

KRYSTALIZACJA ALUMINIUM ZANIECZYSZCZONEGO ŻELAZEM

M. DUDYK¹

Politechnika Łódzka, Filia w Bielsku - Białej
Katedra Technologii Bezwiórowych

STRESZCZENIE

W zamieszczonym artykule określono wpływ różnych dodatków żelaza na proces krystalizacji aluminium. Na podstawie graficznego zapisu procesów krystalizacji metodą ATD - AED, ustalono rodzaj i kolejność powstawania faz w badanych stopach. Zastosowane (0,5 - 1,5%) zawartości żelaza w badanych stopach nie wpłynęły na pogorszenie właściwości mechanicznych w stosunku do czystego aluminium. Właściwości mechaniczne stopów Al - Fe zależne są głównie od rozmiaru i rozmieszczenia kryształów fazy $FeAl_3$. Niekorzystny wpływ dodatku żelaza (eutektyki żelazowe) spowodował bardzo znaczne obniżenie udarności KCV i pogorszenie wydłużenia A_5 .

1. WSTĘP

Zanieczyszczenie żelazem odlewniczych stopów aluminium, a w szczególności siluminów, ogranicza ich zastosowanie na odlewane części maszyn.

W siluminach obecność żelaza bardzo znacząco obniża ich właściwości mechaniczne, a przede wszystkim wydłużenie i udarność. Żelazo tworząc różne fazy jest niekorzystnym dodatkiem w stopach Al, a szczególnie, gdy jego zawartość przekracza 0,4% Fe. Tworzą się wówczas długie i ostro zakończone wydzielania płytkowe fazy Al_9Fe_2Si [1 i 2].

Zanieczyszczenie siluminów żelazem spowodowane jest między innymi stosowaniem do topienia tygli żeliwnych, oraz stalowego osprzętu piecowego (łyżki, zanurzaki, "cedzaki", itp.). W znacznym stopniu na zanieczyszczenie siluminów żelazem ma wpływ błędna gospodarka złomem własnym (obiegowym). Bardzo często

¹ Dr inż

do przetapianych stopów z gąsek hutniczych dodawany jest wymieszany złom obiegowy z różnych gatunków stopów Al - Si, zawierających powyżej 1,0% Fe (np. AK 132, AC 5 i AC 11).

W przedstawionych badaniach określono wpływ różnych dodatków żelaza na proces krystalizacji aluminium. Na podstawie graficznego zapisu procesów krystalizacji metodą ATD - AED [3 - 5], ustalono rodzaj i kolejność powstawania faz w badanych stopach.

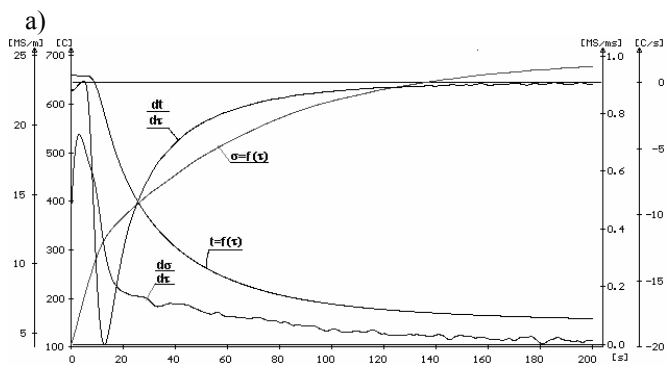
Otrzymane wyniki procesów krystalizacji metodą ATD - AED, oraz wyniki badań właściwości mechanicznych dla stopów syntetycznych typu Al - Fe, mogą być wykorzystane do identyfikacji wykrystalizowanych faz w analizowanych stopach technicznych (gąskach hutniczych).

