

MOŻLIWOŚCI WYSTĄPIENIA WAD ODLEWÓW Z METALOWYCH KOMPOZYTÓW W OBSZARZE POŁĄCZENIA METAL OSNOWY-ZBROJENIE

K. GAWDZIŃSKA¹
Akademia Morska w Szczecinie

STRESZCZENIE

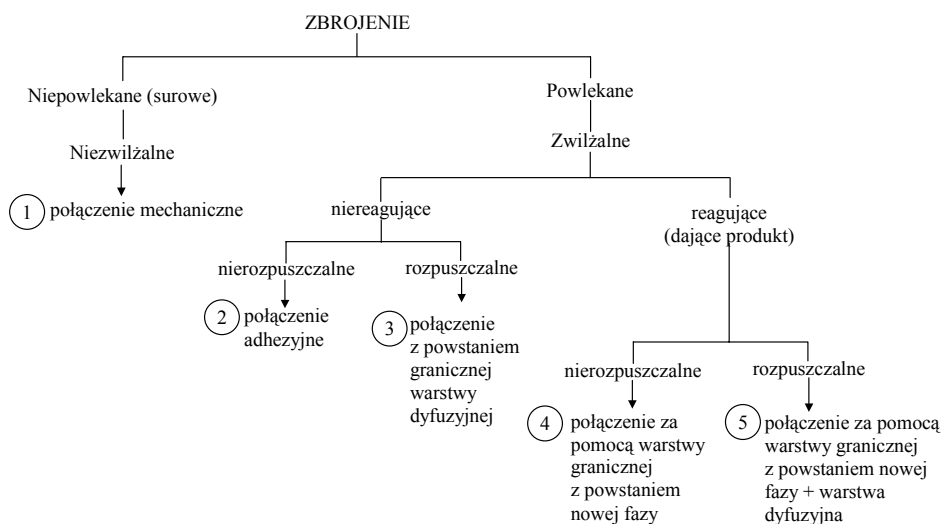
W pracy przedstawiono rodzaje połączeń metal osnowy-zbrojenie występujące na granicy osnowa/zbrojenie w odlewach z metalowych materiałów kompozytowych wytwarzanych przez nasycanie i wskazano mechanizm niszczenia tych połączeń. Niewłaściwy dobór komponentów tworzących kompozyt, nieodpowiednią ich jakość oraz niewłaściwe przygotowanie fazy zbrojącej przed procesem technologicznym mogą być przyczyną wad. W niniejszym artykule podano przykłady wad powstających na granicy tych faz.

Key words: composites, defects, matrix metal – reinforcement connection

WSTĘP

W ramach prac związanych z tworzeniem systematyki wad odlewów kompozytowych [2] stwierdzono, że zbrojenie w odlewanych metalowych kompozytach nasycanych może tworzyć z osnową różne typy połączeń. Jest to uzależnione przede wszystkim od rodzaju materiału zbrojenia i osnowy, a prawidłowy dobór dodatków stopowych i pomocniczych oraz sposobu przygotowania fazy zbrojącej, a także optymalizacja parametrów temperaturowo-czasowych powinny być dokonywane na podstawie wyników badań zwilżalności w układzie osnowa – faza zbrojąca [1, 8, 9]. Połączenia te powstają podczas nasycania a także krzepnięcia odlewu i mogą mieć różny charakter, co przedstawiono na rysunku 1.

¹ dr inż., kasiag@am.szczecin.pl



Rys. 1. Schemat przedstawiający typy połączeń zbrojenia z osnową (opracowanie własne na podstawie [1, 2, 9])

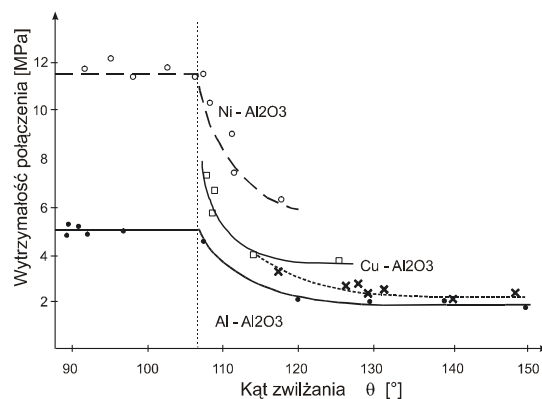
Fig. 1. Diagram showing types of connections of reinforcement with matrix – own material based on [1, 2, 9]

1. Połączenia bez warstwy przejściowej

Połączenie mechaniczne – jest najsłabszym zespoleniem pomiędzy komponentami powstające najczęściej w układach nie reagujących ze sobą i przy braku zwilżania zbrojenia osnową. Wytrzymałość połączenia zależy od stopnia rozwinięcia powierzchni włókien. Często przy słabym połączeniu włókno poddaje się uprzednio procesowi trawienia celem rozwinienia jego powierzchni zewnętrznej i poprawienia przyczepności.

