

## WPLYW PROCESÓW TOPNIENIA NA UDARNOŚĆ SILUMINÓW

Maksymilian DUDYK

Katedra Technologii Bezwiórowych

Filia Politechniki Łódzkiej w Bielsku-Białej.

43-300 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2. POLAND

### 1. Wprowadzenie

Odlewane części maszyn ze stopów aluminium powinny charakteryzować się wysokimi właściwościami mechanicznymi i technologicznymi. Dlatego właśnie badania udarności są chętnie stosowane do oceny procesów topnienia, wpływających na poprawę jakości wytwarzanych odlewów [1].

Wyniki badań udarności zależą w istotny sposób od kształtu próbek, ich masy, a szczególnie od zastosowanego karbu [1, 2].

Według Poniewskiego [1] efekt modyfikacji siluminów eutektycznych najwyraźniej uwidacznia się w badaniach udarności. W jego badaniach została zastosowana uproszczona próba udarności do wyznaczania efektów modyfikacji siluminów. Wyniki badań wykazały dużą czułość i dokładność tej metody jako wskaźnika stopnia zmodyfikowania stopu. Uwzględniając wyniki badań Poniewskiego [1] opracowano kształt i wymiary kokili oraz próbki do badania udarności KCV stopów aluminium.

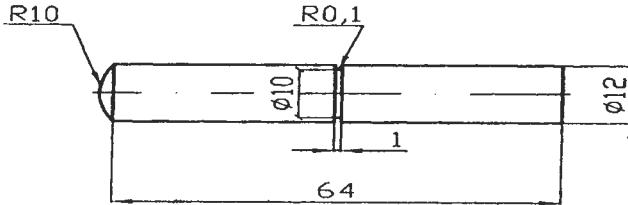
Wykonane badania udarności KCV i analiza procesów krystalizacji siluminów metodą ATD i AED pozwoliły wyznaczyć równania regresji, umożliwiające szybką ocenę efektów uszlachetnienia przygotowanego stopu do wykonania odpowiednich odlewów.

### 2. Metodyka badań i wyniki.

Badania przeprowadzono dla stopów AlSi7Mg (AK7) i AlSi9Mg (AK9) z przetwórstwa hutniczego ZML Kęty. Wymienione stopy po przetopieniu w piecu elektrycznym i po zabiegu rafinacji sześciochloroetanem, poddano różnym procesom modyfikacji [4, 5].

Stop AK7 modyfikowano tytanem oraz podwójnie tytanem i strontem. Dla stopu AK9 wykonano modyfikację trwałą strontem i antymonem. Następnie przeprowadzono

modyfikację podwójną; strontem i tytanem oraz antymonem i tytanem. Dla podwójnie zmodyfikowanego stopu dodano cynk [5, 7]. Po każdym procesie topienia wykonano analizę ATD i AED oraz odlano próbki do badania właściwości mechanicznych [3, 6]. Badania udarności przeprowadzono na próbkach których kształt i wymiary przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1 Kształt i wymiary próbki do badań udarności.  
Fig. 1. Shape and size of the sample for impact strength tests.

Otrzymane wyniki z przeprowadzonych badań udarności zamieszczono w tabelicy 1.

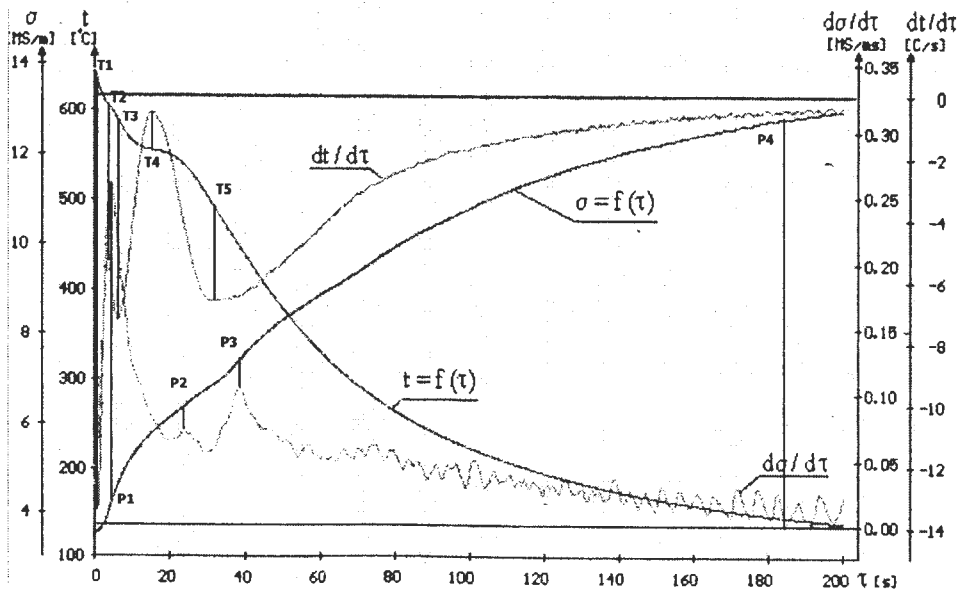
Przykładowo na rysunku 2 dla rafinowanego stopu AK9 przedstawiono krzywe krzepnięcia  $t$  i przewodności  $\sigma$  oraz ich pierwsze pochodne. Dodatkowo na krzywych krystalizacji zaznaczono charakterystyczne punkty T i P, które w powiązaniu z właściwościami mechanicznymi pozwoliły opracować równania regresji.

