

Naddźwiękowe natryskiwanie płomieniowe HVOF

K. Miś^a, P. Majdecka^a, A. Czech^a, M. Bonek^b

^a Student/ka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład
email: mirosław.bonek@polsl.pl

Streszczenie: W artykule przedstawione są podstawowe informacje dotyczące procesu HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), przebieg procesu, zastosowanie jego wady i zalety, właściwości i specyfikacje stali C45 użytej na materiał podłoża oraz materiału powłokowego WC-Co. W artykule zamieszczono również informacje dotyczące zastosowania omawianej metody ze względu na gałęzie przemysłu i rodzaj powstałej powłoki oraz użyte materiały. Stal C45 jest stalą łatwą w obróbce, znajduje zastosowanie w produkcji korpusów przyrządów, form do przetwórstwa tworzyw sztucznych, na średnio obciążone, odporne na ścieranie elementy maszyn. W celu zapewnienia odpowiedniej przyczepności powłoki do podłoża, poddawana jest ona 3-etapowemu oczyszczaniu technicznemu oraz chemicznemu. Proces HVOF pozwala na uzyskanie powłok cermetalowych. Cermet wybrany na powłokę to WC-Co, który często stosowany jest jako zabezpieczenie dla szybko zużywających się części maszyn. Parametry procesu pozwalają na wytworzenie powłoki twardej, o niskiej porowatości, zwartej budowie i bardzo dobrej przyczepności do podłoża. Powłokę buduje się poprzez uderzanie z naddźwiękową prędkością cząstek w podłoże. Stopiona cząstka ulega spłaszczeniu, po czym stygnie i krystalizuje. W wyniku tego zabiegu powstaje powłoka o budowie lamelarnej złożona z wielu cząstek o nierównych brzegach. Spośród metod natryskiwania cieplnego, metoda HVOF daje powłokom najlepszą przyczepność do podłoża.

Abstract: The article presents information about the HVOF (High Velocity Oxygen Fuel) process, application, advantages and disadvantages, properties and specifications of C45 steel used for the base material and WC-Co coating material. The article contains information on the application of this method due to the industries, type of coating and materials used. C45 steel is an easy-to-process steel, it is used in the production of instrument bodies, molds for plastics processing, for medium-duty, abrasion-resistant machine components. To ensure proper adhesion of the coating to the substrate, it undergoes 3-step technical and chemical cleaning. The HVOF process allows obtaining cermet coatings. WC-Co material is selected for the coating. It is often used as a protection for quickly wearing machine parts. The process parameters allow for the production of a hard coating with low porosity, compact construction and very good adhesion to the substrate. The coating is built by hitting the supersonic velocity

of particles into the ground. The molten particle flattens, then cools and crystallizes. Among the thermal spraying methods, the HVOF method gives the coatings the best adhesion to the substrate.

Słowa kluczowe: Naddźwiękowe natryskiwanie płomieniowe, WC-Co, warstwa lamelarna.

1. WSTĘP

Jedną z najpopularniejszych metod nanoszenia powłok na elementy oraz konstrukcje o dużych rozmiarach jest naddźwiękowe natryskiwanie cieplne, które swoje początki miało na początku XXw. Jest to proces polegający na transporcie materiału w formie rozgrzanych kropeł z naddźwiękową prędkością, aby w momencie zderzenia z podłożem mogły się spłaszczyć po czym stygnie i krystalizuje.

Jednym z najstarszych sposobów nanoszenia powłok w celu modyfikacji własności elementów było malowanie, które umożliwiało zmianę koloru oraz zabezpieczenie antykorozyjne, co łączyło ze sobą estetykę oraz walory praktyczne, jednakże pierwszą metodą nakładania warstw metalicznych było platerowanie. W połowie XIXw pojawiła się technologia wytwarzania powłok galwanicznych[1].