Połączenie adhezyjne. Adhezja jest zjawiskiem przylegania dwóch faz (mogą to być fazy stałe i ciekłe, dwie fazy stałe i dwie fazy ciekłe) na powierzchni ich zetknięcia. Zachodzi ona pod wpływem sił międzycząsteczkowych. Istotą tworzenia połączenia adhezyjnego z udziałem jednej fazy ciekłej jest występowanie zjawiska zwilżalności. Wytrzymałość połączenia jest funkcją wartości kąta zwilżania charakteryzującego układ. Jej wartość maleje w miarę wzrostu wartości kąta zwilżania. Przykład tej zależności przedstawiono na rysunku 2.

Warunkiem uzyskania dobrego połączenia pomiędzy komponentami jest kąt zwilżania $\theta < 90$. Wówczas procesy łączenia komponentów zachodzą samorzutnie[9]. Z punktu widzenia wytrzymałości komponentów, określanej jako wartość naprężenia ścinającego działającego w płaszczyźnie połączenia, kąt zwilżania powinien być mniejszy od 108° [3, 9,10].



Rys. 2. Wytrzymałość połączenia elementów układu metal – ceramika Al₂O₃ w funkcji kąta zwilżania [9]

Fig. 2. Strength of connection of the elements of the system metal – ceramics Al₂O₃ in the function of wetting angle [9]

2. Połączenie z warstwą przejściową

Niezależnie od charakteru warstwy przejściowej zniszczenie połączenia może nastąpić na granicy warstwy i materiału osnowy lub w materiale warstwy granicznej. Pierwsze nosi nazwę zniszczenia adhezyjnego, a drugie kohezyjnego.

Na charakter połączenia, a więc i jego wytrzymałość, można wpływać czterema sposobami, czyli:

- 1) termiczną obróbką zbrojenia,
- 2) wytwarzaniem powłok,
- 3) zmianą właściwości powierzchniowych metalu,
- 4) wytwarzaniem powłok barierowych (niereaktywnych).

Pierwsze dwa sposoby mają na celu stworzenie pośredniej warstwy międzyfazowej, która może powstać na skutek dyfuzji lub reakcji chemicznych zachodzących między komponentami. Procesy te powodują, że grubość warstwy pośredniej rośnie, co w przypadku włóknistej fazy zbrojącej odbywa się kosztem grubości włókna zwilżanego. Stąd charakter tworzenia się połączenia może być adhezyjny, gdy warstwa jest cienka lub kohezyjny, gdy jej grubość jest znaczna. Granica jest umowna, gdyż przyjmuje się, że połączenie kohezyjne występuje wtedy, gdy wytrzymałość warstwy pośredniej przekracza wytrzymałość włókna [3, 8, 9].

W przypadku, gdy zbrojenie bardzo intensywnie reaguje z materiałem osnowy (czego konsekwencją może być wytworzenie się strefy kruchej na granicy osnowa – zbrojenie) lub gdy brak jest adhezyjnego połączenia zbrojenia z osnową, należy stosować pokrycia niereaktywne, czyli barierowe.

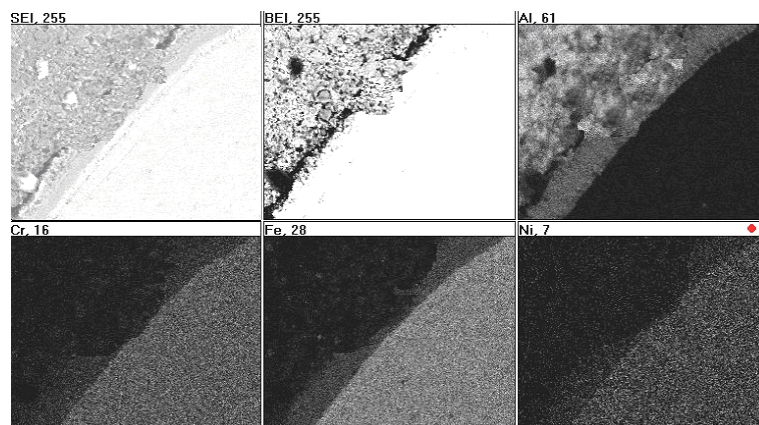
Trzeci sposób jest związany z czynnikami, które są powiązane z właściwościami ciekłego metalu osnowy. Należą do nich lepkość ciekłego metalu, jego napięcie

