

JAKOŚĆ KOMPOZYTOWYCH ODLEWÓW ODŚRODKOWYCH PO WTÓRNYM PRZETOPIE

Szczepan TOMCZYŃSKI
Katedra Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej
Al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa

1. Wprowadzenie

Recykling, czyli powtórne, a nawet wielokrotne przetapianie odpadów z produkcji odlewów kompozytowych (układów wlewowych, wybrakowanych lub zużytych odlewów) staje się od pewnego czasu problemem w krajach stosujących szeroko odlewane materiały kompozytowe. Brak jest dotychczas w świecie jednoznacznych metod recyklingu. Firmy produkujące kompozyty na skalę przemysłową (np. firma DURALCAN) przedstawiają przeważnie swoim odbiorcom jedynie wskazówki technologiczne dotyczące jednostopniowego procesu recyklingu, nie wyjaśniając szczegółowo zjawisk fizykochemicznych zachodzących w procesie przetapiania.

Czynnikami wpływającymi na jakość kompozytu po ponownym przetopie mogą być: czas i temperatura kolejnych przetopów, szybkość mieszania, stosowane zabiegi rafinacji, zgar pierwiastków, rozwój (lub hamowanie) ewentualnych reakcji na powierzchni kontaktu metal-ceramika, zmiana napięć powierzchniowych i międzyfazowych w połączeniach adhezyjnych, równomierny rozkład cząstek lub ich aglomeracja, sedymentacja lub wypływanie cząstek.

W zależności od występującego w kompozycie mechanizmu połączenia cząstek z osnową przedłużenie czasu kontaktu powierzchni cząstki z ciekłym stopem podczas kolejnych przetopów może prowadzić do rozrostu lub degradacji ewentualnej warstwy przejściowej. W przypadku połączenia typowo adhezyjnego może to wpływać na zwilżalność (pozytywnie lub negatywnie).

Poznawanie zjawisk zachodzących na granicy rozdziału cząstka-osnowa w czasie ponownego przerobu pozwoli na określenie warunków zachowania (bądź podwyższenia) wymaganych właściwości oraz opracowanie technologii procesów recyklingu. Rozszerzy to możliwości wytwarzania kompozytów na drodze odlewniczej oraz wykorzystanie wtórnych surowców kompozytowych, co ma duże znaczenie ekonomiczne i ekologiczne.

2. Wtórny przetop kompozytów

Przeprowadzono badania porównawcze zawartości i rozkładu cząstek ceramicznych w kompozytowych odlewach odśrodkowych uzyskanych bezpośrednio po wytopieniu kompozytu metodą mechanicznego mieszania oraz po ponownym ich przetopie. Jako bazę przyjęto wyniki badań nad wytwarzaniem zbrojonych strefowo odlewów kompozytowych metodą odlewania odśrodkowego [1]. Dodatkowo przeprowadzono badania zużycia ciernego na wybranych powierzchniach wytworzonych odlewów.

Do badań stosowano identyczny materiał jak we wcześniejszych badaniach – kompozyt na osnowie stopu $AlSi7Mg4$ zawierający 10% wagowo cząstek SiC o ziarnistości $40-70\mu m$. Do wytwarzania odlewów odśrodkowych wykorzystano zaprojektowane i wykonane w Katedrze Odlewnictwa stanowisko do odlewania odśrodkowego z pionową osią wirowania o zmiennej, regulowanej płynnie prędkości obrotowej, przedstawione na rys.1 [2]. Zamontowana na stole stanowiska wirująca forma (2) pozwalała na uzyskanie odlewów o wymiarach $\varnothing 120 \times 30$ mm.

Odlewy kompozytowe uzyskiwano przy stosowaniu następujących parametrów, ustalonych jako optymalne we wcześniejszych pracach:

- stała masa próbki 250 g, pozwalająca na uzyskanie odlewów cylindrycznych o grubości ścianki 10 mm,
- stała temperatura zalewanego stopu – $700^{\circ}C$,
- stały czas wirowania – 180 s.
- prędkość obrotowa formy – 1500 min^{-1} ,
- temperatura formy – $260^{\circ}C$.