Metoda HFOV - high velocity oxygen fuel (natryskiwanie płomieniowe o naddźwiękowej prędkości) powstała w wyniku połączenia zalet i wyeliminowania wad dwóch metod - natryskiwania płomieniowego i detonacyjnego. Hałas generowany przy tej metodzie jest o wiele mniejszy niż przy natryskiwaniu detonacyjnym oraz głowica urządzenia jest stosunkowo lekka i poręczna co pozwala na wykonywanie prac w trzech trybach: zautomatyzowanym, zmechanizowanym oraz ręcznym. Uzyskiwana prędkość ziarna jest nie wiele mniejsza niż przy metodzie wykorzystującej detonację, natomiast kilkukrotnie większa niż w metodzie natryskiwania płomieniowego. Prędkość ta pozwala na zagwarantowanie bardzo dobrej adhezji z podłożem oraz pozwala na stosowanie szerszej gamy materiałów[1].

Powłoki nanoszone metodą naddźwiękowego natryskiwania cieplnego cechują się doskonałą adhezją z podłożem, minimalną porowatością, zwartą i jednolitą strukturą oraz równomiernym rozkładem cząstek. Pozwala to na produkcję elementów z tańszych materiałów i uszlachetniać ich własności nanoszoną powłoką, która w każdym momencie może zostać poddana regeneracji co pozwala na skrócenie czasu przestojów i niwelację strat zysków w przedsiębiorstwie.

2. MATERIA DO BADAŃ I METODYKA BADANIA

2.1 Materiał podłoża

Inżynieria materiałowa jest aktualnie jedną z najszybciej rozwijających się dziedzin nauki, ze względu na ciągle rosnące zapotrzebowanie na materiały o stale lepszych własnościach, które będą odpowiadać coraz bardziej skomplikowanym zadaniom. Mimo rozwijającej się tematyki materiałów kompozytowych, tradycyjna metalurgia nie odchodzi w zapomnienie, dlatego jako materiał podłoża zastosowana została stal C45. Jest to niestopowa stal jakościowa, trudno spawalna, natomiast łatwa w obróbce. Nadaje się do użytku w stanie normalizowanym jak również po ulepszeniu cieplnym. Skład stali C45 przedstawiono w tablicy 1 [1].

Tablica 1. Skład chemiczny stali C45.

Table 1. Chemical composition of C45 steel.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0,42-0,5	0,5-0,8	≤ 0,4	max 0,045	max 0,045	≤ 0,4	≤ 0,4	≤ 0,1

2.2 Przygotowanie materiału podłoża

Dobre własności powłocy zapewnia jej odpowiednia przyczepność, jednym z niezbędnych czynników potrzebnych do tego jest zapewnienie wysokiej czystości technicznej oraz chemicznej podłoża. Pierwszym z etapów przygotowywania podłoża do nakładania powłoki jest redukcja odprysków spawalniczych, resztek żużla spawalniczego czy spoiny, tudzież również zanieczyszczeń w postaci tlenków, tłuszczów czy olejów. Równie ważnym kryterium jakości przygotowywanego podłoża jest jego chropowatość, która odpowiada za blokowanie się powłoki [2].

Etapy[2]:

- 1) Odtłuszczenie – jest to proces polegający na usuwaniu tłustych zabrudzeń z powierzchni próbki, w tym celu używana jest woda lub woda z dodatkami środków chemicznych. Zabieg można przeprowadzić poprzez podgrzanie, spłukiwanie, zanurzenie, mycie z pomocą mechaniczną w postaci szczotek czyszczących lub z użyciem ultradźwięków.
- 2) Obróbka strumieniowo ścierna – mechanizm usunięcia z powierzchni rdzy i zgorzelin, który można wykonywać metodą szlifowania. Wyeliminowanie zgorzelin powoduje zmniejszenie się magazynowania w szczelinach zanieczyszczeń oraz zapewnia odpowiednią chropowatość powierzchni,
- 3) Dokładne czyszczenie końcowe – polega na odmuchiwaniu próbki odtłuszczonym i suchym strumieniem powietrza, co zapewnia pozbycie się resztek materiału ściernego i pyłów.

2.3 Materiał powłokowy WC-Co

W celu nałożenia powłoki WC-Co użyto metody HVOF, która jest jedną z najlepszych metod wytwarzania powłok cermetalowych. Ponadto materiał WC-Co może być natrykiwany w niskiej temperaturze, co zapobiega drastycznej przemianie węglików, dzięki czemu uzyskane powłoki mają bardzo wysoką twardość [3]. Powstająca w ten sposób powłoka ma zwartą budowę, niską porowatość oraz dobrą przyczepność do podłoża. W celu zwiększenia twardości powłoki oraz modułu Younga zwiększa się zawartość [%] Co (20+5 μ).

