

WPŁYW PROCESÓW USZLACHTNIANIA NA KRYSZALIZACJĘ I JAKOŚĆ ODLEWÓW ALUMINIOWYCH

Maksymilian DUDYK*, Jerzy MADEJ**

*Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki,
Akademia Techniczno - Humanistyczna, ul. Willowa 2, 43-300 Bielsko-Biała

**Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki,
Akademia Techniczno - Humanistyczna, ul. Willowa 2, 43-300 Bielsko-Biała

mdudyk@ath.bielsko.pl, juma@ath.bielsko.pl

Streszczenie: Badania dotyczyły wpływu procesów uszlachetniania - rafinacji i modyfikacji oraz filtracji na krystalizację i jakość odlewów aluminiowych ze stopów (AK9), ENAC – AlSi9Mg i (AK11), ENAC – AlSi11 odlewanych do kokil. Otrzymane wyniki badań metalograficznych, wykazały występowanie w strukturze stopu zanieczyszczeń w postaci porowatości i tlenków, powstałych w przetwórstwie hutniczym (gąsach). Mikrostruktury zalanych filtrów badanymi stopami ilustrują wielkości i rozmieszczenie zatrzymanych (w filtrze) zanieczyszczeń, podczas procesu odlewania próbek wytrzymałościowych. Zastosowane dla wymienionego stopu procesy uszlachetniania, spowodowały w porównaniu ze stopem nieuszlachetnionym znaczne różnice w kształcie krzywych krystalizacji, otrzymanych w zapisie graficznym metody ATD-AED. Wykazano na przykładzie podeutektycznego stopu AK9 w porównaniu ze stopem rafinowanym, możliwość uzyskania bardzo znacznej poprawy właściwości mechanicznych, wydłużenia A5 i udarności KCV a w szczególności wytrzymałości Rm. Oryginalne badania mikrostruktur zalanych piankowych filtrów ceramicznych, wykazały celowość wprowadzania procesów filtracji do technologii wytwarzania odlewów aluminiowych.

1. WPROWADZENIE

Stopy aluminium są bardzo często stosowane w wielu gałęziach przemysłu na odlewane części maszyn. Konstruktorzy i użytkownicy odlewanych części maszyn stawiają wysokie wymagania wytrzymałościowe, technologiczne i użytkowe dla wytwarzanych odlewów.

Do głównych przyczyn szybkiego zużywania się i mechaniki zniszczenia odpowiedzialnych części maszyn należy między innymi jakość przygotowanego metalurgicznie stopu aluminium (Dudyk i inni, 2003; Dudyk, 2006a)

Wysokie właściwości mechaniczne i technologiczne stopów aluminium uzyskuje się poprzez zastosowanie odpowiednich procesów uszlachetniania. Uszlachetnianie stopów aluminium poprzez zabiegi metalurgiczne - rafinację i modyfikację oraz filtrację (w czasie odlewania) powoduje otrzymywanie bardzo korzystnej makro i mikro struktury odlewów (Pietrowski, 2001; Dudyk, 2007).

Zastosowane procesy modyfikacji zmieniają niekorzystną płytkową postać krzemu eutektycznego na uszlachetnioną - drobną i sferyczną. Modyfikacja pierwotna zmienia niekorzystną dendrytyczną postać fazy α na uszlachetnioną i rozdrobnioną oraz bardzo rozgałęzioną (Dudyk i inni, 2008).

Procesy rafinacji i filtracji pozwalają na bardzo znaczne ograniczenie porowatości gazowej i skurczowej oraz wtrąceń niemetalicznych w strukturze odlewanych części maszyn (Dudyk, 2005).

Wymienione zabiegi uszlachetniania zasadniczo wpływają na przebieg procesów krystalizacji i stygnięcia odlewu, co w efekcie końcowym decyduje o jakości wytwarza-

nych części maszyn (Dudyk, 2008).

Modyfikacja głównych faz strukturalnych oraz rodzaj i rozmieszczenie wad wewnętrznych wpływa na mechanikę zniszczenia odlewów aluminiowych (Madej, 2005).