Otrzymane równania regresji dla badanych stopów przedstawiono w tabelicy 2.

Wynikiem przeprowadzonej analizy regresji dla udarności KCV są modele wielomianowe oraz wykresy przestrzenne ilustrujące zależności parametrów wytrzymałościowych w funkcji wartości wejściowych. Wykresy przestrzenne dla udarności stopu AK7 przedstawiono na rysunku 3.

Tablica 1. Wpływ procesów topnienia na udarność KCV siluminów  
Table 1. Melting process effect on Silumin impact strength KCV.

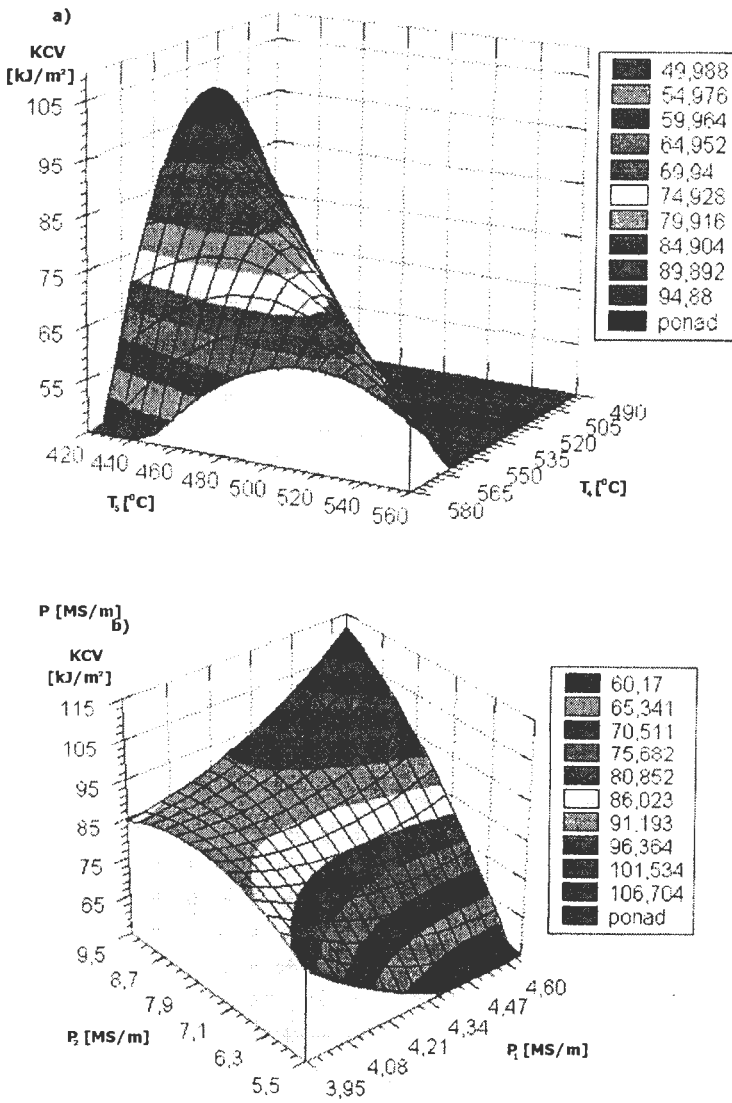
| Udarność $\text{kJ/m}^2$ , stopu AK7 <sup>1)</sup> |           |                 |           |                |                        |                        |
|--|-----------|-----------------|-----------|----------------|------------------------|------------------------|
| Rafinowany   |           | Modyfikowany Ti |           |                | Modyfikowany Ti + Sr   |                        |
| 74   |           | 66              |           |                | 86                     |                        |
| Udarność $\text{kJ/m}^2$ , stopu AK9 <sup>1)</sup> |           |                 |           |                |                        |                        |
| Rafin.   | Modyf. Sr | Modyf. Sr + Ti  | Modyf. Sb | Modyf. Sb + Ti | Modyf. Sr + Ti dod. Zn | Modyf. Sb + Ti dod. Zn |
| 65   | 118       | 89              | 66        | 61             | 64                     | 42                     |
| <sup>1)</sup> średnia z 24 próbek                  |           |                 |           |                |                        |                        |