Składające się z węgla wolframu cermetale o osnowie kobaltowej stosuje się wiodąco gwoli zabezpieczenia wyrobu przed zużyciem ściernym, erozyjnym oraz ciernym. Defektem tych powłok jest ograniczenie ich zastosowania do pracy w umiarkowanie wysokich temperaturach (~450°C). Metoda HVOF umożliwia wytwarzanie powłok z dużą wydajnością, jednocześnie zachowując ich wysoką jakość, co w efekcie prowadzi do otrzymania powłoki, której charakterystyczną cechą jest bardzo dobra przyczepność do podłoża oraz niska porowatość. Największą wadą stopów WC-Co jest ich toksyczność, co powoduje ograniczenie zastosowania tych powłok w przemyśle spożywczym [4].

2.4 Budowa powłoki natryskiwanej.

Powłoka powstaje poprzez uderzenie cząstek z naddźwiękową prędkością w materiał podłoża. Stopień cząstki w momencie kontaktu z podłożem pozwala na jej spłaszczenie, dlatego też po stopieniu i krystalizacji powłoka charakteryzuje się anizotropią. Powłoka ma typową budowę lamelarną. Pokazuje to, że temperatura cząstek ma kluczowy wpływ na takie cechy jak struktura, porowatość i kohezja, dlatego też, gdy cząstki w chwili uderzenia są w stanie stałym, kohezja powłoki drastycznie spada [4].

3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Parametry procesu mają fundamentalny wpływ na otrzymywane powłoki, zależą od specyfikacji materiału podłoża jak i również materiału powłokowego. Metoda HVOF pozwala na otrzymywanie powłoki o budowie lamelarniej bez względu na to jakie cząstki uda się otrzymać w procesie. Istotnym jednak jest fakt, że temperatura cząstek wpływa na ich kształt co bezpośrednio zmienia strukturę, porowatość i kohezję powłoki.

Nałożenie powłoki WC-Co wykorzystując metodę HVOF na produkty wykonane ze stali C45 znacznie wpłynie na własności mechaniczne oraz pozwoli zabezpieczyć je przed nadmiernym zużyciem. Na wytrzymałość opisywanej powłoki ma również wpływ wybrana metoda, która cechuje się powłokami o najlepszej przyczepności spośród wszystkich metod natryskiwania cieplnego. Opisane atuty bezkompromisowo wzmacniają wyroby i wydłużają czas ich eksploatacji. Inne metody często nie pozwalają na nadanie lepszych własności przedmiotom użytkowym lub jest to bardzo trudne do osiągnięcia, co pozwala na ograniczenie kosztów produkcji maszyn, konstrukcji budynków w powszechnych tańszych materiałach poprawiając ich własności nanosząc powłokę WC-Co metodą HVOF. Początkowo opisywana metoda znajdowała zastosowanie w regeneracji już zużytych części, natomiast dzisiaj coraz częściej wykorzystuje się ją do produkcji nowych elementów. Aktualnie korzysta się z niej w każdej dziedzinie przemysłu łącznie z przemysłem maszynowym, samochodowym, lotniczym czy kosmicznym.

LITERATURA

1. Szulc T., Notatki z historii natryskiwania termicznego, Przegląd spawalnictwa 6/2013
2. www.stalma.com.pl [dostęp 14.11.2018]
3. https://bip-files.idcom-web.pl/sites/46649/wiadomosci/344426/files/most_na_kanale_mew_m140202__natryskiwanie__cieplne__powlok_cynkowych.pdf [dostęp 14.11.2018]
4. Formanek, B. Szymański, K. Naddźwiękowe natryskiwanie cieplne HVOF powłok o wysokiej odporności korozyjnej, SIGMA-NOT, 2003
5. Hejwowski, T. Nowoczesne powłoki nakładane cieplnie odporne na zużycie ściernie i erozyjne, Politechnika Lubelska, Lublin, 2003