

**AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. ST. STASZICA W KRAKOWIE
WYDZIAŁ ODLEWNICTWA**

Witold K. Krajewski

**STOPY CYNKU Z ALUMINIUM
Rodzaje, właściwości, zastosowanie**

Kraków 2013

Wydawnictwo Naukowe
AKAPIT

Opiniodawcy:

*prof. zw. dr hab. inż. Ferdynand Romankiewicz
Uniwersytet Zielonogórski*

*prof. zw. dr hab. inż. Józef S. Suchy
Akademia Górniczo-Hutnicza*

*© Copyright by Wydział Odlewnictwa
Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie
All rights reserved*

Printed in Poland

Przygotowanie i wydanie monografii współfinansowały Komisja Europejska
oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach grantu
Marie Curie TOK-DEV MTKD-CT-2006-042468

ISBN 978-83-63663-20-9

Nakład: 250 egz.



Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków
tel./fax (012) 280-71-51; www.akapit.krakow.pl
e-mail: wn@akapit.krakow.pl

**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FACULTY OF FOUNDRY ENGINEERING**

Witold K. Krajewski

**THE ALLOYS OF ZINC
WITH ALUMINIUM
Types, properties, usage**

Kraków 2013

Wydawnictwo Naukowe
AKAPIT

Reviewers:

*Professor Ferdynand Romankiewicz, DSc., PhD. Eng.
University of Zielona Gora*

*Professor Józef S. Suchy, DSc., PhD. Eng.
AGH University of Science and Technology*

*© Copyright by Faculty of Foundry Engineering
AGH University of Science and Technology in Kraków
All rights reserved*

Printed in Poland

Preparation and edition of this monograph was co-financed by
the European Commission and Polish Ministry of Science and Higher Education
under grant Marie Curie TOK-DEV No. MTKD-CT-2006-042468

SPIS TREŚCI

Przedmowa	9
Wykaz symboli i oznaczeń.....	11
Streszczenie	15
Summary	16
WPROWADZENIE	17
Bibliografia.....	19
MATERIAŁOZNAWSTWO STOPÓW Zn-Al.....	21
1. CHARAKTERYSTYKA GŁÓWNYCH SKŁADNIKÓW STOPÓW Zn-Al	23
1.1. Cynk i jego właściwości	23
1.2. Aluminium i jego właściwości.....	28
1.3. Układy równowagi fazowej	30
1.3.1. Układ równowagi fazowej Al-Zn	30
1.3.2. Układ równowagi fazowej Al-Zn-Cu	32
Bibliografia do rozdziału 1	34
2. GŁÓWNE GRUPY ODLEWANYCH STOPÓW Zn-Al.....	37
2.1. Charakterystyki właściwości polskich stopów Zn-Al.....	37
2.2. Odlewnicze stopy cynku w normach zagranicznych	41
2.3. Zagraniczne stopy specjalnego przeznaczenia.....	45
Bibliografia do rozdziału 2.....	48
3. KSZTAŁTOWANIE STRUKTURY I WŁAŚCIWOŚCI STOPÓW Zn-Al	49
3.1. Niejednorodność i niestabilność struktury.....	50
3.2. Właściwości tribologiczne	54
Bibliografia do rozdziału 3.....	57

