

SEKCJA ODLEWNICTWA METALI NIEŻELAZNYCH ZARZĄDU GŁÓWNEGO STOP
AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA W KRAKOWIE WYDZIAŁ ODLEWNICTWA

26. KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA
ODLEWNICTWA METALI NIEŻELAZNYCH

NAUKA I TECHNOLOGIA

ODLEWNICTWO METALI NIEŻELAZNYCH

KRAKÓW 2025

26. KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA
ODLEWNICTWA METALI NIEŻELAZNYCH

Nauka i Technologia

CONFERENCE SCIENCE AND TECHNOLOGY

www.NiT.agh.edu.pl

ORGANIZATORZY

SEKCJA ODLEWNICTWA METALI NIEŻELAZNYCH ZARZĄDU GŁÓWNEGO STOP
WYDZIAŁ ODLEWNICTWA, AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA W KRAKOWIE
UNI-EXPORT INSTRUMENTS POLSKA

KOMITET NAUKOWY

PROF. DR HAB. INŻ. JERZY ZYCH
DR HAB. INŻ. EDWARD CZEKAJ, PROF. IOD
DR HAB. INŻ. ALDONA GARBACZ-KLEMPKA, PROF. AGH
DR HAB. INŻ. JAROSŁAW PIEKŁO, PROF. AGH

KOMITET ORGANIZACYJNY

PROF. DR HAB. INŻ. JERZY ZYCH - PRZEWODNICZĄCY
DR HAB. INŻ. ALDONA GARBACZ-KLEMPKA, PROF. AGH
DR HAB. INŻ. JAROSŁAW PIEKŁO, PROF. AGH
DR INŻ. MARCIN PIĘKOŚ
DR INŻ. JANUSZ KOZANA

REDAKCJA

ALDONA GARBACZ-KLEMPKA
JANUSZ KOZANA
MARCIN PIĘKOŚ

1. Przedmowa
2. Program 25. Konferencji Odlewnictwa Metali Nieżelaznych Nauka i Technologia
3. Piękoś M., Zych J., Smorawiński Z., Kurzawa S. - Wydział Odlewnictwa AGH, TECHNOLOGIA & TECHNIKA ALUMINIUM – Problematyka kształtowania jakości stopów aluminium
4. Czekaj E. - SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ-KIT – Krytyczna analiza syntezy stopów i jej dalszy rozwój
5. Halupczok P. - Artystyczna Odlewnia Metali ART-ODLEW Sp. z o.o., Zostaw z nami swój trwały ślad - możliwości produkcyjne Artystycznej Odlewni Metali ART-ODLEW Sp. z o.o.
6. Witasiak D., Garbacz-Klempka A., Papaj M., Piękoś M., Papaj P., Kozana J. – Wydział Odlewnictwa AGH, METAL-KOLOR STARACHOWICE - Optymalizacja technologii wytwarzania odlewów z brązu CuSn10 w formach piaskowych – wpływ symulacji numerycznych na jakość i koszty produkcji w aspekcie szczelności odlewów
7. Zięba Ł. – ARP Radom - Cykl życia produktu na linii technologicznej opartej o druk 3D
8. Wróbel J. - PIOMA-Odlewnia Sp. z o.o., Czy modyfikacja stopu aluminium jest zawsze skuteczna?
9. Domagała J., Domagała P. – Fronlat Aluminium Sp. z o.o. Sp. komandytowa, Innowacyjna metoda Frontal produkcji odlewniczych stopów aluminium
10. Rusin T. - Dantec Dynamics GmbH - Wykorzystanie technik cyfrowej korelacji obrazu w układzie Multicamera DIC oraz termograficznej analizy naprężeń (TSA) w badaniach materiałowych
11. Palkie J. - Spectro-Lab, Prezentacja firmy Spectro-Lab
12. Zych J. – Wydział Odlewnictwa AGH, Wpływ dodatków stopowych i obróbki cieplnej na właściwości stopu A356
13. Skrobol S., Słupska D. – Alumetal S.A. – Recykling zgarów solnych
14. Piękoś J., Garbacz-Klempka A. – Wydział Odlewnictwa AGH – Zastosowanie metod mechaniki pęknięcia w ocenie wytrzymałości odlewu
15. Fordon M.- UNI-EXPORT INSTRUMENTS POLSKA - Nowoczesne techniki i metody badań własności materiałów
16. Kapinos D., Augustyn B., Płonka B., Boczek S., Szymański W., Limanówka K., Nowak M., Korczak P.- SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - Instytutu Metali Nieżelaznych, Oddział Metali Lekkich w Skawinie - Nowe kierunki w projektowaniu składu chemicznego stopów aluminium
17. Garbacz-Klempka A., Mikołajska A., Opiłło B., Nosek M., Piękoś M., Kozana J., Fijołek A., Szklarz Z., Perek-Nowak M. - Wydział Odlewnictwa AGH, Wydział Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki - Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie, Secco Krzysztof Opiłło, Wydział Metali Nieżelaznych AGH - Estetyka i technologia kształtowania płyty epitafijnej Filippo Buonaccorsi zwanego Kallimachem w warsztacie Vischerów. Problematyka konserwatorska i badawcza
18. Kozana J., Piękoś M., Garbacz-Klempka A. – Wydział Odlewnictwa AGH - Optymalizacja odlewniczych brązów cynowych poprzez stopowanie i uszlachetnianie. Krystalizacja i mikrostruktura, właściwości, zalety i wady
19. Roszak A., Nowakowski M. – B3D - Druk 3D z pelletu w procesie prototypowania i produkcji wyposażenia formierskiego wraz z prezentacją firmy i przeglądem technologii przyrostowych wykorzystywanych w przemyśle
20. Łucarz M., Jędrychowski M., Garbacz-Klempka A. – Wydział Odlewnictwa AGH, CANPACK S.A., Brzesko - Powtarzalność procesu tłoczenia elementów z cienkich blach ze stopu aluminium AA-5182 w zależności od jakości materiału

