

Badania nad doborem parametrów przesycania komercyjnego odlewniczego stopu aluminium typu AlSi7Mg0,3

T. Knych¹, P. Uliasz¹, J. Wiecheć¹, K. Podeszwa¹

¹ AGH University of Science and Technology. Faculty of Non-ferrous Metals
Al. A. Mickiewicza 23, 30-059 Krakow, Poland
Kontakt korespondencyjny: jwiechec@agh.edu.pl

Otrzymano: 20.11.2014; zaakceptowano do druku: 12.12.2014

Streszczenie

Praca obejmuje badania nad opracowaniem optymalnego parametrów przesycania komercyjnego stopu aluminium typu silumin o oznaczeniu chemicznym AlSi7Mg0,3. Przedstawione wyniki obejmują trzy główne warianty badań: wariant A – wpływ szybkości chłodzenia, wariant B – wpływ temperatury przesycania oraz wariant C – wpływ czasu homogenizacji. Efektywność zaproponowanych sposobów przesycania analizowano za pomocą pomiarów twardości metodą Brinella oraz przewodności elektrycznej na materiale w warunkach tj. w stanie T4 (materiał przesycany i starzony naturalnie) oraz na materiale poddanemu starzeniu sztucznemu tj. na stan T6 (materiał przesycany i starzony sztucznie).

Słowa kluczowe: odlewnicze stopy aluminium, siluminy podedutektyczne, obróbka cieplna

1. Wprowadzenie

Nowe aplikacje wyrobów uzyskiwanych technologiami odlewniczymi wymaga od producentów nie tylko dążenia do opracowywania nowych materiałów odlewniczych, ale również podnoszenia parametrów eksploatacyjnych materiałów tradycyjnie stosowanych. Odlewnicze stopy aluminium typu silumin wykorzystywane są przede wszystkim w przemyśle maszynowym, motoryzacyjnym i w zastosowaniach konstrukcyjnych, stąd też do ich podstawowych zalet należą wysokie własności wytrzymałościowe. Niezwykle istotnym zagadnieniem jest kwestia optymalizacji operacji obróbki cieplnej tego typu materiałów w celu podniesienia ich własności wytrzymałościowych i jednocześnie, elektrycznych z uwagi na wykorzystywanie ich na wymienniki ciepła czy osprzęt elektroenergetyczny. Jednym z najpopularniejszych stopów aluminium należących do grupy siluminów podedutektycznych jest AlSi7Mg0,3, którego typowe zakresy składu chemicznego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane oznaczenia oraz zalecany skład chemiczny stopów typu AlSi7Mg0,3

Cecha	Norma	Dodatek stopowy, %mas.					
		Si	Mg	Fe	Mn	Ti	Al
42100	[1]	6,5-7,5	0,25-0,45	0,55	0,1	0,2	reszta
356	[2]	6,5-7,5	0,2-0,45	0,6	0,3 5	0,2 5	reszta
LM25	[3]	6,5-9,5	0,2-0,6	0,5	0,3	0,2	reszta
A 4010 BY	[4]	6,7-7,5	0,3-0,5	0,2	0,1	0,2	reszta

W pracy przedstawiono wyniki badań nad doborem najkorzystniejszych parametrów procesu przesycania, które stosuje się w celu uzyskania skrajnie nierównowagowej (metastabilnej) budowy materiału [5]. Dla celów praktycznych proces przesycania można określić jako operację obróbki cieplnej, polegającą na nagraniu stopu do temperatury powyżej linii granicznej rozpuszczalności, wygrzaniu w tej temperaturze (homogenizacja), a następnie szybkim schłodzeniu [6].

