

ZJAWISKA POROWATOŚCI W ODLEWACH ZE STOPÓW ALUMINIUM I MAGNEZU

Zbigniew BONDEREK, Stanisław RZADKOSZ
Wydział Odlewnictwa AGH
ul. W. Reymonta 23
30-059 Kraków

1. Wstęp

Stopy lekkie o wysokiej wytrzymałości właściwej jako konstrukcyjne tworzywa odlewnicze są bardzo trudne pod względem technologicznym. Należą do nich stopy o strukturze typu roztworu stałego α na osnowie Al.-Cu, Al.-Cu-Mg i Al.-Zn-Mg oraz stopy na osnowie magnezu typu np. Mg-Al.-Zn. Podobne problemy technologiczne, aczkolwiek w znacznie mniejszej skali, pojawiają się również w przypadku innych stopów, w tym również podeutektycznych stopów Al.-Si, w strukturze których dominuje roztwór stały α . Warunkiem uzyskania wysokich właściwości wytrzymałościowych jest odlanie stopów o zwartej, drobnoziarnistej strukturze pozbawionej nieciągłości wewnętrznych. Właściwości mechaniczne tych stopów silnie zależą bowiem od rodzaju i ilości wad występujących w strukturze, tj. od porowatości skurczowej, gazowej, mikropęknięć międzykrytalicznych i stałych wtrąceń niemetalicznych. Wynika to z faktu bardzo dużej aktywności tych stopów w stosunku do atmosfery i znacznego skurczu odlewniczego. Stopy aluminium, a szczególnie stopy magnezu wykazują szczególnie dużą skłonność do utleniania podczas topienia i odlewania, co sprzyja powstawaniu licznych wtrąceń niemetalicznych. W wyniku reakcji z otaczającą atmosferą pojawiają się tlenki, azotki, węgliki itp. Możliwa jest m.in. obecność: tlenków typu γ -Al₂O₃ i α -Al₂O₃ lub amorficznych postaci tlenków, węglików (typu Al₄C₃) lub skupisk faz Al₄O₄C. Równocześnie stopy te wykazują dużą skłonność do adsorpcji i rozpuszczania wodoru, co sprzyja tworzeniu znacznej porowatości gazowej, a w obecności wtrąceń niemetalicznych powstawaniu kompleksów tlenkowo-wodorowymi (γ -Al₂O₃)_m i (H)_n [1-4]

W ramach badań przeprowadzono analizę kształtowania nieciągłości struktury występujących w odlewach ze stopów na osnowie aluminium i magnezu tj. głównie porowatości gazowych, oraz porowatości gazowo-skurczowych. Porowatości skurczowe pojawiają się szczególnie w odlewach piaskowych, w mikroobszarach przestrzeni mię-

dzydendrytycznych, jeżeli nie jest spełniony warunek kierunkowego krzepnięcia odlewów. Powolne krzepnięcie sprzyja wydzielaniu się gazów do tych powstających pustek tworząc porowatość skurczowo-gazową. W pracy podjęto badania wpływu warunków krzepnięcia i zasilania oraz wpływ zabiegów rafinacji i modyfikacji kąpieli metalowej na zwartość struktury i właściwości odlewów z wybranych stopów aluminium i magnezu. W szczególności poddano analizie zmiany charakteru występowania porowatości skurczowych i gazowo-skurczowych w zależności od miejsca przekroju odlewu i zastosowanej technologii uszlachetniania kąpieli metalowej.