PRZEDMOWA

Stopy i technologie odlewnicze znane są od kilku tysięcy lat i wciąż wykorzystywane przez współczesny przemysł. Z tego punktu widzenia odlewnictwo można uznać za uniwersalne i ponadczasowe, a przede wszystkim pasjonujące.

Niniejsza Książka Abstraktów "Nauka i Technologia" towarzyszy 26. Konferencji Odlewnictwa Metali Nieżelaznych. Konferencja jest ważnym wydarzeniem dla przedstawicieli nauki i przemysłu, organizowanym tradycyjnie pod naukowym patronatem Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie przez Sekcję Odlewnictwa Metali Nieżelaznych Zarządu Głównego STOP oraz Uni-Export Instruments Polska.

W czasie dorocznych sesji spotykają się - nieprzerwanie od lat 70. XX wieku specjaliści w zakresie technologii odlewnictwa metali nieżelaznych – przedstawiciele zakładów przemysłowych, średnich i małych przedsiębiorstw, instytutów badawczo-naukowych i jednostek naukowo-dydaktycznych, tworząc otwarte forum dyskusji, wymiany poglądów na temat technologii i tworzyw na osnowie metali nieżelaznych. Konferencje te są zatem świadectwem rozwoju myśli technologicznej i materiałowej odlewnictwa metali nieżelaznych.

Odlewnictwo metali nieżelaznych jest dziedziną intensywnie rozwijającą się, zarówno w zakresie innowacyjnych technologii, jak i nowych tworzyw o coraz wyższej jakości. Prace badawczo-rozwojowe, prowadzone przez ośrodki i instytuty badawczo-naukowe koncentrują się na poprawie właściwości odlewów, obniżeniu ciężaru i zwiększeniu zakresu ich zastosowania. Uzyskanie dostępu do informacji i wiedzy, rozumiane jako współpraca sektora przemysłowego i naukowego, umożliwia osiągnięcie światowych standardów jakości. W celu wsparcia rozwoju myśli innowacyjnej w przedsiębiorstwach konieczne jest m.in. wspieranie współpracy uniwersytetów i jednostek badawczo-rozwojowych na rzecz przemysłu. Wśród oczekiwań odbiorców odlewów są na pierwszym miejscu wyroby wysokiej jakości, o niskich kosztach oraz rozwijanie kultury produkcji z uwzględnieniem aspektów ekologicznych.