2. METODYKA BADAŃ I WYNIKI

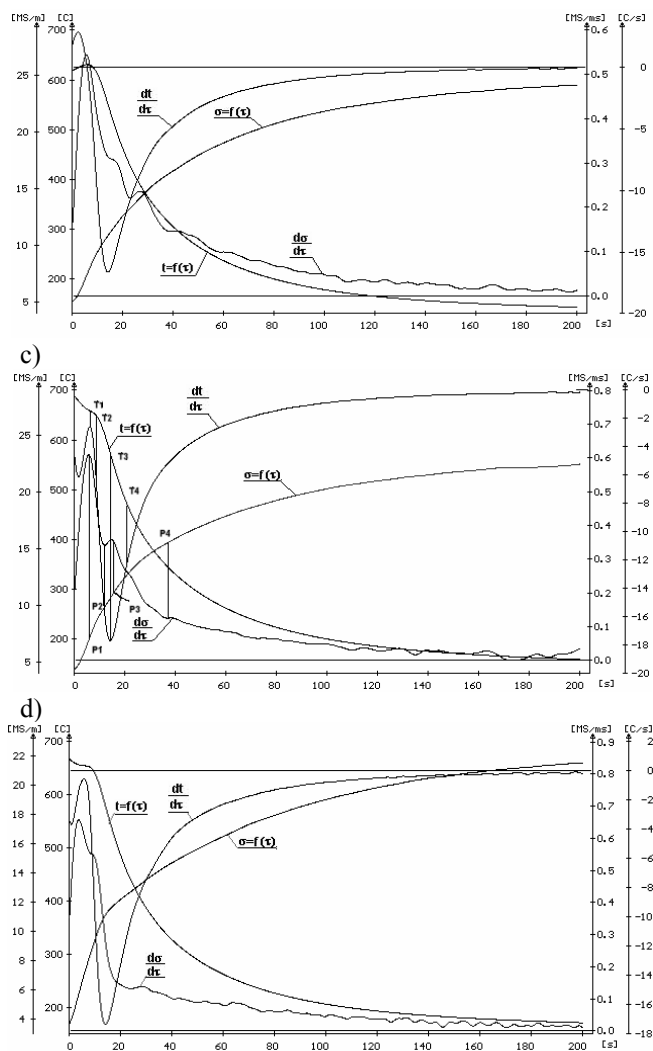
Stopy do badań sporządzono w piecu elektrycznym oporowym. Do roztopionego hutniczego aluminium dodawano w postaci zaprawy (Al - Fe) odpowiednie dodatki żelaza. Otrzymano w ten sposób stopy do dalszych badań;

- aluminium z dodatkiem 0,5% Fe,
- aluminium z dodatkiem 1,0% Fe,
- aluminium z dodatkiem 1,5 % Fe.

Dla wymienionych stopów wykonano analizę procesów krystalizacji metodą ATD - AED. Rysunek 1 przedstawia odmienne przebiegi zapisu graficznego procesu krystalizacji aluminium z różnymi dodatkami żelaza.



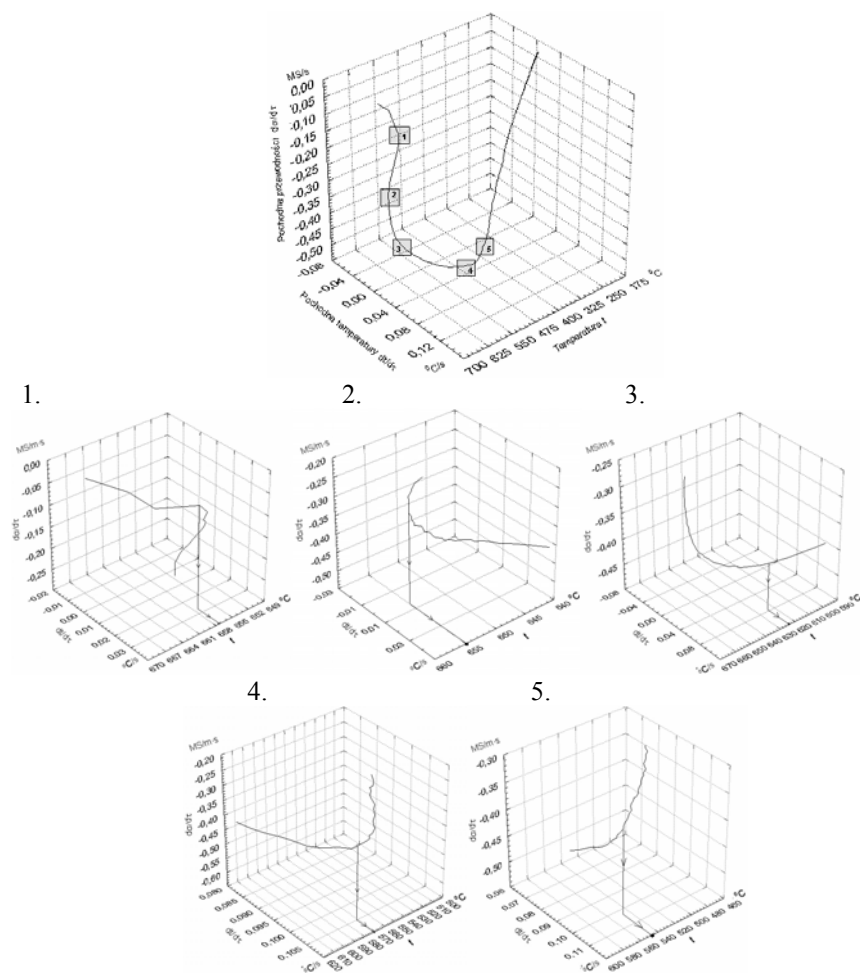
b)



