

# Wybrane właściwości mechaniczne stopu ZnAl10 poddanego modyfikacji zaprawami wprowadzającymi tytan

G. Piwowarski\*, P.K. Krajewski, J. Buraś, W. K. Krajewski

Wydział Odlewnictwa, Akademia Górniczo - Hutnicza im St. Staszica w Krakowie.

ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków, Polska

\*Kontakt korespondencyjny: e-mail: piwgrz@agh.edu.pl

Otrzymano 20.11.2015; zaakceptowano do druku 29.12.2015

## Streszczenie

Stopy Zn-Al charakteryzują się wieloma pozytywnymi cechami, między innymi zdolnością do tłumienia drgań, co stawia je w grupie tworzyw o zaawansowanych właściwościach. W stanie po odlaniu, zwłaszcza do form piaskowych stopy Zn-Al cechuje niekorzystna ze względu na właściwości plastyczne silnie dendrytyczna struktura. Aby zmienić charakterystykę wydzielen dendrytycznych a jednocześnie rozdrobnić ziarno stosuje się zabieg modyfikowania struktury stopu. Najlepsze efekty uzyskuje się wprowadzając do ciekłego stopu obce cząstki Ti w zaprawach. W technologii stopów Zn-Al wykorzystuje się zaprawy znane z technologii stopów Al-Zn oraz nowe zaprawy Zn-Ti, które charakteryzują się bardzo dobrą rozpuszczalnością w temperaturach topienia stopów Zn-Al oraz zbliżoną gęstością. W artykule prezentowane są wyniki badań dla stopu Zn - 10%Al, który został zmodyfikowany zaprawą AlTi3C0,15 oraz zaprawą ZnTi3,2. Najpierw wytopiono stop wstępny ZnAl10 a następnie prowadzono jego modyfikację. Obydwie zaprawy wprowadzane były do stopu w taki sposób, aby dostarczyć 25, 50, 100, 200 i 400 ppm Ti. Stop wyjściowy i po modyfikacji odlewane były do suchych form zbudowanych z klasycznej masy formierskiej. Próbki po wybicciu z formy obrabiane były mechanicznie a następnie badane. W celu wyznaczenia współczynnika tłumienia prowadzane były badania ultradźwiękowe. Wytrzymałość na rozciąganie oraz wydłużenie badane były na maszynie wytrzymałościowej Instron 6025. Zestawienie wyników pozwoliło porównać skuteczność modyfikacji daną zaprawą, oraz ich wpływ na daną właściwość stopu. W znacznej części badania dowodzą tego, że obydwie zaprawy działają w bardzo podobny sposób i wywierają podobny wpływ na właściwości stopu ZnAl10.

**Słowa kluczowe:** Stopy cynku, Modyfikacja, Współczynnik tłumienia, Wytrzymałość na rozciąganie, Tłumienie drgań, Badania ultradźwiękowe

## 1. Wprowadzenie

Stopy Zn-Al posiadają szereg cech, które stanowią o ich przydatności w technice. W stanie po odlaniu, zwłaszcza do form piaskowych i ceramicznych, charakteryzują się gruboziarnistą, dendrytyczną strukturą, która niekorzystnie wpływa, zwłaszcza na właściwości plastyczne stopu. W celu poprawy tychże

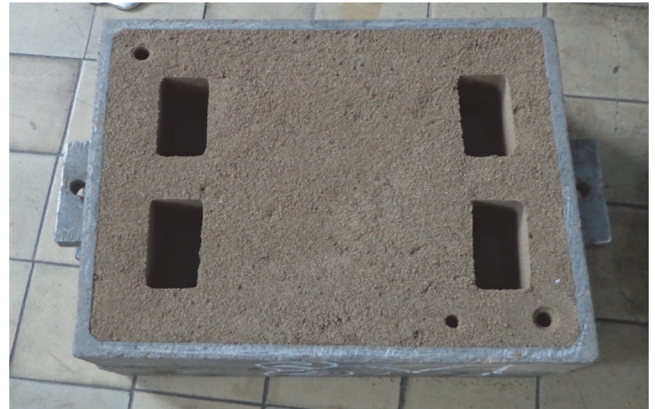
właściwości stosuje się m. in. zabieg modyfikacji. Do modyfikacji struktury stopów Zn-Al stosuje się te same zaprawy co w metalurgii stopów Al-Zn ze względu na podobne fazy i roztwory w nich występujące. Od niedawna do modyfikacji stopów Zn-Al stosuje się nowe zaprawy Zn-Ti, które ułatwiają w znacznym stopniu proces ich wprowadzania do ciekłego stopu oraz proces ich roztopienia ze względu na zbliżoną gęstość oraz podobną temperaturę topnienia [1, 2, 5, 6].

