOF o geometrii de Laval'a o względnej zmianie pola przekroju poprzecznego równej 0,4 – 0,8 mm^2 i średnicy krytycznej 9 - 11 mm chłodzona powietrzem, stanowi jednocześnie czynnik przyspieszający rozgrzane cząstki w strumieniu płomienia HVOF. W wyniku wzrostu ciśnienia w dyszy HVOF uzyskuje się strumień płomienia spalania. Materiał powłoki dostarczany jest do wysokociśnieniowej komory spalania w dyszy w sposób osiowy za pomocą strumienia azotu, stanowiącego czynnik transportujący. Źródłem materiału w postaci proszku B_4C jest podajnik mechaniczny o pojemności 650 – 750 cm^3 z obrotowym zabierakiem i układem ciśnienia/podciśnienia dozującego niezmienną, ustaloną ilość proszku.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest poprawa lub odtworzenie własności powierzchni elementów wykonanych z odlewniczych stopów magnezu z serii AZ31 w wyniku wytworzenia powłoki z proszku węgliku B_4C , która wpływa na podwyższenie odporności na zużycie ściernie oraz erozję, co jest głównym elementem decydującym o trwałości eksploatacyjnej części maszyn i urządzeń.

Wynalazek objaśniono poniżej w przykładzie wykonania.

Powierzchnię próbki z odlewniczego stopu magnezu AZ31 oczyszcza się w warunkach oddziaływania ultradźwięków przez 15 min w temperaturze 40 °C. Następnie umieszcza się ją

w pneumatycznej oczyszczarce ciśnieniowej pracującej z zamkniętym obiegiem ścierniwa (elektrokorund) i poddaje oczyszczaniu (parametry piaskowania: ciśnienie 0,4 MPa, średnica dyszy 6 mm, odległość dyszy od podłoża 0,2 m, kąt padania strugi ścierniwa na powierzchnię próbki 30°). W celu wytworzenia powłoki natrykuje się metodą płomieniową naddźwiękową proszek węgla boru B₄C o wielkości ziarna 25 μm. Powłokę natrykuje się pistoletem HipoJet P2700 Metatherm, przy odległości pistoletu od powierzchni natrykiwanej wynoszącej 20 mm, kącie nachylenia osi płomienia HVOF względem powierzchni podłoża 85°, oraz natężenia przepływu gazów paliwowych odpowiednio: gaz palny (propan C₃H₈) – 30 l/min, gaz utleniający (tlen techniczny O₂) - 300 l/min, oraz gaz nośny proszku (transportujący proszek) z podajnika do pistoletu (azot techniczny N₂) - 10 l/min, czynnik chłodzący dyszę HVOF (powietrze) – 150 l/min. Po wytworzeniu powłoki próbkę wraz z powłoką B₄C chłodzi się wolno w atmosferze powietrza do temperatury 45 °C. W wyniku naddźwiękowego natrykiwania płomieniowego (High Velocity Oxygen Fuel - HVOF) proszku węgla boru B₄C na podłoże z odlewniczego stopu magnezu serii AZ31 powstaje powłoka o zwiększonej odporności na zużycie ściernie oraz erozję, a co za tym idzie poprawie ulegają własności eksploatacyjne elementów wytworzonych z omawianego stopu.

Powierzchnię próbki z odlewniczego stopu magnezu AZ31 oczyszcza się w warunkach oddziaływania ultradźwięków przez 15 min w temperaturze 40 °C. Następnie umieszcza się ją w pneumatycznej oczyszczarce ciśnieniowej pracującej z zamkniętym obiegiem ścierniwa (elektrokorund) i poddaje oczyszczaniu (parametry piaskowania: ciśnienie 0,6 MPa, średnica dyszy 8 mm, odległość dyszy od podłoża 0,2 m, kąt padania strugi ścierniwa na powierzchnię próbki 45°). W celu wytworzenia powłoki natrykuje się metodą płomieniową naddźwiękową proszek węgla boru B₄C o wielkości ziarna 30 μm. Powłokę natrykuje się pistoletem HipoJet P2700 Metatherm, przy odległości pistoletu od powierzchni natrykiwanej wynoszącej 25 mm, kącie nachylenia osi płomienia HVOF względem powierzchni podłoża 90°, oraz natężenia przepływu gazów paliwowych odpowiednio: gaz palny (propan C₃H₈) – 35 l/min, gaz utleniający (tlen techniczny O₂) - 350 l/min, oraz gaz nośny proszku (transportujący proszek) z podajnika do pistoletu (azot techniczny N₂) - 15 l/min, czynnik chłodzący dyszę HVOF (powietrze) – 150 l/min. Po wytworzeniu powłoki próbkę wraz z powłoką B₄C chłodzi się wolno w atmosferze powietrza do temperatury 45 °C. W wyniku naddźwiękowego natrykiwania płomieniowego (High Velocity Oxygen Fuel - HVOF) proszku węgla boru B₄C na podłoże z odlewniczego stopu magnezu serii AZ31 powstaje powłoka o zwiększonej

odporności na zużycie ściernie oraz erozję, a co za tym idzie poprawie ulegają własności eksploatacyjne elementów wytworzonych z omawianego stopu.

Obszar przyszłych zastosowań elementów wykonanych ze stopów metali lekkich w tym z omawianych odlewniczych stopów magnezu z serii AZ31 za pomocą metody natryskiwania płomieniowego naddźwiękowego, obejmuje w szczególności zastąpienie konwencjonalnych metod inżynierii powierzchni kształtowania warstwy wierzchniej, w celu wydłużenia trwałości i żywotności części maszyn, zarówno nowych, jaki i regenerowanych.

Rzecznik Patentowy
mgr inż. Katarzyna Górnikowa