Rys. 1. Krzywe krystalizacji t i przewodności elektrycznej właściwej σ , oraz ich pochodne; a - dla aluminium, b - dla aluminium + 0,5% Fe, c - dla aluminium + 1,0% Fe, d - dla aluminium + 1,5% Fe.

Fig. 1. Crystallisation curve t and electrical conductivity curve σ , and their derivatives; a - for aluminium, b - for aluminium + 0,5% Fe, c - for aluminium + 1,0% Fe, d - for dla aluminium + 1,5% Fe.

Charakterystyczne punkty (T i P), określające krystalizację faz w badanych stopach, dokonano na podstawie wykresów przestrzennych zamieszczonych na rysunku 2.



Rys. 2. Zależność pochodnej przewodności elektrycznej właściwej $d\sigma/d\tau$ w funkcji temperatury t i jej pochodnej $dt/d\tau$, a - charakter krzywej $d\sigma/d\tau$ w układzie przestrzennym, b - charakterystyczne punkty T w procesie krzepnięcia (1- faza α , 2- eutektyka $\alpha+\text{FeAl}_3$, 3 - perytektyka $\alpha+\text{Fe}_3\text{Al}_{12}\text{Si}$, 4 - eutektyka $\alpha+\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{Si}$, 5 - koniec krystalizacji).

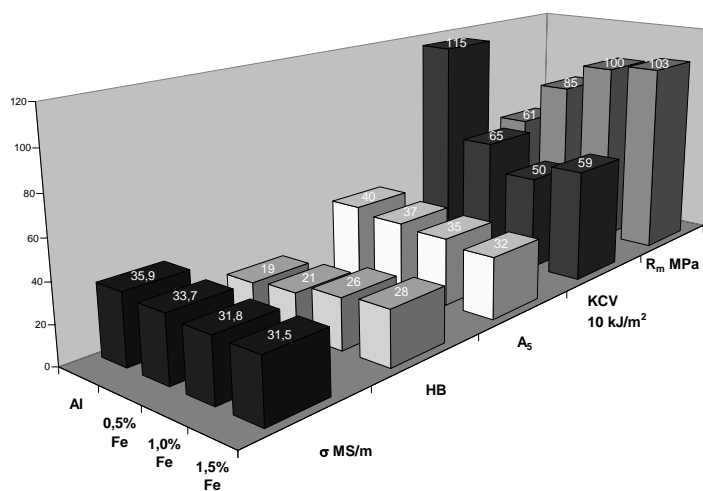
Fig. 2. Dependence of the electrical conductivity derivative $d\sigma/d\tau$ from the function of temperature t and its derivative $dt/d\tau$, a - character of the curve $d\sigma/d\tau$ in the dimensional arrangement, b - characteristic points T in the solidification process (1 - α phase, 2 - $\alpha+\text{FeAl}_3$ eutectic, 3 - $\alpha+\text{Fe}_3\text{Al}_{12}\text{Si}$ peritectic, 4 - $\alpha+\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{Si}$ eutectic, 5 - end of solidification).

Rodzaj wykrystalizowanych faz, oraz ich temperaturę t i przewodność elektryczną właściwą σ przedstawiono w tabelicy 1.