W pierwszym etapie badań stosowano technologię przetopu identyczną jak podczas otrzymywania kompozytów metodą mechanicznego mieszania, tj. po roztopieniu kompozyt intensywnie mieszano za pomocą mieszadła mechanicznego przez czas 180 s i zalano do formy wirującej. Przeprowadzone obserwacje mikroskopowe uzyskanych odlewów odśrodkowych (rys. 2) wykazały, że całkowita zawartość cząstek SiC

Rys. 1. Schemat stanowiska do odlewania odśrodkowego:

- 1 – tuleja grafitowa
- 2 – forma metalowa
- 3 – kołek centrujący
- 4 – tuleja montażowa
- 5 – obrotowy stolik montażowy
- 6 – silnik prądu stałego
- 7 – zaciskowe elementy mocowania formy
- 8 – osłona z blachy stalowej
- 9 – konstrukcja nośna z kątowników

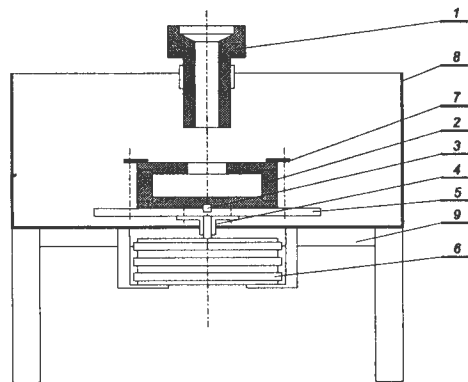
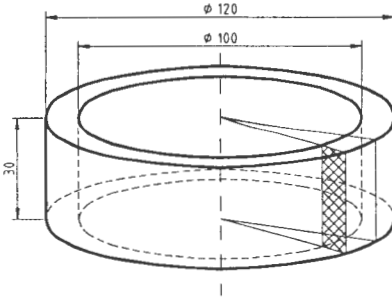


Fig.1. Scheme of the centrifugal pouring stand



Rys. 2. Widok i wymiary odlewu doświadczalnego (zaznaczono płaszczyzny cięcia próbki oraz analizowaną powierzchnię zglądu)

Fig.2. View and dimensions of the experimental casting

ilości cząstek bezpośrednio na uzyskanych fotografiach mikrostruktur (zdjęcia „klatka po klatce” przez cały przekrój próbki). Na fotografiach wykonanych przy tym samym powiększeniu mikroskopowym i liniowym naniesiono ciąg przylegających do siebie pól pomiarowych (kwadraty 20 x 20 mm), na których kolejno zliczano ilość znajdujących się w nich cząstek. Dla porównania w identyczny sposób zliczono ilość cząstek w próbkach kompozytu pierwotnego odlanego oszczędowo przy tych samych warunkach.

Uzyskane wyniki (rys. 3) ukazują zmienny rozkład cząstek SiC na przekroju odlewów oszczędowych. W pobliżu powierzchni zewnętrznej zaznacza się wyraźny wzrost ilości cząstek, dalej w głąb odlewu ich koncentracja wyraźnie zmniejsza się, miejscami na wielu próbkach praktycznie obserwuje się czysty stop osnowy. Natomiast przy powierzchni wewnętrznej ponownie obserwujemy nieznaczny wzrost koncentracji cząstek. Obserwacja mikrostruktur przy dużych powiększeniach wykazała, że cząstki występujące w tych obszarach nie są zwilżone przez stop osnowy, w większości otoczone są zanieczyszczeniami tlenkowymi, w obszarach tych skupiają się również zanieczyszczenia.

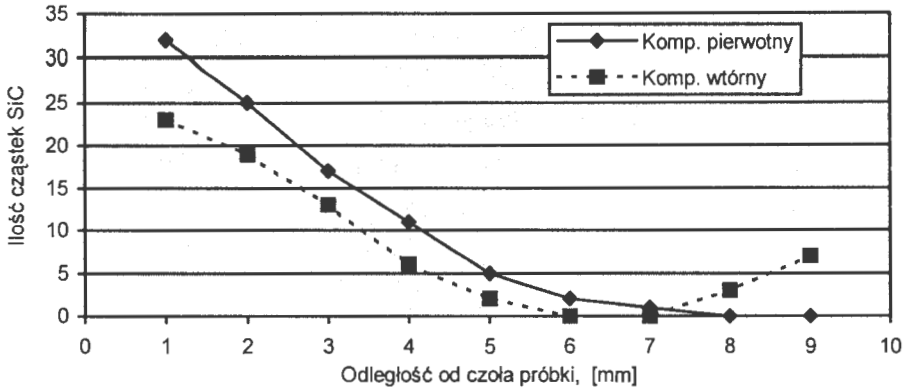
Taki rozkład cząstek w odlewach wtórnych wynika z rozkładu sił w ciekłym stopie poddanym działaniu siły oszczędowej. Cząstki „czyste” (dobrze zwilżone) jako cięższe są odrzucane w kierunku powierzchni zewnętrznej, natomiast cząstki otoczone lekkimi zanieczyszczeniami i same zanieczyszczenia jako lżejsze są wypychane przez ciekły stop do wnętrza wirującego układu.

