

14. Powierzchniowe warstwy stopowe odlewnicze i infiltracyjne

Wśród wielu metod zwiększania trwałości eksploatacyjnej powierzchni elementów maszyn, szczególnego znaczenia nabierają metody odlewnicze, gdzie szczególne własności odlewu staliwnego lub żeliwnego uzyskuje się przez wytworzenie **kompozytowej powierzchniowej warstwy stopowej**, bezpośrednio w procesie zalewania ciekłym metalem, do odpowiednio przygotowanych form [120]. Dotyczy to odlewów pracujących w bardzo trudnych warunkach eksploatacyjnych, np. przeznaczonych na elementy maszyn wydobywczych, od których wymaga się zarówno wysokiej odporności na zużycie, jak i odpowiednio wysokich własności mechanicznych i ciągliwych. Zwykle trudno zapewnić wszystkie wymagane własności w całej objętości odlewu, np. ze staliwa stopowego. Stosowana jest technologia otrzymywania powierzchniowych kompozytowych warstw stopowych na wybranych powierzchniach odlewu, zapewniając wysokie własności w jego żądanych miejscach. Powierzchniowe kompozytowe warstwy stopowe znajdują zastosowanie w przemyśle na odlewach odpornych na zużycie ścierne, pracujących w warunkach suchego ścierania przy współpracy par metal-metal i metal-material mineralny, np. z węglem kamiennym, brunatnym, materiałami budowlanymi, w tym cementem, klinkierem, piaskiem. Wymagane własności odlewów uzyskuje się przez wytworzenie stopowych powierzchniowych warstw kompozytowych odpornych na ścieranie, bezpośrednio w procesie odlewania na odlewach staliwnych lub żeliwnych. Przygotowanie form polega na pokryciu wyznaczonych fragmentów powierzchni wnętrza formy materiałem kompozytującym w postaci warstwy o wymaganej grubości. W tym celu przygotowuje się perforowane wkładki do form o grubości 3 do 10 mm ze spoiwem np. organicznym m.in. z żywicy epoksydowej, organicznego rozpuszczalnika lub szkła wodnego [121], np. z proszków węgla chromu lub węgla krzemu o ziarnistości $1,2 \div 2,0$ mm, względnie proszków ze stopów niklu z dodatkiem $Ti(C,N)$, lub z węglikiem wolframu o ziarnistości frakcji głównej 0,056 mm, lub z proszku korundu o ziarnistości $1,2 \div 2,5$ mm, lub z udziałem stopów Fe-Cr-C jako podstawowym składnikiem materiału kompozytującego o ziarnistości $0,8 \div 1,0$ mm, lub proszków na osnowie Fe-Cr i Ni-Cr o ziarnistości od 0,4 do 0,8 mm, lub na robocze powierzchnie formy odlewniczej nanosi się materiał kompozytujący zawierający proszek $Ti(C,N)$ o ziarnistości 0,1-0,3 mm, lub wykonany na bazie rozdrobnionego ($<0,3$ mm) wysokowęglowego żelazochromu, lub materiału kompozytującego samotopnikującego w

postaci rozdrobnionych do ziarnistości poniżej 0,42 mm stopów na osnowie niklu z chromem, krzemem, borem i żelazem, o kształcie odpowiadającym geometrii powierzchni roboczej odlewu, które następnie są zalewane odpowiednio staliwem lub żeliwem. Umieszczenie materiału kompozytującego w formie następuje różnymi metodami [121-126], np. przez uformowanie warstwy tego materiału bezpośrednio we wnęce formy, przez równomierne rozprowadzenie uprzednio przygotowanej mieszaniny aktywującej w sposób umożliwiający uzyskanie odpowiedniego udziału masowego składnika stopowego na jednostkę powierzchni formy. Spoiwo wchodzące w skład mieszaniny aktywującej wiąże ze sobą ziarna materiału kompozytującego oraz z powierzchnią formy lub rdzenia. Trwale umocowanie we wnęce formy specjalnie uprzednio przygotowanych kształtek z materiału kompozytującego [122] może polegać na wzajemnym dopasowaniu wymiarów, szpilkowaniu lub przyklejaniu. Oryginalna technologia wytwarzania powierzchniowych kompozytowych warstw stopowych polega na wyeliminowaniu spoiwa ze składu materiału kompozytującego i zastąpieniu go polem magnetycznym [123], przez utworzenie warstwy materiału kompozytującego przy pomocy pola magnetycznego. Prowadzone dotychczas badania nad opracowaniem technologii wytwarzania odlewów z warstwą kompozytową przy użyciu pola magnetycznego [126] pozwoliły na korzystne zmiany warunków infiltracji żeliwa w warstwę materiału kompozytującego poprzez wyeliminowanie spoiwa, co wymaga zastosowania mieszanin materiału niemagnetycznego, o udziale masowym 70%, np. węgla wolframu o ziarnistości frakcji głównej 0,056 mm, będącego właściwym materiałem kompozytującym, z materiałem magnetycznym umożliwiającym aktywację wnętrza formy w polu magnetycznym, którym jest proszek żelaza o ziarnistości frakcji głównej 0,071 mm. W zależności od grubości ścianki odlewu i zastosowanego topnika uzyskano warstwy kompozytowe o grubości do ok. 2,4 mm, o dużej równomierności i dobrej jakości.