Na podstawie badań wzajemnych zależności pomiędzy dodatkiem Ti w zaprawach  $AlTi_3C_{0,15}$  oraz  $ZnTi_3,2$ , a kształtowaniem się poziomu właściwości wytrzymałościowych, wydłużenia i właściwości tłumiących ustalono, iż Ti w wprowadzany w obu zaprawach modyfikujących powoduje zmiany ww. właściwości badanego stopu [3,4].

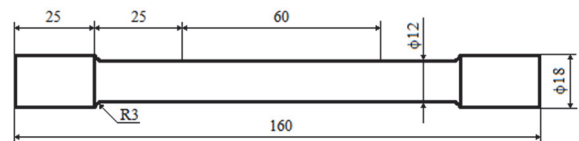
## 2. Metodyka badań

Stop  $ZnAl_{10}$  został wytopiony z elektrolitycznie czystych składników. W badaniach użyto dwóch zapraw modyfikujących. Zaprawa  $AlTi_3C_{0,15}$ , która znana jest z technologii stopów Al-Zn, oraz nowej zaprawy  $ZnTi_3,2$  dedykowanej specjalnie dla stopów Zn. Obydwie zaprawy wprowadzają do stopu cząstki, które powodują rozdrobnienie struktury stopu oraz zmieniają morfologię wydzielen  $\alpha(Al)$  z dendrytycznej, w bardziej zwartą zbliżoną do kuli. Stop wyjściowy jak i zmodyfikowany dodatkiem Ti w ilości 25, 50, 100, 200 i 400 ppm poddano badaniom ultradźwiękowym w celu wyznaczenia współczynnika tłumienia

$\alpha$  [dB/m], który jest miarą właściwości tłumiących. Próbki do badań ultradźwiękowych odlewano w postaci wałków o średnicy około 32 mm i wysokości 80 mm. Po wybiciu z formy wałki poddawano obróbce mechanicznej w celu uzyskania dwóch równoległych względem siebie powierzchni czołowych. Ostatecznie próbki do badań ultradźwiękowych miały średnicę 30 mm i taką samą wysokość. Powierzchnie czołowe tych próbek były szlifowane papierem ściernym o numerze 600 i 800. Badania ultradźwiękowe przeprowadzono przy wykorzystaniu dedykowanego zestawu z głowicą nadawczo-odbiorczą. Do badań wykorzystano podłużną falę ultradźwiękową o częstotliwości 1 MHz. W ramach badań przeprowadzono również standardowe badania wytrzymałościowe w celu wyznaczenia wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia badanych próbek. Próbki do badań wytrzymałościowych odlewano do wysuszonych form zbudowanych z klasycznej masy formierskiej (rys. 1). Odlewanie do form piaskowych powodowało wyeliminowanie wpływu szybkości stygnięcia stopu na jego strukturę, czego nie można było by uniknąć odlewając do form metalowych. Dzięki zastosowaniu takich form możliwa jest ocena wpływu modyfikacji na stop  $ZnAl_{10}$  bez dodatkowego wpływu przyspieszonego stygnięcia. Z jednego wytopu odlewano sześć próbek wytrzymałościowych, które następnie poddawano obróbce mechanicznej. Próbki zrywano na maszynie wytrzymałościowej Instron 6025 w temperaturze pokojowej. Dzięki zastosowaniu ekstensometru możliwe było zbadanie wydłużenia próbki. Wymiary próbki oraz jej zdjęcie poglądowe przedstawiono na rys. 2, natomiast na rys. 3 znajdują się próbki po rozciąganiu w zestawieniu z próbką wyjściową u dołu rysunku.