2. METODYKA I WYNIKI BADAŃ

Badania wpływu procesów uszlachetniania na jakość odlewów aluminiowych przeprowadzono na przykładzie stopów z przetwórstwa hutniczego (AK9), ENAC - AlSi9Mg i (AK11), ENAC - AlSi11

Topienie a następnie przeprowadzanie zabiegów rafinacji i modyfikacji strontem wykonywano w piecu elektrycznym oporowym. Otrzymanym po roztopieniu z gąsek hutniczych stopem AK9 i AK11 oraz po zastosowanych procesach uszlachetniania (rafinacji, modyfikacji i filtracji) odlewano próbki do dalszych badań wytrzymałościowych, porowatości, metalograficznych i składu chemicznego.

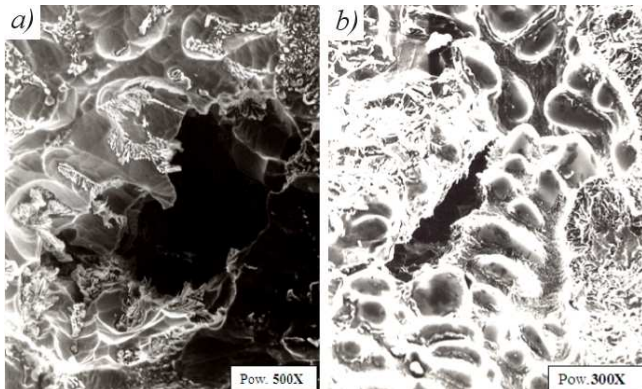
Jednocześnie dla tego samego stopu AK9 i AK11 wykonywano badania procesów krystalizacji metodą Analizy Termicznej - Derywacyjnej i Elektro - Derywacyjnej (ATD - AED) (Dudyk, 2006b).

Na Rys. 1 przedstawiono mikrostruktury stopu AK9 bezpośrednio przetopionego z gąsek hutniczych. Stop ten nie był poddany zabiegom uszlachetniania.

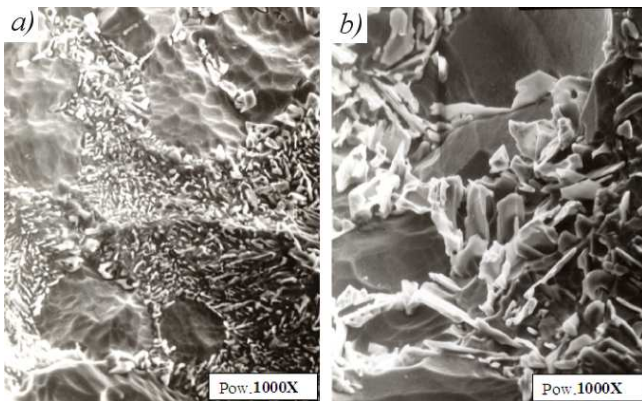
Widoczne wady wewnętrzne (Rys.1) powstałe w odlanych próbkach, świadczą o niezadowalającej jakości odlewów wykonanych ze stopów bez zastosowania procesów ich uszlachetniania. Przeprowadzone zabiegi metalurgiczne polegające na rafinacji rafinatorem Alraf 1 oraz modyfikacji

zaprawą strontową spowodowały uszlachetnienie struktury badanych stopów.

Mikrostruktury stopu AK9 otrzymane po jego uszlachetnieniu, przedstawiono na Rys. 2.



Rys. 1. Mikrostruktury stopu AK9 z wadami wewnętrznymi:
a – porowatość gazowa, b – porowatość skurczowa



Rys. 2. Mikrostruktury stopu AK9: a – stop rafinowany,
b – stop modyfikowany Sr

Otrzymane mikrostruktury różnią się między sobą postacią krzemu w eutektyce $\alpha + Si$. Widoczny w postaci grubych płytek krzem eutektyczny w stopie rafinowanym (Rys. 2a), został bardzo rozdrobniony po modyfikacji zaprawą strontową (Rys. 2b).

Kształty i rozmieszczenie porowatości w ściankach odlewów aluminiowych, które to zasadniczo wpływają na mechanikę zniszczenia części maszyn, badano na Gazymetrze Odlewniczym G2.

Widok stanowiska badania porowatości stopów aluminium przedstawiono na Rys. 3.