2. Analiza wad w strukturze odlewów

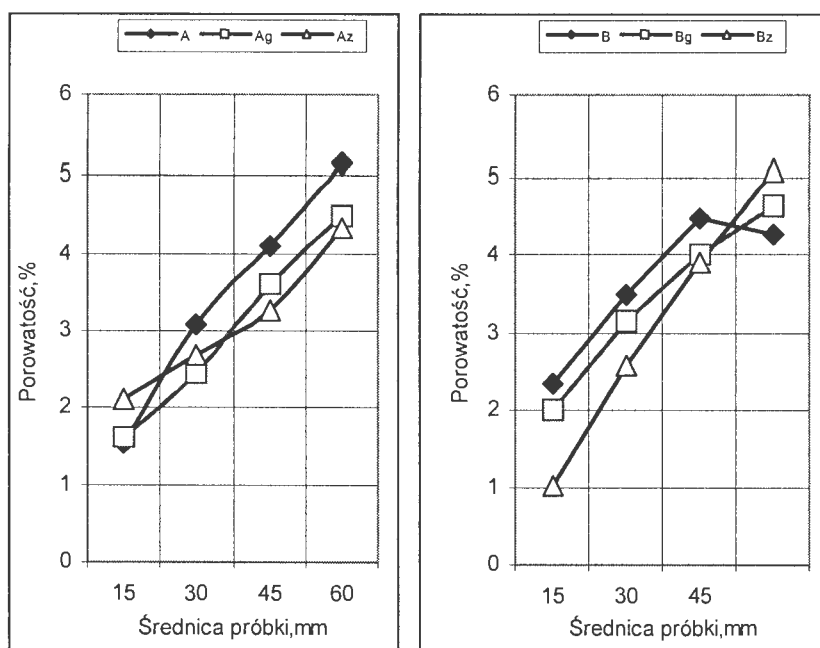
W toku analizy wyodrębniono duże ilości wad w przekroju odlewów, które poddano identyfikacji. Wybrane mikroobszary poddano badaniom metalograficznym, a wyodrębnione charakterystyczne mikroobszary poddano identyfikacji dyfrakcyjnej i przy użyciu mikroanalizatora rentgenowskiego. W wyniku analizy stwierdzono, że większość wad w strukturze stopów to porowatości i mikroporowatości gazowo-skurczowe, wtrącenia tlenkowe i kompleksy gazowo-tlenkowe z drobnymi wtrąceniami tlenkowymi i cząstkami żużłowymi, a także złożone tlenki lub węgliki, jak np. spinele typu $MgAl_2O_4$.

3. Analiza porowatości gazowych i skurczowych w odlewach

Przeprowadzono analizę wpływu warunków krzepnięcia na rozwój porowatości stopów. Szczególnie wyraźny przyrost porowatości skurczowej zaznacza się w przypadku krzepnięcia objętościowo-kierunkowego. Porowatość odlewów krzepnących wg schematu kierunkowo-objętościowego jest natomiast wyraźniej uzależniona od zjawisk zagazowania stopów, w całym zakresie grubości ścianek odlewu. Badania wykonano na przykładzie próbek stopu AK 911, AlCu5Mg i stopu GA8 wykonanych w postaci odlewów cylindrycznych o zmiennej średnicy, – zasilanych bądź od najcieńszej części odlewu (typ A), bądź od części o dużej średnicy (typ B). Po wyznaczeniu średniego wskaźnika porowatości odlewów przecinano je i określano porowatość składowych elementów odlewów. Poszczególne elementy oznaczono następującymi symbolami: – typ A, typ B, stan wyjściowy stopu, $\phi 15 - \phi 60 \times 30$ mm

- typ Ag, typ Bg, po rafinacji gazowej, $\phi 15 - \phi 60 \times 30$ mm
- typ Az, typ Bz, po rafinacji gazowo-żużlowej, $\phi 15 - \phi 60 \times 30$ mm
- typ A, typ B, stan wyjściowy stopu GA8, $\phi 15 - \phi 60 \times 30$ mm
- typ Ag, typ Bg, po rafinacji żużlowej stopu GA8, $\phi 15 - \phi 60 \times 30$ mm
- typ Am, typ Bm, stan po rafinacji i modyfikacji stopu GA8, $\phi 15 - \phi 60 \times 30$