2. Materiał i metodyka badań

Badania wykonano na stopie EN AC-42100 [1] (AlSi7Mg0,3), którego skład chemiczny przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Skład chemiczny badanego stopu

Oznaczenie	Dodatek stopowy, % mas.					
	Si	Mg	Fe	Mn	Ti	Al
AlSi7Mg0,3	7,18	0,36	0,10	0,13	0,14	reszta

Przeanalizowano wpływ parametrów przesycania na podatność stopu do starzenia sztucznego podzielono na trzy grupy. Pierwsza grupa (wariant A) to analiza wpływu szybkości chłodzenia, w obrębie której sprawdzono sposób schładzania odlewu po przesycaniu do wody o temperaturze 2 °C, schładzanie sprężonym powietrzem, schłodzenie na wolnym powietrzu oraz z piecem (czas wygrzewania dla wszystkich wariantów A to 8 h, a temperatura 535 °C). Druga grupa (wariant B) badań dotyczyła wpływu temperatury, z której przesycano stop: 300, 400, 500 i 535 °C (czas homogenizacji w danej temperaturze wynosił również 8 h, po czym materiał schłodzony w wodzie o temperaturze 25 °C). Trzecia grupa (wariant C) obejmowała analizę różnych czasów homogenizacji materiału: 2, 4, 6 i 8 h (temperatura wygrzewania w tym przypadku wynosiła 535 °C, a materiał również schłodzony do wody o temperaturze 25 °C). Schemat opisanych w pracy wariantów oraz szczegółowe oznaczenie materiałów przedstawia rysunek 1.

Odlwiczny stop aluminium typu AlSi7Mg		
Wariant A: wpływ szybkości chłodzenia	Wariant B: wpływ temperatury przesycania dla 8h	Wariant C: wpływ czasu homogenizacji dla 535°C
A1: woda T=2°C	B1: T=300°C	C1: 2h
A2: sprężone powietrze	B2: T=400°C	C2: 4h
A3: schładzanie na wolnym powietrzu	B3: T=500°C	C3: 6h
A4: schładzanie z piecem	B4: T=535°C	C4: 8h
Starzenie naturalne		
Starzenie sztuczne		
T=180°C	2h	
	4h	
	6h	
	8h	
	10h	
Pomiary twardości Brinella i przewodności elektrycznej		

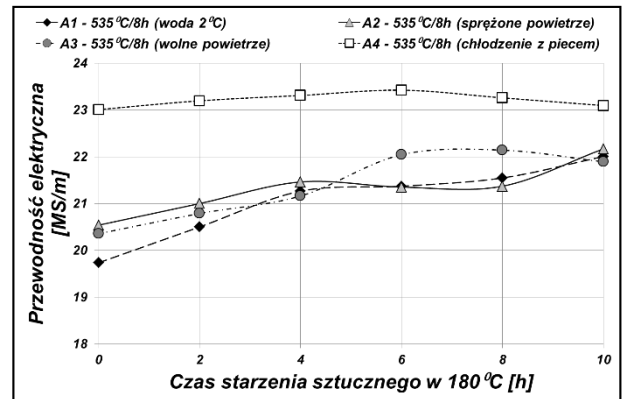
Rys. 1. Zestawienie wariantów prowadzenia operacji przesycania

Kolejną operacją, wspólną dla wszystkich wariantów przesycania, było starzenie naturalne (stan T4) oraz starzenie sztuczne (stan T6) w temperaturze 180 °C przez czas 2, 4, 6, 8 i 10 h. Na tak przygotowanym materiale wykonano pomiary twardości wykorzystując metodę Brinella oraz przewodności elektrycznej przy użyciu urządzenia Sigmatest. Przedstawione w niniejszej pracy wyniki twardości są średnią arytmetyczną co najmniej pięciu pomiarów twardości oraz co najmniej dziesięciu pomiarów przewodności elektrycznej.