TECHNOLOGIA STOPÓW CYNKU Z ALUMINIUM.....	59
4. TOPIENIE STOPÓW CYNKU Z ALUMINIUM.....	61
Bibliografia do rozdziału 4.....	71
5. RAFINACJA STOPÓW CYNKU Z ALUMINIUM	73
5.1. Rafinacja gazami oczyszczającymi.....	76
5.2. Rafinacja solami	80
5.3. Rafinacja żużłami pokrywająco-rafinującymi	85
5.4. Przykładowe charakterystyki oddziaływania żużli ochronnych na bazie układów chlorków	87
Bibliografia do rozdziału 5.....	95
6. MODYFIKACJA STRUKTURY.....	97
6.1. Uwagi ogólne.....	97
6.2. Klasyczne modele zarodkowania.....	97
6.2.1. Zarodkowanie homogeniczne.....	98
6.2.2. Zarodkowanie heterogeniczne	100
6.2.3. Model swobodnego wzrostu	103
6.3. Modyfikatory stosowane w technologii stopów cynku.....	105
6.3.1. Modyfikacja zaprawami Al-RE.....	107
6.3.2. Modyfikacja zaprawami na osnowie Al-Ti	107
6.3.3. Modyfikacja zaprawami Zn-Ti	112
6.3.4. Przykłady wpływu zastosowanego zabiegu modyfikowania struktury i składu na właściwości stopów Zn-Al.....	115
6.3.4.1. Zmiana właściwości wytrzymałościowych	115
6.3.4.2. Kształtowanie stabilności strukturalnej	117
Bibliografia do rozdziału 6.....	118
DODATKI	
A. Zarodkowanie homogeniczne i heterogeniczne. Krytyczny promień zarodka i praca zarodkowania	123
B. Model obliczeń energii swobodnej Gibbsa.....	131
C. Termodynamiczne zależności dla przemian fazowych w stopach cynku z aluminium modyfikowanych zaprawami na osnowie Zn-Ti	139

Przedmowa

Stopy cynku z aluminium zajmują obecnie duży obszar zastosowań praktycznych, obejmujący zarówno produkcję odlewów kształtowych jak i pokryć antykorozyjnych. Rolę i znaczenie tych stopów oddaje duża liczba prac, opublikowanych w literaturze światowej na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat. W Polsce ważniejsza pozycja literaturowa na temat stopów cynku, ich właściwości, technologii i zastosowań, ukazała się ponad dwadzieścia lat temu. Od tamtego czasu badania w obszarze stopów cynku doprowadziły do wprowadzenia do praktyki odlewniczej nowych grup tych stopów, o specjalnych i podwyższonych właściwościach, nowych informacji na temat kształtowania ich właściwości np. tłumiących, ślizgowych czy wytrzymałościowych. Pojawia się wobec tego potrzeba opracowania nowej pozycji literaturowej, uwzględniającej powyższy rozwój.

Niniejsza monografia ma na celu wypełnienie luki, powstałej na rynku polskiej literatury stopów cynku z aluminium. Monografia uzupełnia treści podane w uprzednio wydanych w Polsce pozycjach i wprowadza nowe treści, uwzględniające literaturę ostatnich lat, zarówno własną jak i światową.

Autor od 30 lat zajmuje się zagadnieniami kształtowania właściwości stopów cynku z aluminium, zarówno stopów tradycyjnych, jak i stosunkowo nowych grup, to jest na osnowie cynku z dodatkiem aluminium do 20÷40 % masowych (tzw. wysokoaluminiowe stopy cynku) oraz na osnowie aluminium z dodatkiem cynku z zakresu 10÷30 % masowych cynku (tak zwane wysokocynkowe stopy aluminium).

Monografia obejmuje charakterystykę tradycyjnych grup stopów cynku z aluminium, jak również grup wysokostopowych.

Przygotowanie niniejszego opracowania było możliwe dzięki uzyskanemu wsparciu finansowemu z instytucji naukowych oraz współpracy naukowej z wieloma osobami.

Autor poczuwa się do miłego obowiązku złożenia serdecznego podziękowania Komitetowi Badań Naukowych, Ministerstwu Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Komisji Europejskiej za finansowe wsparcie badań w ramach projektów badawczych nr 7T08B03513, 7T08D02718 oraz MTKD-CT-2006-042468.

Autor pragnie serdecznie podziękować wszystkim Kolegom z Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w Krakowie, a także Panom Profesorom A. L. Greerowi z University of Cambridge i P. Schumacherowi z University of Leoben za pomoc w przeprowadzeniu doświadczeń i dyskusję naukową. Dziękuję Clare Hall College –

University of Cambridge za umożliwienie korzystania z zasobów bibliotecznych oraz internetowych w czasie przygotowywania manuskryptu. Serdecznie dziękuję również Opiniodawcom za cenne sugestie oraz uwagi merytoryczne i wydawnicze.

Książka przeznaczona jest dla pracowników nauki, pracowników jednostek przemysłowych, a także studentów, których obszary działalności i zainteresowań obejmują teorię i praktykę odlewniczych stopów na osnowie cynku z aluminium.

Autor

Kraków, styczeń 2013 r.