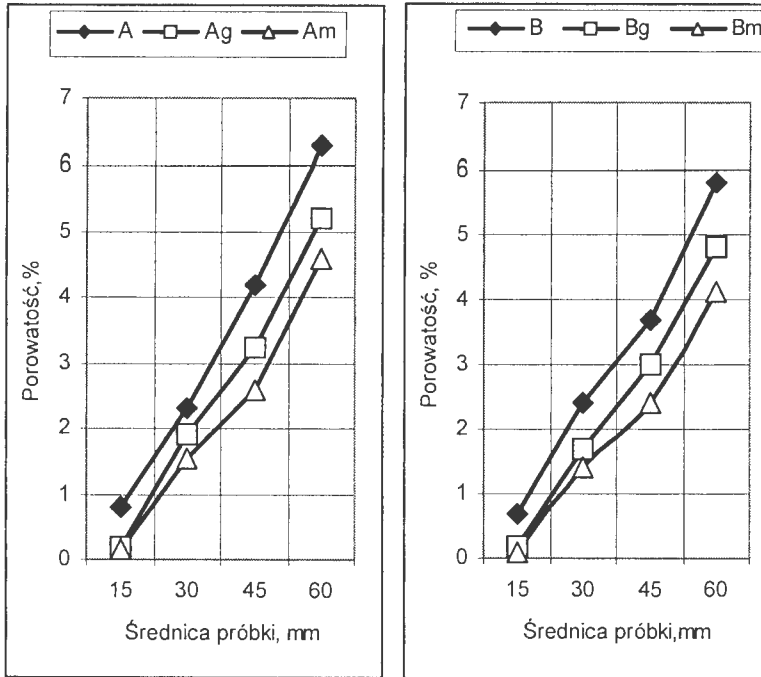
Przykładowe wyniki badań wpływu rafinacji i warunków krzepnięcia stopu AK911 ujęto na rys. 1, a wyniki wpływu procesów rafinacji i modyfikacji na zmiany porowatości odlewów ze stopu GA8 przedstawiono na rys. 2.



Rys. 1. Wpływ rafinacji na porowatość odlewów testowych ze stopu AlSi, odlanych do form piaskowych. Stan stopu – A, B – przed rafinacją, A_g, B_g – po rafinacji gazowej, A_z, B_z – po rafinacji gazowo-żuźlowej. A – porowatość próbek testowych krzepnących w warunkach objętościowo-kierunkowego krzepnięcia, B – porowatość próbek testowych krzepnących w warunkach kierunkowo-objętościowego krzepnięcia

Fig. 1. Influence of refining process on porosity of testing casting made of Al.Si alloy, casts in sand mould

Na przykładzie odlewów testowych o wzrastającej grubości ścianek $\phi 15\text{mm}$, $\phi 30\text{mm}$, $\phi 45\text{mm}$ i $\phi 60\text{mm}$, wykonanych w formach piaskowych przeprowadzono analizę wpływu warunków krzepnięcia na rozwój porowatości stopów. Szczególnie wyraźny przyrost porowatości zaznacza się w przypadku krzepnięcia objętościowo-kierunkowego. Porowatość odlewów krzepnących wg schematu kierunkowo-objętościowego jest wyraźnie mniejsza w całym zakresie grubości ścianek odlewu. Badania wykonano na przykładzie próbek stopu AK 911, AlCu5Mg i stopu GA8. Po rafinacji gazowej obserwuje się niewielkie zmniejszenie porowatości próbek o większych średnicach dla odlewów krzepnących wg schematu objętościowo-kierunkowego (typ A). Szczególnie wyraźne zmniejszenie porowatości próbek zaznacza się po rafinacji gazowo-żuźlowej, w przypadku odlewów testowych zasilanych wg schematu kierunkowo-objętościowego (typ B)



Rys. 2. Wpływ rafinacji na porowatość odlewów testowych ze stopu GA8, odlanych do form piaskowych. Stan stopu – A, B – przed rafinacją, A_g, B_g – po rafinacji żużlowej, A_m, B_m – po rafinacji i modyfikacji

Fig. 2. Influence of refining process on porosity of testing casting made of MgAlZn alloy, casts in sand mould. A, B – prior to refining, A_g, B_g – alloy after slag refining, A_m, B_m – after refining and modification process, A – porosity of the sample solidifying in volume crystallisation, B – porosity of the sample solidifying in directional crystallisation