W związku z zanieczyszczeniem stopu przy intensywnym mieszaniu badania powtórzone stosując takie same parametry, ale po roztopieniu kompozytu i przetrzymaniu go przez 180 s mieszano go z niewielką prędkością. W efekcie uzyskano dobrą jakość kompozytu (śladowe ilości zanieczyszczeń) ale całkowita zawartość cząstek zmniejszyła się w stosunku do kompozytu pierwotnego średnio o 40%. W trakcie przetapiania i

praktycznie nie uległa zmianie (nieznaczny spadek rzędu 3+5%), jednak rozkład tych cząstek na przekroju próbek (w kierunku promieniowym) nie jest tak jednoznaczny jak przy pierwotnym odlewaniu kompozytów. W trakcie przetopu i intensywnego mieszania do stopu zostały wprowadzone zanieczyszczenia, które częściowo przywarły do powierzchni cząstek, a częściowo występują w postaci samo-dzielnych skupisk. Współistnienie na zglądzie cząstek z zanieczyszczeniami uniemożliwiło przeprowadzenie pomiarów ilościowych na komputerowym analizatorze obrazu, gdyż program nie rozróżniał prawie identycznych pod kątem zabarwienia obszarów na uzyskanych mikrostrukturach.

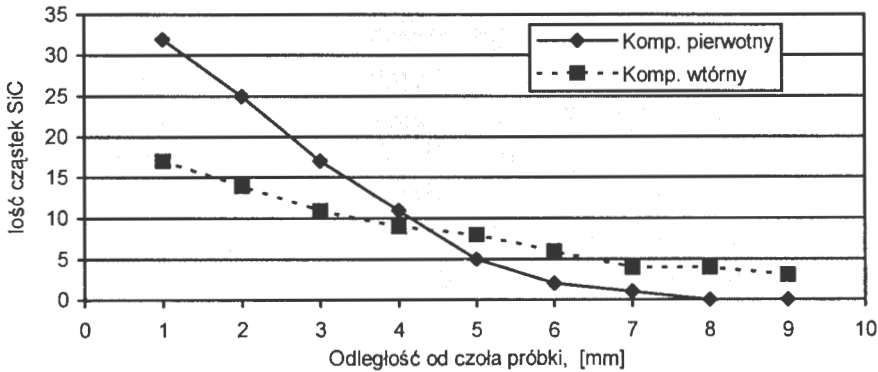
W związku z tym przyjęto metodę zliczania

odlewania zaobserwowano częściowe wypływanie cząstek, jak również przyleganie do ścianek tygla.



Rys. 3. Rozkład SiC na przekroju pierwotnego i wtórnego odlewania odśrodkowego
Fig. 3. SiC distribution over cross-sections of basic and recycled centrifugal castings

Pomiary rozkładu cząstek na przekroju uzyskanych próbek wykazały (przy zachowaniu tych samych parametrów odlewania) znacznie mniejsze różnice koncentracji SiC w odlewie (rys. 4). W próbkach nie występują już obszary czystego stopu osnowy, cząstki rozłożone są bardziej równomiernie. Spowodowane jest to koniecznością pokonania przez cząstki znacznie większej drogi.



Rys. 4. Rozkład SiC na przekroju pierwotnego i wtórnego odlewania odśrodkowego
(kompozyt przetapiany bez intensywnego mieszania)
Fig. 4. SiC distribution over cross-sections of basic and recycled centrifugal castings
(composite remelted without intensive mixing)

