

Nowe technologie natryskiwania termicznego



TOMASZ SZULC
POLITECHNIKA WROCŁAWSKA*

WYNALEZIONE NA PRZEŁOMIE XIX I XX WIEKU NATRYSKIWANIE TERMICZNE, CZYLI NANOSZENIE POWŁOK METALICZNYCH NA RÓŻNE PODŁOŻA, UZNANO POCZĄTKOWO ZA TECHNOLOGIĘ TAK ATRAKCYJNĄ, ŻE PRZEOCZONO JEJ NIEDOSKONAŁOŚCI

Potem niewystarczająca okazała się przede wszystkim przyczepność warstw do podłoża, krytykowano też nadmierną porowatość warstw i znaczny stopień utlenienia nanoszonego materiału (patrz: „Autonaprawa” nr 3/2011). Dopiero obecne nowe technologie i udoskonalone wcześniejsze umożliwiły znaczącą poprawę najważniejszych właściwości tego rodzaju procesów.

Natryskiwanie w atmosferach ochronnych

Pozornie najłatwiej było zaradzić utlenianiu kropelek stopionego metalu dzięki jego natryskiwaniu w atmosferze gazów obojętnych, gdy medium rozpylającym i transportującym jest również gaz obojętny. Za pomocą takiego gazu można

również wykonywać natryski w komorach niskiego ciśnienia, nazywanych potocznie komorami próżniowymi. Już pierwsze takie próby wykazały, że możliwe jest uzyskanie warstw o porowatości obniżonej z kilkunastu do mniej niż 5%.

Ograniczone utlenianie skutkowało także wzrostem przyczepności, gdyż brak warstwy tlenku na kropelkach metalu ułatwia ich deformację w chwili zderzenia z podłożem i pozwala dokładniej wypełnić nierówności powierzchni. W ten sposób zwiększa się siła ich mechanicznego zakotwiczenia w podłożu. Na dodatek na styku metal-metal występuje silniejsza dyfuzja i adhezja, niż w kontakcie jednego metalu z tlenkiem drugiego.

Natryskiwanie w komorach z regulowaną atmosferą (niskociśnieniowych lub

wypełnionych gazami obojętnymi) jest jednak kosztowne, zwłaszcza przy dużych wymiarach metalizowanych przedmiotów. Dlatego ta metoda nie znalazła szerszego zastosowania.

Zastosowanie warstw pośrednich

Największym wyzwaniem okazało się zwiększenie przyczepności warstw do podłoża. Właściwości uzyskiwanych powłok niemal od początku uznawano za w pełni satysfakcjonujące, a ich różnorodność i wybór właściwości przekraczały początkowe potrzeby. Na przeszkodzie szerokiemu upowszechnieniu wyrobów pokrytych natryskiwaniem powłokami stała skłonność warstw dodatkowych do oddzielania się od podłoża pod działaniem niewielkich sił zewnętrznych, a czasem nawet samorzutnie. W związku z tym wprowadzono radykalne uproszczenia geometrii powierzchni nadających się do natryskiwania i maksymalnie podniesiono wymagania związane z czystością i stanem pokrywanych podłoży. Te ograniczenia spowodowały spadek zainteresowania technologią natryskiwania, jako zbyt kłopotliwą.

Pierwszą istotną innowacją zwiększającą przyczepność było zastosowanie warstw pośrednich. Wykonywano je z materiałów o znacznej przyczepności do podłoża, a równocześnie zapewniających silniej-

sze kotwiczenie się powłok zewnętrznych. Najpierw takim materiałem okazał się molibden. Jego specyficzną właściwością jest intensywne parowanie powłok tlenkowych w podwyższonych temperaturach. Dzięki temu kropelki stopionego molibdenu wprawdzie utleniają się, ale powłoka tlenkowa paruje i jej grubość pozostaje bardzo niewielka. W chwili zderzenia z podłożem powłoka ta pęka i przywiera do podłoża na zasadzie metal-metal. Niestety, molibden jest metalem ciężkim, a na dodatek deficytowym, co rzutuje na jego cenę, porównywalną z ceną srebra. Stwierdzono również, że powłoki molibdenowe mogą być stosowane tylko tam, gdzie temperatura pracy pokrytego nimi elementu nie przekracza 400°C.

Znacznie atrakcyjniejszym materiałem pośrednim okazały się aluminki, czyli związki złożone z dwóch metali, z których jednym jest aluminium. Powstają przez podgrzanie i wymieszanie obu składników, a reakcja ma charakter egzotermiczny, czyli towarzyszy jej wydzielanie znacznych ilości ciepła. Praktyczny efekt jest taki, że przy natrysku materiałem dwuskładnikowym reakcja rozpoczyna się po stopieniu materiału dodatkowego i samoczynnie podtrzymuje wysoką temperaturę natryskiwanych kropelek. Docierają one do podłoża w stanie ciekłym lub wysokoplastycznym, dzięki czemu lepiej do niego przywierają. Czasem reakcja trwa jeszcze po pokryciu podłoża, które jest wtedy nagrzewane do temperatury umożliwiającej powstanie mikrozespań, a więc połączeń kohezyjnych. Łączna przyczepność warstwy do podłoża rośnie wówczas kilkakrotnie.