Rys. 2. Krzywe krystalizacji według metody ATD i AED z zaznaczonymi charakterystycznymi punktami TiP.  
 Fig. 2. Crystalization curve after ATD and AED method with the marked charakteristic points T and P

Tablica 2. Równania regresji opracowane na podstawie metody ATD i AED  
 Table 2. Regression equations worked out on the grounds of ATD and AED method.

| Równania regresji dla stopu AK7 |  |
|---------------------------------|--|
| Według metody ATD               | $KCV = 353,196 - 0,067T_1 - 0,539T_2 + 0,9T_3 - 0,675T_4 - 0,129T_5$ |
| Według metody AED               | $KCV = 166,741 - 23,701P_1 + 8,98P_2 + 0,201P_3 - 3,93P_4$           |
| Równania regresji dla stopu AK9 |  |
| Według metody ATD               | $KCV = -8306,748 + 30,9176T_3 + 0,0224T_1^2 - 0,0505T_1T_3$          |
| Według metody AED               | $KCV = 174,9267 - 24,5447P_5 + 7,6974P_7 + 0,533P_5^2$               |



Rys. 3. Wykresy przestrzenne udarności KCV stopu AK7 w zależności od wybranych punktów charakterystycznych metody ATD i AED, a – według punktów na krzywej termicznej t, b – według punktów na krzywej przewodności  $\delta$

Fig. 3. Space diagrams of AK7 alloy impact strength KCV according to the chosen characteristic points of the ATD and AED method, a – by points on the thermic curve t, b – by points on the conductivity curve  $\delta$

### 3. Podsumowanie

Przedstawione w artykule badania udarności KCV na opracowanej próbce i kokili (do jej odlewania), wykazały, że istnieje między innymi możliwość oceny efektów modyfikacji siluminów.

Stosując różne zabiegi uszlachetniania struktury siluminów, poprzez różne procesy topienia, można w bardzo znaczący sposób zmieniać ich udarność - tabl. 1. Najwyższą udarność dla badanych stopów otrzymano po trwałej modyfikacji strontem. Po modyfikacji strontem otrzymuje się strukturę uszlachetnioną. Natomiast trwała modyfikacja siluminów antymonem nie poprawiła udarności w porównaniu ze stopem rafinowanym – tabl. 1. Po modyfikacji siluminów antymonem otrzymuje się strukturę „pasemkową”, która nie wpływa na poprawę udarności. Na podstawie otrzymanych wyników z przeprowadzonych badań można stwierdzić, że morfologia krzemu eutektycznego ma decydujący wpływ na udarność KCV siluminów.

Postać krzemu eutektycznego po modyfikacji strontem (podobny do „koralowca”) decyduje o dużej udarności siluminów. Wykresy przestrzenne sporządzone dla stopu AK7 (rys.3 a,b) wykazują zmiany udarności KCV zależne od temperatury  $T_4$  – maksymalny efekt cieplny krystalizacji eutektyki  $\alpha + \text{Si}$  i  $T_5$  – zakończenie krystalizacji stopu. Natomiast analizując krzywe przewodności, zmiany udarności KCV zależą od;  $P_1$  – krystalizacji fazy  $\alpha$  i  $P_2$  – krystalizacji eutektyki  $\alpha + \text{Si}$ . Na podstawie charakterystycznych punktów wyznaczonych metodami ATD i AED oraz otrzymanych równań regresji, można ocenić efekt uszlachetniania siluminów.

### Literatura

- [1] Poniewski Z.: Siluminy. WNT Warszawa 1966r.
- [2] Rudol F.: Problemy udarności zeliwa szarego, Przemiany strukturalne w stopach odlewniczych – teoria i efekty użytkowe. PAN Kraków 1987r.
- [3] Dudyk M., Minkus K.: Opracowanie metody Analizy Elektro-Deriwacyjnej (AED) do badania krystalizacji siluminów. Krzepnięcie Metali i Stopów, z. 19, PAN Katowice 1994.
- [4] Wasilewski P.: Siluminy – modyfikacja i jej wpływ na strukturę i właściwości. Krzepnięcie Metali i Stopów, z. 21, PAN Katowice 1993r.
- [5] Dudyk M.: Wysokowytrzymały silumin cynkowo-miedziowy. Krzepnięcie Metali i Stopów, z. 28, PAN Katowice 1996.
- [6] Dudyk M., Wasilewski P., Ciućka T., Pezda J.: Simultaneous Recording of Crystallization Process of Aluminium Alloys with ATD and AED Methods. Archives of Metallurgy, vol. 43, 4/1998.
- [7] Dudyk M.: Analiza procesów krystalizacji stopu AlSi7Mg metodą ATD i AED, Acta Metallurgica Slovaca. Ročník 5,2/1999 SAV, Košice.

Recenzował: prof. dr hab. inż. Zdzisław Samsonowicz