powierzchniowe, zakres temperatury krzepnięcia, reaktywność itp. Można przyjąć, że czynniki te są ściśle związane ze składem chemicznym nasycającego metalu i tak wpływa na nie np. rafinacja ciekłego metalu osnowy nasycającej, która może znacząco zmienić jego lepkość. Niewielki dodatek innych metali (np. magnezu lub tytanu) do stopu aluminiowo-krzemowego może zmienić jego napięcie powierzchniowe. Zastosowanie innej atmosfery w trakcie nasycania zmienia warunki zwilżalności układu stałe zbrojenie – ciekła osnowa, a także tworzenie się warstw pośrednich (np. tlenkowych) z wszystkimi konsekwencjami tego zjawiska.

Opisane procesy mogą prowadzić do powstania dwóch wad:

- braku lub nieciągłości strefy przejściowej,
- kruchych faz na granicy osnowa – zbrojenie.

Pierwszą wadę w postaci braku strefy przejściowej lub jej nieciągłości przedstawiono na rysunku 3. Dla potwierdzenia występowania opisanej wady przeprowadzono badania przy pomocy mikroskopu elektronowego skaningowego z mikroanalizatorem rentgenowskim.

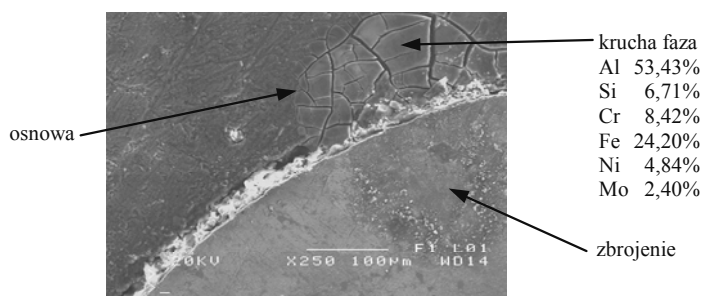


Rys. 3. Nieciągłość strefy przejściowej; kompozyt: zbrojenie – włókno stalowe (1H18N9T), osnowa – silumin. Na rysunku przedstawiono rozmieszczenie pierwiastków w kompozycie (mikroskopia elektronowa skaningowa – pow. $\times 500$)

Fig. 3. Discontinuity of transition zone; composite: reinforcement – steel fibre (1H18N9T), matrix AlSi11 alloy. The figure shows the distribution of the element in the composite; (electron scanning microscopy – magnification $\times 500$)

Wada ta jest bardzo specyficzna i można ją zidentyfikować tylko w tej grupie materiałów, gdzie pomiędzy włóknem a osnową powstaje strefa przejściowa – (włókna i osnowa reagują tworząc związki chemiczne na granicy rozdziału). Jest ona bardzo szeroko opisana w literaturze: [4, 5 – 10]. Jej niestabilność chemiczna (przyrost grubości np. podczas przegrzewania kompozytu) jest bardzo istotnym elementem wpływającym destrukcyjnie na materiał.

W wyniku złej preparacji zbrojenia może powstać na granicy faz warstwa o nieodpowiednich właściwościach, najczęściej w postaci kruchej strefy na granicy osnowa – zbrojenie. Wadę tę, mogącą nosić nazwę (w systemie klasyfikacji wad odlewów z metalowych materiałów kompozytowych wg [2]): kruche fazy na granicy osnowa – zbrojenie, przedstawia rysunek 4. Wyraźnie widoczny brak ciągłości strefy przejściowej z obszarem kruchych wydzielań. Podstawowym kryterium niszczącego wpływu tej fazy jest jej grubość; przekroczenie tzw. grubości krytycznej powoduje zmianę mechanizmu zniszczenia i skokowe obniżenie właściwości wytrzymałościowych połączeń [4, 5, 9]. Szybkiej destrukcji materiału należy spodziewać się, gdy powstała faza jest związkiem hydrofilowym [11, 12, 15].