Prognozy dotyczące odlewnictwa metali nieżelaznych przedstawiają się interesująco. Badania trendów pokazują niehamowany rozwój gałęzi wykorzystujących te tworzywa. Referaty konferencji prezentują nowe trendy w rozwoju technologii i tworzyw odlewnictwa metali nieżelaznych, odwołując się także do historii technologii odlewnictwa metali nieżelaznych. Dobór artykułów pokazuje szeroki przekrój problematyki współczesnego odlewnictwa. Jesteśmy świadkami prezentacji wyników nowych badań naukowych i projektów, których źródłem są zainteresowania i pasji autorów. Równocześnie doceniamy poziom procesów technologicznych w prądziejowych warsztatach odlewniczych.

Mamy nadzieję, że prezentacje będą inspirować dyskusję naukową oraz sprzyjać wymianie informacji technicznych, myśli naukowej w środowiska branży odlewniczej i w przyczynią się do tworzenia nowych zespołów przemysłowo-badawczych, działających na rzecz rozwoju nauki i technologii.

Program 26. Konferencji Odlewnictwa Metali Nieżelaznych

Nauka i Technologia

5.06 – 7.06. 2025 Izbicko k. Opola

Dzień I 5.06.2025

Otwarcie Konferencji

Jerzy Zych, Aldona Garbacz-Klempka

Sesja I. Prowadzili Jerzy Zych, Aldona Garbacz-Klempka

Marcin Piękoś, Jerzy Zych, Zdzisław Smorawiński, Stanisław Kurzawa

Wydział Odlewnictwa AGH, TECHNOLOGIA & TECHNIKA ALUMINIUM –

Problematyka kształtowania jakości stopów aluminium

Edward Czekaj

SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ-KIT – Krytyczna analiza syntezy stopów

i jej dalszy rozwój

Piotr Halupczok

Artystyczna Odlewnia Metali ART-ODLEW Sp. z o.o. - Zostaw z nami swój trwały

ślad - możliwości produkcyjne Artystycznej Odlewni Metali

ART-ODLEW Sp. z o.o.

Sesja II. Prowadzili Jarosław Piekło, Janusz Kozana

Dawid Witasiak, Aldona Garbacz-Klempka, Marcin Papaj, Marcin Piękoś, Piotr

Papaj, Janusz Kozana

Wydział Odlewnictwa AGH, METAL-KOLOR STARACHOWICE - Optymalizacja

technologii wytwarzania odlewów z brązu CuSn10 w formach piaskowych –

wpływ symulacji numerycznych na jakość i koszty produkcji w aspekcie

szczelności odlewów

Łukasz Zięba

ARP Radom - Cykl życia produktu na linii technologicznej opartej o druk 3d

Janusz Wróbel

PIOMA-Odlewnia Sp. z o.o. - Czy modyfikacja stopu aluminium jest zawsze skuteczna?

Janusz Domagała, Piotr Domagała

FRONTAL Aluminium Sp. z o.o. Sp. komandytowa - Innowacyjna metoda Frontal produkcji odlewniczych stopów aluminium

Tomasz Rusin

Dantec Dynamics GmbH - Wykorzystanie technik cyfrowej korelacji obrazu w układzie Multicamera DIC oraz termograficznej analizy naprężeń (TSA) w badaniach materiałowych

Jacek Palkie

Spectro-Lab - Prezentacja firmy Spectro-Lab

Dzień II 6.06.2025

Sesja III. Prowadzili Bogusław Augustyn, Dawid Kapinos

Jerzy Zych

Wydział Odlewnictwa AGH - Wpływ dodatków stopowych i obróbki cieplnej
na właściwości stopu A356