Otrzymałą porowatość stopów aluminium zilustrowano na wzdłużnych przekrojach odlanych próbek i zamieszczono na Rys. 4. Przeprowadzone procesy rafinacji i modyfikacji ograniczyły skłonność stopów aluminium do powstawania porowatości gazowej i skurczowej (Rys. 4b, c) w porównaniu ze stopem odlanym bezpośrednio z gąsek hutniczych (Rys. 4a).

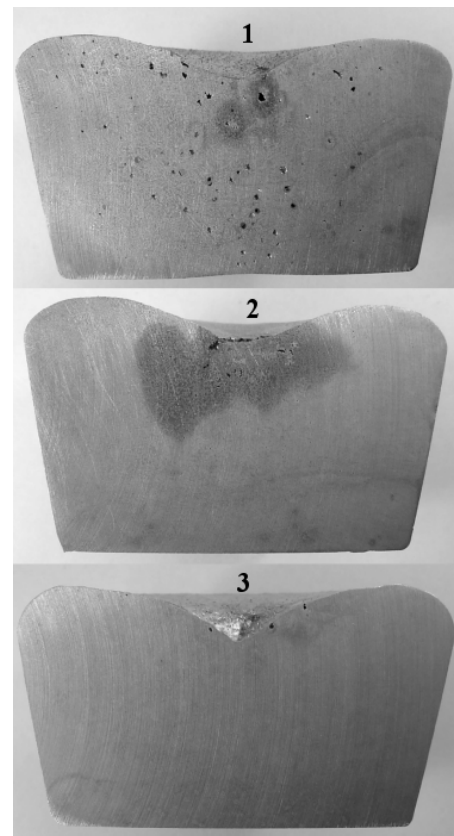
Prawidłowo przeprowadzone procesy uszlachetniania badanych stopów spowodowały uzyskanie odpowiedniej struktury odlewów, która zapewnia wysoką jakość wytwarzanych części maszyn.



Rys. 3. Stanowisko do badania porowatości stopów aluminium:
1 – widok gazymetru, 2 – kokila, 3 – gazymetr przygotowany do badań, 4 – odlana próbka

Do badania kinetyki krystalizacji stopów aluminium i powstawania faz tworzących strukturę odlewu zastosowano jednoczesną Analizę Termiczną - Derywacyjną i Elektro - Derywacyjną (ATD - AED).

Zapis graficzny procesów krystalizacji stopu AK9 metodą ATD - AED przedstawiono na Rys. 5.



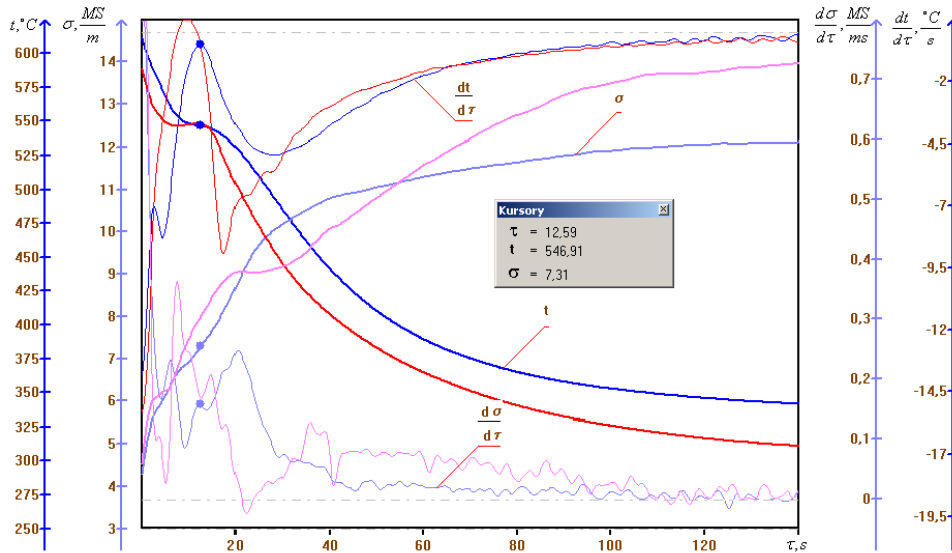
Rys. 4. Porowatość stopu AK11: 1 – przetopionego z gąsek hutniczych, 2 – rafinowanego, 3 – rafinowanego i modyfikowanego oraz filtrowanego

Przeprowadzone procesy rafinacji i modyfikacji ograniczyły skłonność stopów aluminium do powstawania porowatości gazowej i skurczowej (Rys. 4b,c) w porównaniu ze stopem odlanym bezpośrednio z gąsek hutniczych (Rys. 4a).