Rys. 4. Obecność kruchych faz; kompozyt, zbrojenie: stal kwasoodporna, osnowa: silumin (AlSi11) (mikroskopia elektronowa skaningowa, pow. jak na rys.)

Fig. 4. Presence of fragile phases; composite: reinforcement – steel fibre (1H18N9T), matrix AlSi11 alloy (electron scanning microscopy)

WNIOSKI

Z powyższego wynika jak bardzo ważny jest dobór odpowiednich komponentów podczas tworzenia kompozytów. Bardzo ważna jest też jakość dobieranych materiałów i sposób ich przygotowania przed procesem technologicznym. Ponieważ wady powstające w wyniku wzajemnego oddziaływania zbrojenia z osnową mogą w sposób znaczący wpływać na efekt końcowy – gotowy wyrób.

Przedstawione wyżej dane wykazują konieczność poświęcenia dużej uwagi wzajemnym relacjom dwóch komponentów kompozytów nasyconych – zbrojeniu i osnowie. Dotyczy to zarówno etapu projektowania kompozytu, procesu jego wytwarzania (przestrzeganie reżimów technologicznych) jak i przestrzegania zaleceń producenta, dotyczących sposobu i warunków eksploatacji wyrobu kompozytowego.

Niewłaściwa jakość połączenia zbrojenie-osnowa może w sposób zasadniczy negatywnie wpływać na zespół cech opisujących wytrzymałość materiału kompozytowego. Opracowany przez autorkę system klasyfikacji wad kompozytów nasyconych pozwala na jednoznaczną ocenę kompozytów także w zakresie jakości połączenia osnowa-zbrojenie.

LITERATURA

- [1] Braszczyński J., *Krystalizacja odlewów*, WNT, Warszawa 1991.
- [2] Gawdzińska K., *Analiza i klasyfikacji wad struktury odlewów z metalowych kompozytów nasycanych*, Praca doktorska Politechnika Szczecińska 2002.
- [3] Grabian J., *Charakterystyka technologiczna zbrojenia kompozytów nasycanych*, Kompozyty, rocznik 1, nr 1, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2001.
- [4] Olszówka-Myalska A., *Rola węgliku tytanu i azotku tytanu jako międzywarstw w kompozycie włókno węglowe – stop aluminium*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Katowice 1988 (praca doktorska).
- [5] Olszówka-Myalska A., Ślężiona J., Formanek B., Myalski J., *Wpływ modyfikacji powierzchniowej cząstek na strukturę kompozytów odlewanych AlMg4-(Al-Al₂O₃)* Nowe Technologie w Inżynierii Powierzchniowej, III Ogólnopolska konferencja naukowa, Łódź, 2000.
- [6] Olszówka-Myalska A., *Węglik aluminium jako destrukcyjny element struktury powierzchni rozdziału w kompozytach z osnową aluminiową*, Kompozyty '98, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1998.
- [7] Olszówka-Myalska A., *Wybrane mechanizmy degradacji struktury połączenia w kompozytach z osnową aluminiową zbrojonych cząstkami ceramicznymi*, Kompozyty 2000, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2000.
- [8] Sobczak J., *Kompozyty metalowe*, Instytut Odlewnictwa i Instytut Transportu Samochodowego, Kraków – Warszawa 2001.
- [9] Ślężiona J., *Podstawy technologii kompozytów*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 1998.
- [10] Zyska A., Braszczyńska K., *Wpływ warstwy SiO₂ pokrywającej cząstki SiC na strukturę kompozytów AlMg5 – SiC*, Krzepnięcie Metali i Stopów nr 42, 2000.

POSSIBILITIES OF DEFECTS IN METAL-MATRIX COMPOSITE CASTS IN THE AREA OF MATRIX METAL – REINFORCEMENT CONNECTION

SUMMARY

The work presents the types of connections of matrix metal – reinforcement occurring on the border of matrix/reinforcement in metal-matrix composite materials produced by saturation and it shows the mechanisms of destroying those connections. Wrong selection of components making up a composite, their improper quality and improper preparation of the reinforcement phase before a technological process may be the cause of defects. This article shows examples of defects occurring on the border of those phases.

Recenzował: Prof. Janusz Grabian