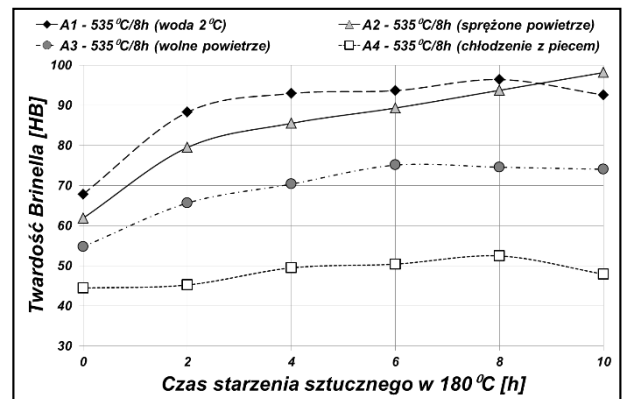
3. Wyniki badań i dyskusja

Poniżej przedstawiono wyniki badań dotyczące wariantu A – wpływu szybkości chłodzenia po przesycaniu na własności elektryczne (rys. 2) i twardość Brinella (rys. 3). Rysunki

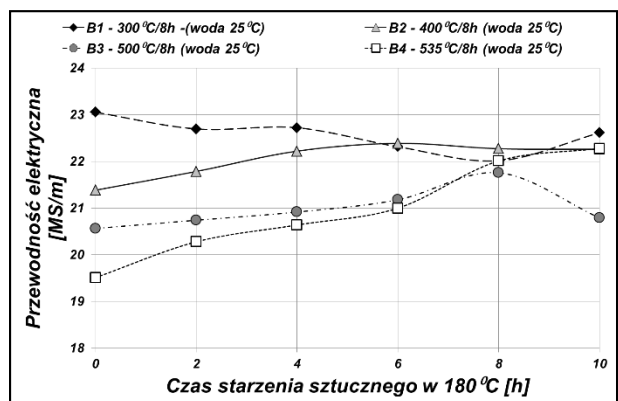
4 i 5 przedstawiają kolejno przewodność elektryczną i twardość Brinella w funkcji czasu starzenia sztucznego dla wariantu B, czyli analizy wpływu temperatury homogenizacji.



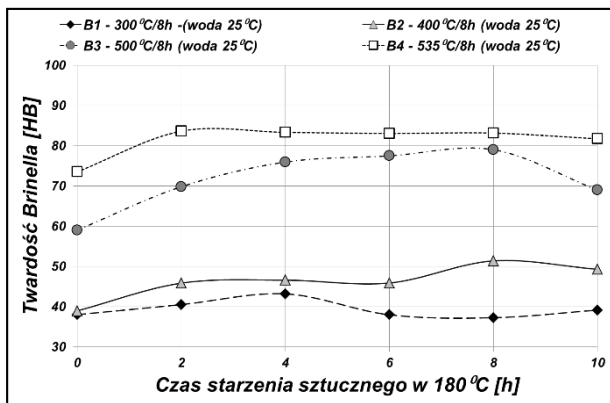
Rys. 2. Przewodność elektryczna w funkcji czasu starzenia sztucznego – wariant A (wpływ szybkości chłodzenia)



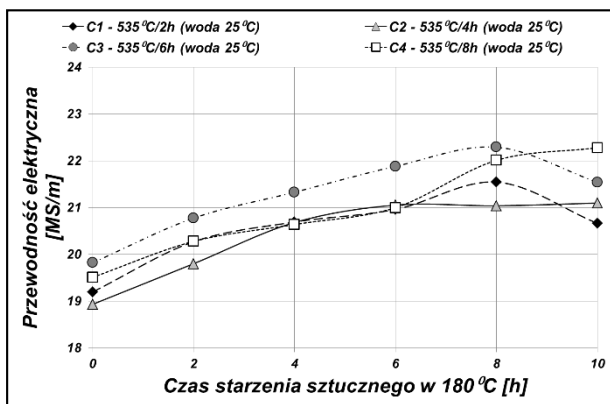
Rys. 3. Twardość Brinella w funkcji czasu starzenia sztucznego – wariant A (wpływ szybkości chłodzenia)