Prawidłowo przeprowadzone procesy uszlachetniania badanych stopów spowodowały uzyskanie odpowiedniej struktury odlewów, która zapewnia wysoką jakość wytwarzanych części maszyn.

Do badania kinetyki krystalizacji stopów aluminium i powstawania faz tworzących strukturę odlewu zastosowano jednoczesną Analizę Termiczną - Derywacyjną i Elektro - Derywacyjną (ATD – AED). Zapis graficzny procesów krystalizacji stopu AK9 metodą ATD – AED przedstawiono na Rys. 5.

W kolejnym etapie badań wpływu procesów uszlachetniania na poprawę jakości odlewanych części maszyn przeprowadzono filtrację ciełego stopu, wlewanego do formy odlewniczej. Filtrację stopów AK9 i AK11 wykonywano za pomocą piankowych filtrów ceramicznych.

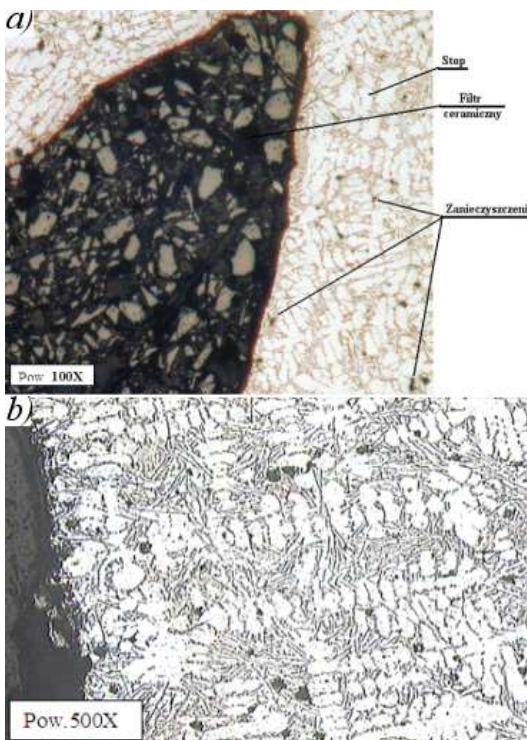


Rys. 5. Krzywe krystalizacji stopu AK9 po rafinacji i modyfikacji Sr

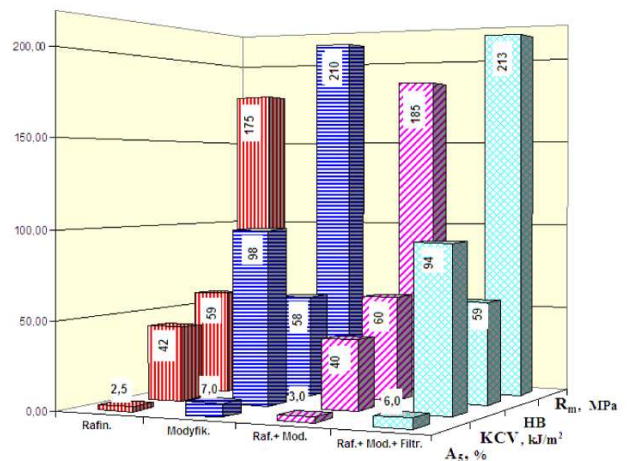
Korzystny wpływ uszlachetniania stopów aluminium poprzez ich filtrację przedstawiono na Rys. 6. Rysunek ten ilustruje rozmieszczenie i postać zatrzymanych zanieczyszczeń w zalanych kanalikach (porach) filtra, badanym stopem.

Bardzo korzystny wpływ procesów uszlachetniania stopów aluminium przedstawiają zmiany właściwości mechanicznych.

Na Rys. 7 przedstawiono zbiorcze wykresy słupkowe zmian właściwości mechanicznych po zastosowanych procesach uszlachetniania badanych stopów aluminium.