Rys. 1. Forma do odlewania próbek wytrzymałościowych



Rys. 2. Próbki do badania wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia



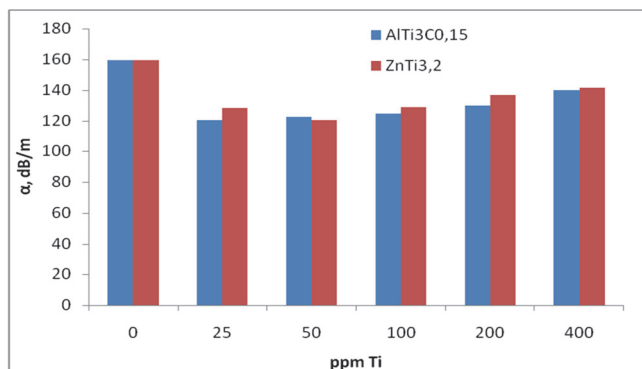
Rys. 3. Obrazy próbek przed i po próbie rozciągania

## 3. Opis uzyskanych wyników

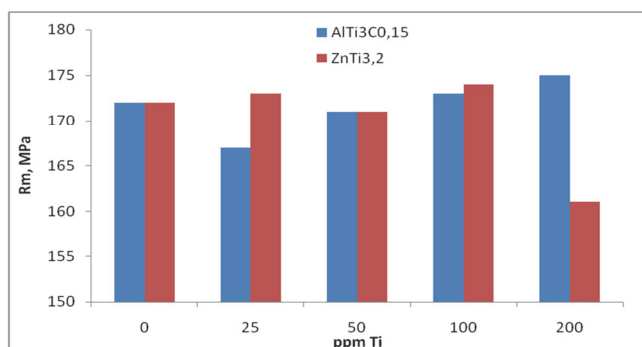
Przeprowadzone badania pozwoliły na zestawienie ze sobą poszczególnych wyników pomiarów w rozróżnieniu na zastosowane w badaniach zaprawy modyfikujące. Na rys. 4 przedstawiono wyniki badań właściwości tłumiących, określonych współczynnikiem tłumienia  $\alpha$  dla stopu  $ZnAl_{10}$

wyjściowego, niemodyfikowanego oraz zmodyfikowanego zaprawami  $AlTi3C0,15$  oraz  $ZnTi3,2$ . Jak można zaobserwować, obydwie zaprawy w podobny sposób wpływają na zdolność stopu do tłumienia drgań. Dodatek Ti w ilości 25ppm wprowadzonego w obu zaprawach powoduje obniżenie właściwości tłumiących, jednak ze wzrostem dodatku Ti wzrastają również właściwości tłumiące określone współczynnikiem tłumienia. Jest to przypuszczalnie spowodowane dodatkowym rozpraszaniem fali drgającej na twardych cząstkach, które nie wzięły udziału w procesie modyfikacji.

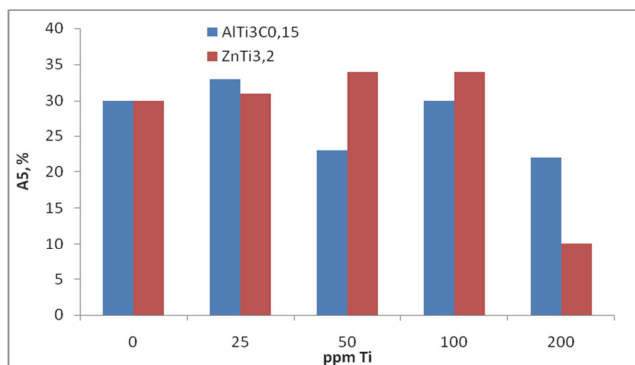
Dodatek Ti w ilości 25-100 ppm w zaprawie  $ZnTi3,2$  nie powoduje obniżenia wytrzymałości na rozciąganie badanego stopu w stosunku do stopu wyjściowego, niemodyfikowanego (rys. 5), natomiast odnotowuje się niewielki wzrost wydłużenia w tym samym zakresie dodatku Ti w zaprawie (rys. 6). Z kolei dodatek Ti w ilości 25 ppm w zaprawie  $AlTi3C0,15$  powoduje nieznaczny spadek wytrzymałości na rozciąganie badanego stopu, a następnie wzrost tych właściwości wraz ze wzrostem dodatku Ti w zaprawie (rys. 5). Dodatek Ti w ilości 25-200 ppm w zaprawie  $AlTi3C0,15$  powoduje zmiany wydłużenia badanego stopu, przy czym nie jest możliwe określenie jednoznacznie trendu tych zmian w rozpatrywanym zakresie dodatku Ti w zaprawie.