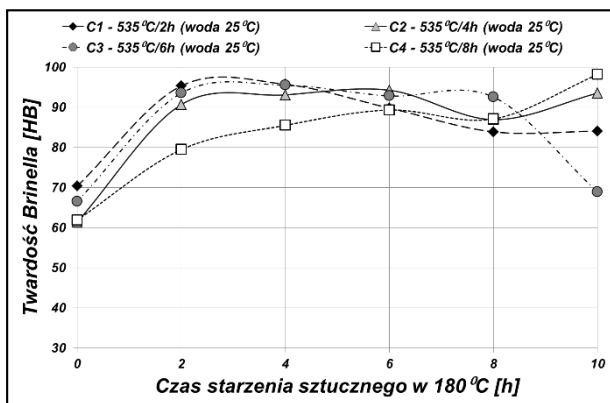
Rys. 4. Przewodność elektryczna w funkcji czasu starzenia sztucznego – wariant B (wpływ temperatury wygrzewania)



Rys. 5. Twardość Brinella w funkcji czasu starzenia sztucznego – wariant B (wpływ temperatury wygrzewania)



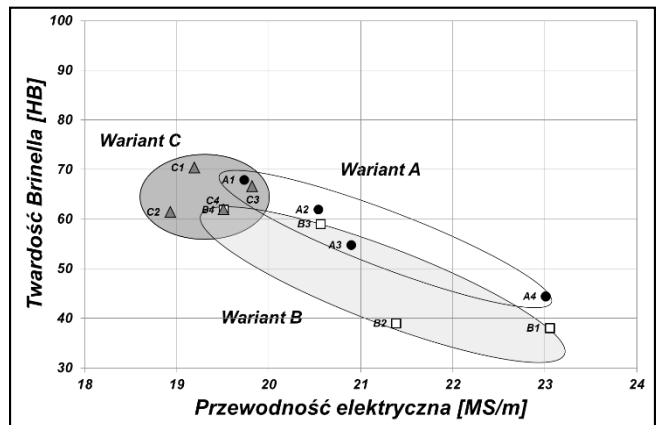
Rys. 6. Przewodność elektryczna w funkcji czasu starzenia sztucznego – wariant C (wpływ czasu wygrzewania)



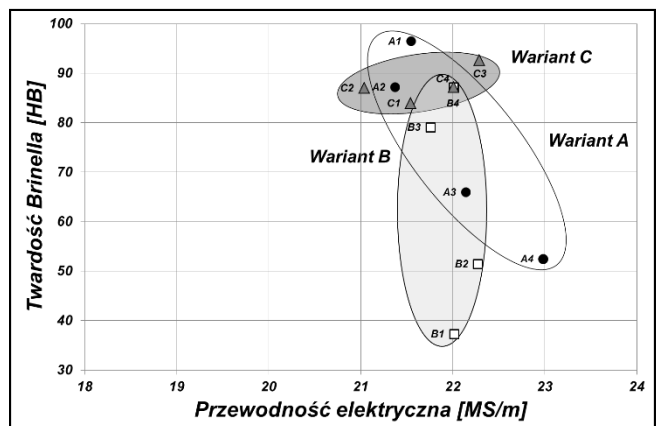
Rys. 7. Twardość Brinella w funkcji czasu starzenia sztucznego – wariant C (wpływ czasu wygrzewania)

W celu podsumowania powyższych wyników badań własności wytrzymałościowych i elektrycznych sporządzono wykresy w układzie przewodność elektryczna – twardość Brinella dla stanów T4 i T6 (rys. 8 i 9). Za stan T4 uznano materiał po przesycaaniu i starzeniu naturalnym (4 dni), stan T6 z kolei to materiał przesycony i starzony sztucznie w temperaturze 180 °C

przez 8 h. Starzenie sztuczne materiałów (przejście ze stanu T4 do stanu T6) w każdym z analizowanych wariantów doprowadziło do podniesienia zarówno własności wytrzymałościowych, jak i elektrycznych. W przypadku wariantu B (wpływ temperatury) w stanie T6 widzimy, że podwyższenie temperatury wygrzewania ma wpływ jedynie na twardość – dla wszystkich temperatur osiągnięto przewodność elektryczną o wartości około 22 MS/m.