Najpowszechniej w celu nanoszenia warstw pośrednich są stosowane kompozyty Ni-Al o wagowej zawartości od 5 do 30% aluminium. W zależności od proporcji ciepło reakcji egzotermicznej wynosi od 40 do 60 kJ/mol. Okazało się przy tym,



POWYŻEJ: URZĄDZENIE DO NATRYSKIWANIA DETONACYJNEGO; Z PRAWYJ: GŁOWICA DO NATRYSKIWANIA METODĄ HVOF



że powstające w wyniku reakcji związki NiAl, Ni3Al mają znakomite właściwości użytkowe – dużą odporność korozyjną, odporność na ścieranie itd. Bywają więc używane także jako powłoki finalne.

W przypadku nanoszenia powłok ceramicznych, których bezpośrednia przyczepność do podłoża może być bardzo mała, jako powłoki pośrednie bywają stosowane: czysty nikiel, a nawet stal.

Procesy wysokoenergetyczne

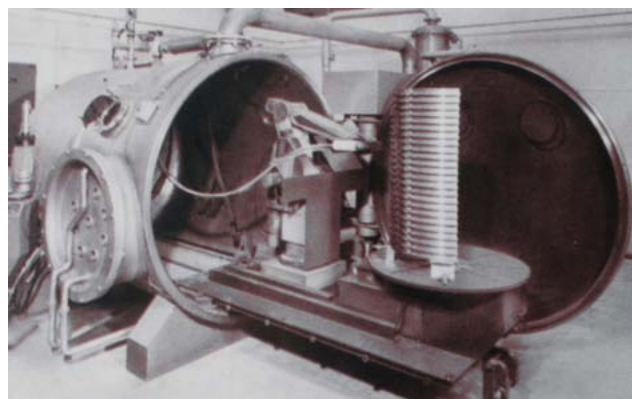
Skutecznym sposobem zwiększenia przyczepności warstw do podłoża jest zwiększenie energii ziaren materiału dodatkowego, a na to z kolei najbardziej wpływa ich prędkość (energia rośnie do jej kwadratu). Dlatego konstruktorzy urządzeń do natryskiwania poszukują rozwiązań umożliwiających nadawanie materiałowi dodatkowemu jak największych prędkości.

Pierwszą metodą natryskiwania, która wyróżniła się dużą prędkością ruchu drobin materiału dodatkowego, było natryskiwanie detonacyjne. Konstrukcja urządzenia natryskującego była dość prosta. Do komory spalania wtryskiwano paliwo (ciekłe lub gazowe) i utleniacz (tlen lub powietrze) oraz sproszkowany materiał dodatkowy. Zapłon mieszanek powodował eksplozję, a fala uderzeniowa przemieszczała się wewnątrz długiej, chłodzonej wodą lufy, w której drobiny materiału dodatkowego były przyspieszane i nie ulegały rozproszeniu. Osiągano

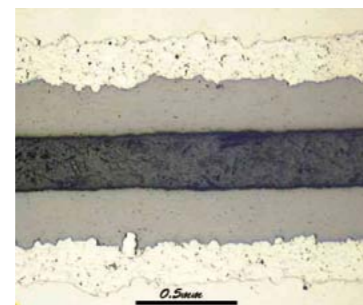
w ten sposób naddźwiękowe prędkości ziaren (powyżej 800 m/s). Niedogodnością był cykliczny charakter procesu: wtrysk-zapłon-„wydech”, co skutkowało nierównomiernym nakładaniem powłok na większych powierzchniach. Dlatego zwiększano częstotliwość cykli z początkowych ok. 5/s do obecnych ponad 50. Zalety tej metody to niska porowatość warstw (nawet poniżej 1%), możliwość nanoszenia materiałów trudnotopliwych i dynamiczne oczyszczanie podłoża przez falę uderzeniową. Niemożliwą do wyeliminowania wadą jest jej wysoka hałaśliwość przekraczająca 140 dB, co oznacza konieczność prowadzenia procesów w wydzielonych, wytumionych pomieszczeniach przez urządzenia obsługiwane zdalnie. Te właśnie niedogodności spowodowały, że natryskiwanie detonacyjne jest stosowane relatywnie rzadko i niemal wyłącznie wtedy, gdy zawodzą metody alternatywne.

Próba wyeliminowania niedogodności natryskiwania detonacyjnego i zachowania, choćby częściowego, jego zalet było opracowanie na początku lat 80. ub. wieku naddźwiękowego natryskiwania płomieniowego, nazywanego Jet lub HVOF (*high velocity oxygen-fuel*).

Urządzenie stosowane w tej metodzie jest podobne do głowicy natryskiwania płomieniowego proszkiem, a różni się od niej konstrukcją dyszy, w której strumień gazu z kropelkami materiału dodatkowe- →



OTWARTA KOMORA DO NATRYSKIWANIA PLAZMOWEGO W PRÓŻNI



PRZEKRÓJ PRZEZ NATRYSKIWANĄ DWUSTRONNIE PŁYTKĘ STALOWĄ Z WARSTWĄ POŚREDNIĄ ZE STOPU HASTELLOY-C I WARSTWĄ FINALNĄ Z TLENKU CHROMU




WARSTWA NATRYSKIWANA Z TLENKU CHROMU NA WARSTWIE POŚREDNIEJ Z NIKLU NANIESIONEJ NA PODŁOŻE Z TWORZYWA SZTUCZNEGO WZMOCNIONEGO WŁÓKNEM SZKLANYM

FOT. GORDON ENGLAND, PLASMA TECHNIK AG

FOT. BEIJING LOGON LTD., PERKIN ELMER



**Producent
Filtrów
LPG & CNG**



CERTOOLS sp.j.
ul. Wspólna 23 B, 95-200 Pabianice
tel.: +48 42 227 07 57, 215 04 70
faks +48 42 227 56 55
certoools@certoools.pl; www.certoools.pl