Rys. 4. Współczynnik tłumienia dla stopu ZnAl10 modyfikowanego zaprawami:  $AlTi3C0,15$  oraz  $ZnTi3,2$



Rys. 5. Wytrzymałość na rozciąganie dla stopu ZnAl10 modyfikowanego zaprawami:  $AlTi3C0,15$  oraz  $ZnTi3,2$



Rys. 6. Wydłużenie dla stopu ZnAl10 modyfikowanego zaprawami:  $AlTi3C0,15$  oraz  $ZnTi3,2$

## 4. Wnioski

Na podstawie analizy wyników uzyskanych w badaniach właściwości wytrzymałościowych i wydłużenia stopu ZnAl10 oraz właściwości tłumiących określonych metodą tłumienia fali ultradźwiękowej w funkcji dodatku tytanu w zaprawach  $AlTi3C0,15$  oraz  $ZnTi3,2$  można sformułować wniosek ogólny, iż obie użyte zaprawy powodują zmianę ww. właściwości mechanicznych. Po zastosowaniu obu zapraw w zabiegu modyfikowania stopu ZnAl10 obserwuje się zbliżone wartości właściwości tłumiących i utrzymują się one na wysokim poziomie (wartość współczynnika tłumienia powyżej 100 dB/m). Przy czym zastosowanie zaprawy  $ZnTi3,2$  powoduje jednocześnie wzrost właściwości wytrzymałościowych i wydłużenia badanego stopu (w zakresie dodatku Ti w ilości 25-100 ppm), w odróżnieniu od zastosowania tradycyjnej zaprawy  $AlTi3C0,15$ .

## Podziękowania

Publikacja opracowana w ramach pracy statutowej AGH nr: 11.11.170.318 zadanie 9

## Literatura

- [1] Krajewski W. K. Stopy cynku z aluminium – rodzaje, właściwości, zastosowania, Wyd. Naukowe AKAPIT, Kraków 2013
- [2] Piwowarski G., Buraś J., Krajewski W.K. Wpływ zabiegu modyfikowania zaprawą  $ZnTi3,2$  na zmiany mikrostruktury stopu Zn-AL10 — Influence of the modification by  $ZnTi3,2$  grain-refiner on the ZnAl10 alloy microstructure. Archives of Foundry Engineering - Polish Academy of Sciences. 2013 vol. 13 spec. iss. 3, s. 129–132.
- [3] Piwowarski G. Wpływ rozdrobnienia struktury na wybrane właściwości wysokoaluminiumowych stopów cynku, Rozprawa doktorska, AGH Kraków 2014
- [4] Buraś J. Badania wpływu modyfikacji na kształtowanie właściwości tłumiących wybranych stopów z układu AlZn, Rozprawa doktorska, AGH Kraków 2010

[5] Rzadkosz S.: Influence of chemical composition and the phase transformations for the mechanical properties and damping properties of the alloys of aluminum - zinc. Monograph, AGH University, Kraków 1995, pp. 1-124 (In Polish).

[6] Krajewski W. K.: Shaping the structure of Zn-Al alloys by doping with Zn-Ti master alloy. Monograph, AGH University, Krakow 2001, pp. 1-67 (in Polish).

## **Selected Mechanical Properties of the ZnAl10 Alloy Subjected to the Modification by Inoculants Introducing Titanium**

### **Abstract**

Zn-Al alloys are characterised by several positive features, among others by the ability of damping vibrations, which situates them in the group of materials of advanced properties. In as cast condition, especially in sand moulds, Zn-Al alloys have strongly dendritic structure which is disadvantageous on account of their plastic properties. In order to change the characteristic dendritic precipitates and simultaneously to refine grains, the procedure of modifying the alloy structure is applied. The best effects are obtained when Ti particles contained in inoculants are introduced into liquid alloys. The inoculants known from the Al-Zn alloys technology, as well as new Zn-Ti inoculants characterised by very good solubility at melting temperatures of Zn-Al alloys and by similar density, are applied in the Zn-Al alloys technology. The results of investigations of the Zn - 10%Al alloy, which was modified by the AlTi<sub>3</sub>C<sub>0,15</sub> and ZnTi<sub>3,2</sub> inoculants, are presented in the hereby paper. The master foundry alloy ZnAl10 was at first melted and then its modification was performed. Both inoculants were introduced into the alloy in such way as to supply 25, 50, 100, 200 and 400 ppm of Ti. The master alloy and the alloy after the modification were cast into dry moulds made of the classic moulding sand. The samples, after knocking out from the mould, were subjected to mechanical working and then investigated. To determine the damping coefficient ultrasound tests were performed. The tensile and elongation strengths were tested by the testing machine Instron 6025. The compilation of results allowed to compare the efficiency of the modification by the given inoculant and their influence on the given property. Investigations, in a significant part, prove that both inoculants operate in a very similar fashion and have a similar influence on the ZnAl10 alloy properties.