Sławomir Skrobol, Dorota Słupska

Alumetal S.A. – Recykling zgarów solnych

Jarosław Piekło, Aldona Garbacz-Klempka

Wydział Odlewnictwa AGH – Zastosowanie metod mechaniki pęknięcia w ocenie
wytrzymałości odlewu

Mirosław Fordon

UNI-EXPORT INSTRUMENTS POLSKA - Nowoczesne techniki i metody badań
własności materiałów

Aldona Garbacz-Klempka, Anna Mikołajska, Bożena Opiłło, Maria Nosek, Marcin
Piękoś, Janusz Kozana, Andrzej Fijołek, Zbigniew Szklarz, Małgorzata
Perek-Nowak

Wydział Odlewnictwa AGH, Centrum Badań Nawarstwień Historycznych WO
AGH, Wydział Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki ASP, Secco Krzysztof Opiłło,
ARS-MET, Wydział Metali Nieżelaznych AGH - Estetyka i technologia
kształtowania płyty epitafijnej Filippo Buonaccorsi zwanego Kallimachem
w warsztacie Vischerów. Problematyka konserwatorska i badawcza

Sesja IV. Prowadzili Edward Czekaj, Marcin Piękoś

Dawid Kapinos, Bogusław Augustyn, Bartłomiej Płonka, Sonia Boczkał, Wojciech

Szymański, Kamila Limanówka, Marek Nowak, Piotr Korczak

SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - IMN SKAWINA - Nowe kierunki

w projektowaniu składu chemicznego stopów aluminium

Mariusz Łucarz, Michał Jęndrychowski, Aldona Garbacz-Klempka

Wydział Odlewnictwa AGH, CANPACK S.A. Brzesko - Powtarzalność procesu
tłoczenia elementów z cienkich blach ze stopu aluminium
AA-5182 w zależności od jakości materiału

Janusz Kozana, Marcin Piękoś, Aldona Garbacz-Klempka

Wydział Odlewnictwa AGH - Optymalizacja odlewniczych brązów cynowych
poprzez stopowanie i uszlachetnianie. Krystalizacja i mikrostruktura,
właściwości, zalety i wady

Arkadiusz Roszak, Mateusz Nowakowski

B3D - Druk 3D z pelletu w procesie prototypowania i produkcji wyposażenia
formierskiego wraz z prezentacją firmy i przeglądem technologii przyrostowych
wykorzystywanych w przemyśle

Abstrakty wybranych referatów

Mirosław Fordon

Uni-Export Instruments Polska Spółka z o.o.,

Modern techniques and methods for testing the properties of materials

As a company operating in the field of specialized scientific and research equipment for more than 20 years, we have seen the continuous development and improvement of methods designed to test the properties of materials. Traditionally, the most innovative research technique is microscopy, which is an important tool for quality control and research in materials science and nanotechnology. Current methods of observing objects by SEM, STEM or AFM methods have reached a high level of sophistication and, in addition, intensive integration of various imaging techniques and combining them with analytical methods is progressing. Examples include specialized correlation microscopy systems produced by Tescan, such as SEM-AFM, SEM-RAMAN, SEM-LM (light microscopy) or SEM-integrated elemental analyzers with increasingly improved sensitivity and accuracy (EDX, WDX) and SEM-TOF-SIMS systems.

An increasingly widely used method is the micro-computed tomography (micro-CT) technique, which allows non-destructive evaluation of the internal structure of a material. Devices of the micro-CT class are often also called X-ray microscopes because of their increasingly better resolution, which is now around 0.5 micrometers. The high temporal resolution of these devices has also opened up the possibility of observing changes in the structure of the material during dynamic processes such as compression/stretching of the sample, cooling and heating or observation of processes such as fluid transport in a porous structure. In addition, Tescan has recently started producing the first micro-CT systems that also enable analysis of elements in the structure of the material under study (without destroying the material).

An important and probably one of the most advanced methods for analyzing material properties is Atomic Probe Tomography (APT). The assumptions of this technique have been known for more than 30 years, but its real development has occurred only in recent years due to the increase in computing power of available computers. This method, thanks to controlled and extremely precise etching of the sample, makes it possible to obtain a spatial image of the structure and distribution of elements with atomic resolution, i.e. each pixel of the 3D image corresponds to one atom.