Rys. 8. Podsumowanie dla materiałów w stanie T4



Rys. 9. Podsumowanie dla materiałów w stanie T6

4. Podsumowanie

Przedstawione w pracy badania umożliwiły postawienie następujących wniosków:

- dobór odpowiednich warunków przesycaania (szybkości chłodzenia oraz temperatury i czasu wygrzewania) ma istotny wpływ na podatność stopu AlSi7Mg0,3 do starzenia sztucznego, a co za tym idzie do uzyskania optymalnego zestawu własności wytrzymałościowych oraz elektrycznych;
- spośród sześciu zaprezentowanych warunków szybkości chłodzenia materiału za najkorzystniejsze ze względu na własności wytrzymałościowe uważa się przesycaanie z chłodzeniem materiału do wody o temperaturze 2°C, gdzie uzyskano twardość po

- starzeniu sztucznym w temperaturze 180 °C w czasie powyżej 2 h na poziomie ponad 90 HB (wariant A1);
- z punktu widzenia własności elektrycznych w postaci przewodności elektrycznej dla badań nad szybkością chłodzenia za najkorzystniejsze uznano przesycanie z chłodzeniem z piecem – ponad 23 MS/m (wariant A4);
- w obszarze badań nad wpływem temperatury przesycania najlepsze wyniki badań wytrzymałościowych uzyskano dla wariantu B4, czyli materiału przesycanego z temperatury 535 °C: ponad 80 HB;
- obniżenie temperatury przesycania do 300 °C (wariant B1) doprowadziło do uzyskania najkorzystniejszego poziomu przewodności elektrycznej: 22-23 MS/m;
- najwyższy poziom własności wytrzymałościowych stopu AlSi7Mg0,3 przesycanego z temperatury 535 °C do wody o temperaturze 25 °C uzyskano dla wariantów obejmujących wygrzewanie przez 2, 4 i 6 h (warianty C1, C2 i C3) – po starzeniu sztucznym w 180 °C przez 2-6 h uzyskano w tych wariantach twardość Brinella na poziomie 90-100 HB;

- najwyższy poziom przewodności elektrycznej dla badań nad czasem wygrzewania w temperaturze 535 °C uzyskano dla czasu 6 h (wariant C3).

Literatura

- [1] PN EN-1706:2010 Aluminium i jego stopy. Odlewy. Skład chemiczny i własności mechaniczne
- [2] B 108/B 108M-08 Standard Specification for Aluminum-Alloy Permanent Mold Castings
- [3] JIS Z 3232:2000 Aluminium and aluminium alloy welding rods and wires
- [4] *BS 1490- 1988* Specification for aluminium and aluminium alloy ingots and castings for general engineering purposes
- [5] Davies, J. (2002). *Aluminium and Aluminium Alloys*, ASM International, OH 2002
- [6] Kaufman, J.G., Rooy, E.L. (2004). *Aluminum Alloy Castings. Properties, Processes, and Applications*, ASM International, OH

Research on the Selection of Parameters of Solution Heat Treatment of the Commercial Casting Aluminium Alloy AlSi7Mg0,3 Type

Abstract

The work includes research on the development the optimal parameters of solution heat treatment for the commercial casting aluminium alloy AlSi7Mg0,3 type. The results include three main variants of research: Variant A - the effect of cooling rate, Variant B - the influence of saturation heat treatment temperature and variant C - the impact of homogenization time. The effectiveness of the proposed methods saturation heat treatment analyzed by measuring Brinell hardness and electrical conductivity of the material in the given conditions, ie. in the T4 temper (solution heat treatment and naturally aged), and T6 temper (solution heat treatment and fully artificially aged).