W przypadku badań odlewów testowych wykonanych ze stopów magnezu obserwuje się nieco większe zróżnicowanie stopów porowatości odlewów w zależności od średnicy próbki testowej, przy czym również i w tym przypadku próbki wycięte z odlewów typu B wykazują zasadniczo nieco mniejszą porowatość. Zmniejszenie porowatości w wyniku zmiany sposobu doprowadzenia ciekłego metalu do odlewu jest wyraźniejsze dla próbek o większej średnicy. Efekt rafinacji stopu badanego spowodował niewielkie zmniejszenie porowatości poszczególnych próbek odlewu, a wyraźniejsze obniżenie porowatości zaznacza się dodatkowo po zabiegu modyfikacji stopu preparatem zarodkującym typu Nucleant 200.

Wyniki badań wpływu zabiegów rafinacji i modyfikacji na właściwości stopu GA8 ujęto w tabeli 1.

Tabela 1. Wpływ rafinacji i modyfikacji na właściwości i porowatość odlewów ze stopu GA8

Table 1. Influence of refining and modification processes on properties and porosity of casting made of MgALZn alloy

Rodzaj preparatu	Ilość prep. Czas rafin.	Liczba gazowa Q	Rm,MPa	A5,%	Śr. wielkość ziarn/mm ²
-	-	0,972	161	3,6	16,1
Magnezal 1 rafinacja.-	0,4 %	0,992	186,6	5,2	46,23
	0,6 %	0,998	177,8	4,8	58,66
Rafinacja+ żużel Modyfikujący M6	0,2 %	0,996	201,2	5,6	158,8
	0,3 %	0,998	200,8	5,2	132,2
Magrex M1 + Nucleant 200	0,4 %	0,998	203,2	5,8	145,60
	0,6 %	0,999	205,2	5,6	180,72

3. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań wpływu warunków krzepnięcia na zwartość struktury stopów stwierdzono wyraźny przyrost porowatości, na przykładzie odlewów testowych o wzrastającej grubości ścianek $\phi 15\text{mm}$, $\phi 39\text{mm}$, $\phi 45\text{mm}$ i 60 mm , wykonanych w formach piaskowych. Szczególnie wyraźny przyrost porowatości zaznacza się w przypadku krzepnięcia objętościowo-kierunkowego. Porowatość odlewów krzepnących wg schematu kierunkowo-objętościowego jest mniejsza w całym zakresie grubości ścianek odlewu.

– badania procesu rafinacji stopów aluminium i magnezu wykazały znaczną intensywność procesów ekstrakcji zanieczyszczeń i wyraźny ich wpływ na właściwości stopu. Porowatość odlewów testowych osiąga znaczne rozmiary w przypadku małej szybkości chłodzenia i mało intensywnego zasilania poszczególnych stref odlewów.

– w toku badań stwierdzono intensywne oddziaływanie rafinujące żużla Magnezal dla stopu GA8 oraz skuteczne oddziaływanie pastylek preparatu modyfikującego typu Nucleant 200. Zmiany porowatości próbek po modyfikacji pastylkami modyfikującymi są korzystniejsze w porównaniu do zmian porowatości stopu rafinowanego.

Praca wykonana w ramach badań statutowych nr w AGH 11.11.170.104

LITERATURA

1. Pattle D.– Advances in degassing aluminum alloys, Foundryman, v.81, 5, 1988
2. Schichtel G. – Magnesium – Taschenbuch , VEB Verlag technik, Berlin,1954
3. Makarow G.S.: Rafinirowanije aluminiumyeh spławow gazami; Metallurgia 1983
4. Postolek H., Adamski C.-Wpływ napięć międzyfazowych na rafinujące oddziaływanie żużli -Archiwum Hutnictwa, T 38, z 4 , Kraków 1981

Recenzował: prof. dr hab. Inż. Józef Dańko