Rys. 6. Mikrostruktury zalanych filtrów z zanieczyszczeniami: a – stop AK9, b – stop AK11



Rys. 7. Zmiany właściwości mechanicznych stopu AK9 po zastosowanych procesach uszlachetniania

3. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania metalograficzne stopów AK9 i AK11 bezpośrednio przetopionych z gąsek hutniczych, wykazały występowanie w odlewach porowatości gazowej

i skurczowej.

Wykonane w badaniach procesy rafinacji i modyfikacji oraz filtracji zmieniły morfologię podstawowych faz (fazy α i eutektyki $\alpha + \text{Si}$) występujących w strukturze odlewów aluminiowych. Po zastosowanej filtracji w czasie odlewania badanych stopów do kokili, w porach filtrów ceramicznych zostały zatrzymane wtrącenia niemetaliczne.

Rozgałęzione dendryty fazy α i rozdrobnione ziarna krzemu eutektycznego oraz usunięte zanieczyszczenia niemetaliczne i tlenki zwiększyły odporność badanych stopów aluminium na mechanizm zniszczenia.

Korzystny wpływ uszlachetniania struktury odlewów aluminiowych został potwierdzony zmianami kształtów krzywych krystalizacji: temperatury – t i przewodności elektrycznej – α , oraz ich pierwszych pochodnych dt/dt i $d\sigma/dt$ w zapisie graficznym metody ATD – AED, w porównaniu ze stopami tylko po przeprowadzonej rafinacji.

Otrzymane wyniki badań właściwości mechanicznych R_m , A_5 , HB i KCV, po zastosowanych procesach uszlachetniania, zostały zilustrowane w postaci wykresów słupkowych. Uzyskane wysokie właściwości mechaniczne odlewanych części maszyn spełniają wymagania stawiane przez konstruktorów i użytkowników.

LITERATURA

1. **Dudyk M.** (2005), Filtracja stopu AlSi9Mg (AK9), *Archives of Foundry*, Vol. 5, No17.
2. **Dudyk M.** (2006a) Ścieralność stopów i kompozytów aluminiowych. Nauka i Technologia, *IX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Metali Nieżelaznych*, AGH, Kraków.
3. **Dudyk M.** (2006b), Diagnostowanie procesów krystalizacji metali nieżelaznych stosowanych w budowie maszyn, *Archiwum Odlewnictwa*, Rocznik 6, No18 (1/2), PAN Katowice.
4. **Dudyk M., Aslanowicz J., Ościłowski L.** (2008), Influence of melting and filtration properties of aluminium alloys, *Archives of Foundry Engineering*, Vol.83, No3, PAN Katowice.
5. **Dudyk M., Kosibór K.** (2003), Krystalizacja, struktura oraz właściwości technologiczne stopów i kompozytów aluminiowych, *Archiwum Odlewnictwa*, Rocznik 3 No7, PAN Katowice.
6. **Dudyk M.** (2007). Forming of Technological and Mechanical Properties of Casted Aluminium Machine Parts, *Advances in Manufacturing Science and Technology*, Vol. 31, No4.
7. **Madej J.** (2005), Thermograms of damages, *Mechanics Research Communication*, 32, Elsevier.
8. **Pietrowski S.** (2001), *Siluminy*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź.

THE INFLUENCE OF PURIFYING PROCESSES ON CRYSTALLIZATION AND QUALITY OF ALUMINUM CASTING

Abstract: The research concerned on the influence of purifying and modification as well as filtration processes on the crystallization and the quality of aluminium die-casting from alloys: AK9 (ENAC – AlSi9Mg) and AK11 (ENAC – AlSi11). The metallographic research results show impurities in the casting structure in the form of porosity and oxides, which arose during metallurgic process. Microstructures of filters poured with the researched alloys present the amount and distribution of the impurities stopped (in filters) during casting of resistance samples. Implementing of purifying processes for the mentioned alloy caused significant differences in the shape of crystallization curves received in the graphical record of ATD-AED method. On the example of comparison of hypo-eutectic AK9 alloy and refined alloy it was shown that it is possible to achieve significant improvement in mechanical properties, elongation A_5 and impact resistance and especially R_m resistance. The original research on microstructures of poured ceramic foam filters proved advisability of implementation of filtration processes into the technology of aluminium casting.