Głównym składnikiem stopowym warstw kompozytowych wytworzonych na odlewach wymienionymi metodami jest chrom, a także mangan, bor, nikiel, krzem lub wanad. Uzyskane wyniki badań ujawniają wyraźnie ziarnową strukturę warstw kompozytowych (plansza 1), co wskazuje na penetrację ciekłego metalu w materiał kompozytujący jako główne zjawisko towarzyszące powstawaniu warstwy. Gwałtowna zmiana stężenia takich pierwiastków jak Cr, W, Fe, sugeruje występowanie w ograniczonym stopniu takich zjawisk jak rozpuszczanie oraz dyfuzja. Bardzo istotnym parametrem okazuje się ziarnistość materiału kompozytującego. Analiza statystyczna wykazuje istnienie różnic w twardości i ścieralności warstw kompozytowych

wykonanych przy zastosowaniu różnych ziarnistości materiału kompozytującego. Najlepsze własności ze względu na odporność na zużycie ściernie wykazują warstwy wytwarzane z materiałów o mniejszej ziarnistości [121]. Powierzchniowe warstwy kompozytowe są dość dokładnie opracowane w przypadkach, gdy materiał kompozytujący zawiera składniki stopowe o wysokiej temperaturze topnienia w stosunku do metalu zalewanego, a procesem wiodącym jest penetracja ciekłego stopu w głąb porowatej warstwy materiału kompozytującego, natomiast nie precyzują warunków powstawania warstwy kompozytowej, gdy temperatury topnienia składników materiału kompozytującego są zbliżone lub niższe od temperatury metalu zalewanego.

Metodą łączącą techniki odlewnicze (proces infiltracji) oraz metalurgię proszków (przygotowanie porowatych szkieletów spiekanych) jest infiltracja ciśnieniowa porowatych szkieletów spiekanych, należąca do najprężniej rozwijających się metod wytwarzania materiałów kompozytowych. Zastosowanie procesu infiltracji jako technologii wysoko opłacalnej stanowi podstawę do otrzymywania szerokiej gamy materiałów kompozytowych i pozwala na uzyskanie wielu korzyści technologicznych [127-133], w tym stwarza możliwości lokalnego wzmacniania odlewu. Ostatnia z wymienionych zalet technologii infiltracji ciśnieniowej pozwala na adaptację tej metody do kształtowania powierzchni materiałów inżynierskich. Cienkie szkielety ceramiczne w postaci płata, tulei, bądź o bardziej złożonym kształcie, umieszczone w formie odlewniczej, infiltruje się ciekłymi stopami (najczęściej metali lekkich) wytwarzając w ten sposób powierzchniowo wzmacniane elementy. Podstawową korzyścią tej metody jest połączenie wytwarzania elementu i kształtowania jego powierzchni w jednym procesie technologicznym. Możliwość kształtowania powierzchni, a nie jak w przypadku konwencjonalnych metod wytwarzania materiałów kompozytowych – całej objętości tworzywa, stwarza kolejne perspektywy w przypadku materiałów wzmacnianych kosztownymi składnikami, lub składnikami, które oprócz pożądanej poprawy jednych własności powodują pogorszenie innych, np. poprawa wytrzymałości przy jednoczesnym znacznym wzroście gęstości w przypadku materiałów wzmacnianych tworzywami o dużo większej gęstości niż osnowa. Podstawą kompozytowych warstw wierzchnich wytwarzanych metodą infiltracji są porowate półprodukty ceramiczne będące ich szkieletem i to właśnie one w głównym stopniu determinują strukturę (plansza 1) i własności finalnego produktu. Poprawnie wytworzony półprodukt powinien charakteryzować się strukturą otwartych, połączonych kanałów, umożliwiając jak najłatwiejsze płynięcie ciekłego metalu.