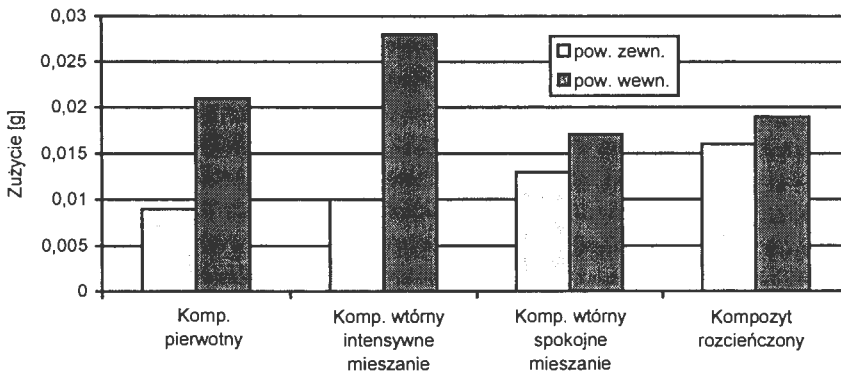
3. Rozcieńczanie kompozytów

Przeprowadzono również wstępne próby ponownego przerobu kompozytów odlewanych przez ponowny przetop i rozcieńczanie stopem osnowy w stosunku 1 : 1. W celu porównania uzyskanych wyników stosowano takie same parametry przetopu i odlewania jak we wcześniejszych próbach, jednak dla zachowania takich samych wymiarów gotowych odlewów przetapiano porcje 125 g kompozytu i 125 g technicznego stopu AK7. Po przetopie i rozcieńczeniu sumaryczna zawartość cząstek SiC zmniejszyła się średnio o 10% (w stosunku do ilości wprowadzonej we wsadzie), a ich rozkład był podobny jak w przypadku wtórnego odlewu odśrodkowego przetapianego przy spokojnym mieszaniu (najniższa krzywa na rys. 4).

4. Badanie zużycia ciernego

Na próbkach uzyskanych z opisanych powyżej punktów badawczych przeprowadzono pomiary zużycia ciernego. Badania przeprowadzono za pomocą testera tribologicznego T-05 przy parametrach ścierania ustalonych we wcześniejszych pracach autorów [3]: całkowita droga ścierania – 2000 m; nacisk na próbkę – 50 N; prędkość obrotowa przeciwróbki – 300 min^{-1} . Próbkę do badań przygotowano w taki sposób, że na jednej próbce przeprowadzono pomiary zużycia zarówno zewnętrznej, jak i wewnętrznej powierzchni odlewów odśrodkowych. Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono porównawczo na rys. 5.

Największą odpornością na zużycie charakteryzuje się powierzchnia zewnętrzna kompozytu pierwotnego, na której występuje największa koncentracja cząstek SiC. Odporność na zużycie powierzchni wewnętrznych tych odlewów odpowiada praktycznie odporności czystego stopu osnowy, ponieważ na powierzchniach tych nie występują cząstki, a zawartość zanieczyszczeń jest minimalna.



Rys. 5. Zużycie ciernie badanych kompozytowych odlewów odśrodkowych
Fig. 5. Abrasive wear of the examined centrifugal composite castings

Zużycie ciernie wzrasta wraz ze spadkiem koncentracji cząstek w badanych warstwach powierzchniowych i wzrost ten jest szczególnie gwałtowny w przypadku wystę-

powania zanieczyszczeń oraz niezwilżonych cząstek w rozpatrywanych obszarach. Szczególnie jest to widoczne na przykładzie powierzchni wewnętrznej kompozytu wtórnego intensywnie mieszanego podczas przetopu. Obserwowano w nim intensywne wykruszanie cząstek, co powodowało gwałtowne przyspieszenie procesów niszczenia powierzchni.

5. Podsumowanie

Uzyskane wyniki potwierdzają możliwość ponownego przetwarzania kompozytów odlewanych, jednak należy się przy tym liczyć ze spadkiem zawartości w osnowie cząstek zbrojących rzędu $5 \div 10\%$. Bardzo istotne jest przy tym odpowiednie prowadzenie procesu technologicznego oraz dobór jego parametrów. Nieodpowiednio dobrane parametry przetopu mogą prowadzić do wprowadzenia znacznych ilości zanieczyszczeń (praktycznie nie ma możliwości oczyszczania takich stopów), degradacji ewentualnej warstwy przejściowej, wystąpienia niekorzystnych reakcji chemicznych, a w rezultacie zaniku zwilżalności.

Literatura

- [1] Braszczyński J., Zyska A., Tomczyński S. IV Konferencja „Zjawiska powierzchniowe w procesach odlewniczych”, Poznań – Kołobrzeg 1988, s. 35–42.
- [2] Tomczyński S. Acta Metallurgica Slovaca. nr 2, 1999, s. 212–216.
- [3] Braszczyński J., Tomczyński S., Zyska A. Krzepnięcie Metali i Stopów, O/PAN-Katowice, Nr 33, 1997, s. 135–143.

Recenzował: prof. dr hab. inż. Szczepan Braszczyński