Tabela 1. Temperatura t i przewodność elektryczna właściwa σ zidentyfikowanych faz.Table 1. Temperature t and electrical conductivity σ of the identified phases.

Nr Próbny	Stop	Faza α		Faza FeAl_3		Faza $\text{Fe}_3\text{Al}_{12}\text{Si}$		Faza FeAl_9Si	
		T1	P1	T2	P2	T3	P3	T4	P4
		$^{\circ}\text{C}$	MS/m	$^{\circ}\text{C}$	MS/m	$^{\circ}\text{C}$	MS/m	$^{\circ}\text{C}$	MS/m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Al+0,5% Fe	658	6,9	655	8,0	649	9,8	576	11,3
2	Al+1,0% Fe	657	6,7	655	8,1	650	9,7	589	11,4
3	Al+1,5% Fe	656	5,5	655	8,7	651	9,9	590	11,7

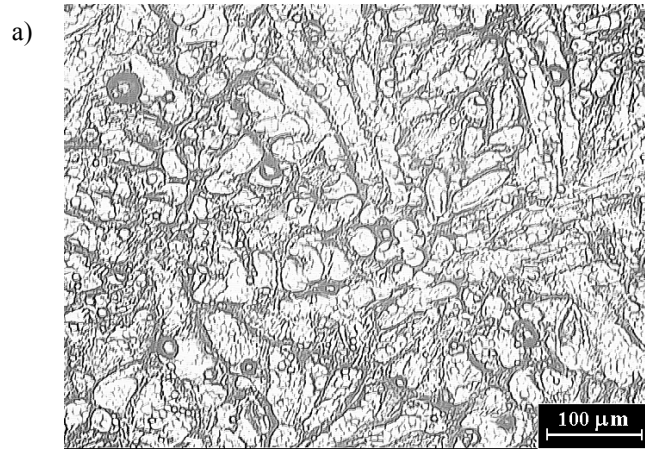
Zmiany właściwości mechanicznych badanych stopów, spowodowane różnymi dodatkami żelaza, przedstawiono w postaci zbiorczych wykresów słupkowych na rysunku 3.



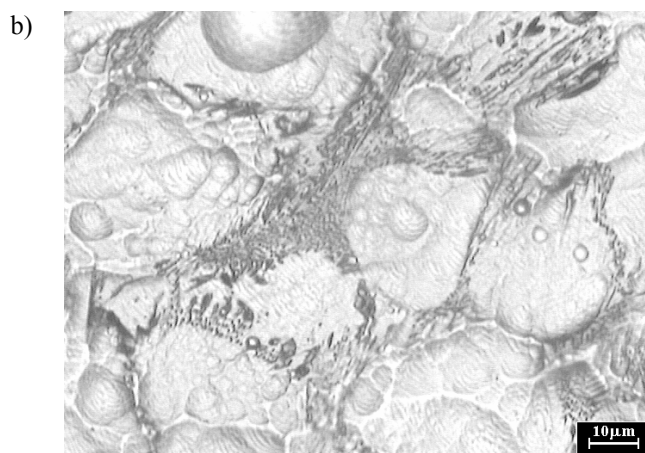
Rys. 3. Właściwości mechaniczne aluminium z różnymi dodatkami żelaza.

Fig. 3. Mechanical properties of aluminium alloy with different iron additives.

Przykładowo na rysunku 4 zamieszczono mikrostrukturę badanych stopów. Mikrostruktura przedstawia w przestrzeniach międzydendrytycznych fazy α wydzielenia eutektyki $\alpha+\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{Si}$ - krystalizującej w temperaturze 580°C , oraz eutektyki $\alpha+\text{FeAl}_3$ - krystalizującej w temperaturze 655°C [2, 6, 7, 8].



Pow. 100 X



Pow. 500 X

Rys. 4. Mikrostruktura stopu aluminium z dodatkiem 1,5% Fe.
Fig. 4. Mictrostructure of aluminium alloy with a 1,5% Fe additive.

3. PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań rejestracji procesów krystalizacji metodą ATD - AED (rys. 1) wykazały różnice w zapisie graficznym krzywej temperatury t i przewodności elektrycznej właściwej σ . Dla charakterystycznych "pików" powstałych na pochodnych $dt/d\tau$ i $d\sigma/d\tau$, zaznaczono punktami T i P krystalizację kolejnych faz w badanych stopach. Określone temperatury powstawania faz (rys. 1, 2 i tab. 1) oraz dane literaturowe [2, 6, 7, 8] umożliwiły próbę ich identyfikacji. Rodzaje faz zawierających żelazo oraz ich temperatura t i przewodność elektryczna właściwa σ , mogą być wykorzystane do interpretacji wyników (zapisu graficznego) metody ATD - AED w badaniach przemysłowych stopów aluminium.

Zastosowane (0,5 - 1,5%) zawartości żelaza w badanych stopach nie wpłynęły na pogorszenie właściwości mechanicznych w stosunku do czystego aluminium (rys. 3). Wzrost wytrzymałości R_m i twardości HB spowodowany został morfologią fazy $FeAl_3$ tworzącą eutektykę $\alpha+FeAl_3$. Właściwości mechaniczne stopów Al - Fe zależne są głównie od rozmiaru i rozmieszczenia kryształów fazy $FeAl_3$ (rys. 3, 4). Duże kryształy fazy $FeAl_3$ bardzo często spotykane w odlewach z form piaskowych stanowią inicjację pęknięć (działanie karbu), co powoduje ich dużą kruchość [6]. Niekorzystny wpływ dodatku żelaza (eutektyki żelazowe) spowodował bardzo znaczne obniżenie udarności KCV i pogorszenie wydłużenia A_5 - rys. 3.

LITERATURA

- [1] Pietrowski S., Władysiak R.: *Ocena krystalizacji siluminów syntetycznych okołoeutektycznych metodą ATD*. Krzepnięcie Metali i Stopów z. 20. PAN Katowice 1994 r.
- [2] Pietrowski S.: *Siluminy tłokowe - monografia*. Krzepnięcie Metali i Stopów z. 29. PAN Katowice 1997 r.
- [3] Jura S., Jura Z.: *Teoria metody ATD w badaniach stopów aluminium*. Krzepnięcie Metali i Stopów z. 28. PAN Katowice 1996 r.
- [4] Dudyk M., Minkus K.: *Opracowanie metody Analizy Elektro - Derywacyjnej (AED) do badania krystalizacji siluminów*. Krzepnięcie Metali i Stopów z. 19. PAN Katowice 1994 r.
- [5] Dudyk M.: *Analiza procesów krystalizacji stopu AK11 jednoczesną metodą ATD i AED*. XII Konferencja Sprawozdawcza "Metalurgia 98". PAN Kraków 1998 r.
- [6] Mondolfo L. F.: *Aluminium Alloys: Structure and Properties*. Moskwa 1979.
- [7] Poniewierski Z.: *Krystalizacja, struktura i właściwości siluminów*. WNT Warszawa 1989.
- [8] Sękowski K., Piaskowski J., Wojtowicz Z.: *Atlas struktur znormalizowanych stopów odlewniczych*. WNT Warszawa 1972.

CRYSTALLISATION OF ALUMINIUM CONTAMINATED WITH IRON

SUMMARY

The presented investigation allowed to determine the effect of various iron additives on the crystallisation process of aluminum. Using of ATD - AED method for graphical recording of crystallisation processes, it was possible to state the kind and sequence of the occurring phases in the tested alloys. There were differences found in the graphical recording of the temperature curve t and electrical conductivity curve σ . Characteristic "peaks", arising from the derivatives $dt/d\tau$ and $d\sigma/d\tau$ were labeled T and P for the consecutive phases in the tested alloys. The investigation and data from literature made it possible to identify certain temperatures characteristic for phase reactions. In comparison with pure aluminum, the applied quantity iron content (0,5 - 1,5 %) did not deteriorate the mechanical properties in the tested alloy. Mechanical properties of Al - Fe alloy depend mainly on size and distribution of the Fe_3Al phase crystals. The adverse effect of iron additives (iron eutectics) lowered the impact strength KCV to a significant degree and deteriorated elongation Al. Kinds of phases with iron additives as well as their temperatures t and the electrical conductivity σ can be used to interpret the results achieved with the ATD - AED method at investigations of engineering alloys.

Reviewed by prof. Stanisław Jura