

Mgr inż. Sabina PUZIO

„Dobór rodzaju oraz technologii utwardzania mas formierskich przeznaczonych na formy do ablacyjnego odlewania stopów aluminium”

Streszczenie

Celem rozprawy doktorskiej jest dobór składu mas formierskich oraz optymalnej technologii utwardzania wykonanych z nich form przeznaczonych do odlewania ablacyjnego stopów aluminium.

Technologia odlewania ablacyjnego do form piaskowych posiada szereg zalet, takich jak możliwość wykonywania odlewów o zróżnicowanej grubości ścianki i skomplikowanych kształtach bez konieczności ich rdzeniowania, czy zapewnienie wysokiego gradientu temperatury i krótkiego czasu krzepnięcia odlewu, co wpływa na rozdrobnienie jego struktury. Proces odlewania ablacyjnego pozwala na uzyskanie bardzo sztywnych odlewów, które mogą być zlokalizowane w strefach zgniotu i funkcjonować jako duże aluminiowe węzły konstrukcyjne. Profile aluminiowe są wprowadzane do gniazd w węzłach odlewanych metodą ablacyjną, które to węzły działają jako uchwyty utrzymujące we właściwej pozycji elementy ramy przestrzennej. Amerykański patent opisujący technologię odlewania ablacyjnego zakłada możliwość wykorzystania w procesie różnych spoiw wodorozcieńczalnych, ale w praktyce stosowane jest jedynie szkło wodne. W literaturze brakuje danych na temat właściwości odlewów wykonanych w technologii odlewania ablacyjnego przy wykorzystaniu form z mas z innymi spoiwami i przy zastosowaniu różnych technologii utwardzania mas. Stąd podjęta tematyka rozprawy doktorskiej.

Masa formierska zastosowana do wytworzenia form do odlewania ablacyjnego powinna charakteryzować się wytrzymałością niezbędną do przeniesienia ciśnienia metalostatycznego ciekłego stopu, przy jednoczesnej podatności na destrukcję przez czynnik ablacyjny (wodę). Wstępne badania laboratoryjne wykazały, że wytrzymałość na zginanie utwardzonych mas formierskich przeznaczonych dla odlewania ablacyjnego, powinna mieścić się w zakresie $1,5 \div 1,7$ MPa. Najodpowiedniejszymi spoiwami dla tego procesu są spoiwa nieorganiczne wodorozcieńczalne, które ulegają erozji pod wpływem działania czynnika ablacyjnego. Powszechnie stosowaną w przemyśle odlewniczym technologią wykonywania form i rdzeni z zastosowaniem spoiw nieorganicznych jest proces Floster S, w którym spoiwem jest szkło wodne utwardzane chemicznie estrami. Bardziej kosztownym procesem, pozwalającym jednak na wyeliminowanie udziału organicznego utwardzacza estrowego, jest utwardzanie fizyczne szkła wodnego w podwyższonej temperaturze lub przy zastosowaniu mikrofal. Procesy te są korzystne również ze względu na znaczną redukcję ilości zastosowanego w nich spoiwa. Do nieorganicznych spoiw przeznaczonych do produkcji form i rdzeni zalicza się również spoiwa na bazie polimerów mineralnych tzw. geopolimery. Podobnie jak szkło wodne oraz spoiwa na bazie zmodyfikowanego szkła wodnego utwardza się je fizycznie oraz chemicznie przy pomocy utwardzacza estrowego. W ramach rozprawy przeanalizowano również możliwość zastosowania na formy do odlewania ablacyjnego nieorganicznego spoiwa fosforanowego. Spoiwo to nie jest obecnie stosowane w praktyce odlewniczej, ale analiza danych literaturowych oraz badania własne wykazały, że jego zastosowanie pozwala na osiągnięcie odpowiednich wytrzymałości masy przy zachowaniu ekologicznego charakteru procesu. Spoiwo to może być utwardzane zarówno fizycznie jak i chemicznie przy pomocy tlenku magnezu.

W ramach rozprawy badaniom poddano masy z 6 różnymi spoiwami komercyjnymi, a formy utwardzano w różnych technologiach. Przeprowadzono badania wytrzymałości mas formierskich wraz z analizą mostków wiążących, badania wydzielalności gazów z mas formierskich, badania derywatograficzne mas formierskich, badania erozji form oraz badania zwilżalności form. Dla wybranych mas formierskich przeprowadzono symulacje komputerowe procesu odlewania i wykonano odlewy próbne. Do wykonania próbnych odlewów, ze względu na powszechne zastosowanie w przemyśle odlewniczym, wytypowano stop aluminium-krzem AK7. W celu porównania różnic występujących w ścieżce krystalizacji odlewu krzepnącego tradycyjnie w formie piaskowej i metalowej w temperaturze otoczenia oraz odlewu wykonanego w technologii odlewania ablacyjnego równocześnie zostały wykonane pomiary zmian temperatury w czasie dla każdej z wymienionych technologii. Podczas krystalizacji nierównowagowej stopów Al-Si obserwuje się zmianę położenia punktów charakterystycznych dla układu równowagi. Przy wyższej prędkości krystalizacji zwiększa się zakres maksymalnej rozpuszczalności krzemu w aluminium. Badania wykazały, że punkt eutektyczny przesunął się w kierunku wyższych zawartości krzemu, a temperatury likwidus i przemiany eutektycznej uległy obniżeniu. Równocześnie zaobserwowano mikrosegregację dendrytyczną. Roztwór stały α występuje w formie wydłużonych dendrytów, kryształy pierwotne krzemu ulegają rozdrobnieniu oraz zwiększa się dyspersja krzemu eutektycznego. W krystalizacji superszybkiej tworzy się struktura komórkowa wolna od niejednorodności dendrytycznej. Ziarno eutektyczne ma budowę jednego silnie rozgałęzionego dendrytycznego kryształu krzemu. Przekroje ramion stanowią powyginane płytki, które są widoczne na zglądzie w postaci igieł różnej grubości. Przy określonych warunkach przechłodzenia mogą się tworzyć odgałęzienia dendrytów w postaci włóknistej, na zglądzie widoczne jako konfiguracja drobnych ziarenek.

Ostatnim etapem prowadzonych badań były badania materiałów pozostałych po procesie. Odlewanie ablacyjne to technologia umożliwiająca odzyskanie osnowy piaskowej bez konieczności poddawania jej regeneracji mechanicznej. Podczas destrukcji formy następuje obmywanie ziaren osnowy z materiału wiążącego, który zostaje rozpuszczony w wodzie. Badania wykazały, że osnowa po suszeniu charakteryzuje się wysoką jakością i ma właściwości zbliżone do właściwości świeżego piasku. Badania wykazały również, że woda pozostała po procesie, zawierająca niewielkie ilości spoiwa nieorganicznego, charakteryzuje się niską szkodliwością i, bez konieczności dodatkowego oczyszczania, może zostać odprowadzona do ścieków komunalnych.