Janusz Domagała, Piotr Domagała
FRONTAL Aluminium Sp. z o.o. Sp. komandytowa

Innowacyjna metoda Frontal produkcji odlewniczych stopów aluminium

Innovative method Frontal for the production of cast aluminium alloys

Tematem prezentacji jest zaprezentowanie osiągnięć technologicznych i zareklamowanie produktów powstających w firmie Frontal Aluminium. Prezentacja ukazuje wyniki prac, których efektem było powstanie innowacyjnej metody produkcji odlewniczych stopów Al wytwarzanych w nowopowstałym piecu. Głównymi zaletami powstałej metody są: usuwanie przyczyn przedostawania się zanieczyszczeń niemetalicznych i gazowych do stopu, poprawiając znacząco jakość produkowanych stopów, eliminacja stali znajdującej się w złomach Al, wzrost wydajności topienia, zmniejszenie zużycia gazu potrzebnego do stopienia.

Sławomir Skroboł, Dorota Słubska
Alumetal S.A.

Recykling zgarów solnych

Recycling of salt slag residues

Praca będzie przedstawiała rodzaje odlewów z miedzi M1E wykonywanych w Hucie Miedzi Głogów. Będzie przedstawiała dotychczasowe produkty oraz odlewy nowego typu jak: szyny prądowe, wzorniki induktora. Ponadto przedstawione zostaną zaplanowane działania rozwojowe i optymalizacyjne. Zgary solne, będące produktem ubocznym procesu recyklingu aluminium w piecach obrotowych z użyciem soli NaCl i KCl, stanowią poważne wyzwanie środowiskowe i technologiczne. Ze względu na wysoką zawartość metali i soli, zostały sklasyfikowane jako odpady niebezpieczne, których składowanie jest zakazane na terenie Unii Europejskiej. Celem prezentacji jest przegląd aktualnych metod recyklingu zgarów solnych oraz przedstawienie innowacyjnych rozwiązań technologicznych rozwijanych w Europie. Omówiono zarówno procesy pirometalurgiczne, hydrometalurgiczne, jak i obróbkę mechaniczno-fizyczną, wskazując ich zalety, ograniczenia oraz możliwości odzysku wartościowych surowców – zwłaszcza soli, tlenku glinu. Zaprezentowano działalność kluczowych zakładów przetwarzających (m.in. Befesa, RVA, Altek) oraz wyniki projektów badawczo-rozwojowych (np. AluSalt™, RecAL, GREENY, LIFE BAUXAL-II), które przyczyniają się do minimalizacji wpływu tych odpadów na środowisko i wspierają ideę gospodarki o obiegu zamkniętym. Szczególną uwagę poświęcono także najlepszym praktykom ograniczania powstawania zgarów już na etapie produkcji aluminium.

Janusz Kozana, Aldona Garbacz-Klempka, Marcin Piękoś

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

Optymalizacja odlewniczych brązów cynowych poprzez stopowanie i uszlachetnianie. Krystalizacja i mikrostruktura, właściwości, zalety i wady

Optimisation of casting tin bronzes through alloying and refining. Crystallisation and microstructure, properties, advantages and disadvantages.

Wytwarzanie odlewów na bazie stopów metali nieżelaznych (a także z innych grup stopów) związane jest z koniecznością uzyskiwania przede wszystkim zwartej struktury i wymaganych właściwości. Niekiedy, aby spełnić wymagania stawiane przez konstruktora dla odlewów, konieczna jest zmiana składu chemicznego stopu, modyfikacja procesu krystalizacji, rozdrobnienie ziarna oraz eliminacja wad powstających w związku z cechami stopu lub szeroko rozumianą technologią formy odlewniczej.

W prezentacji przedstawione zostaną wybrane wyniki badań realizowanych na Wydziale Odlewnictwa AGH w Krakowie dla grupy brązów cynowych z obszaru oddziaływania dodatków stopowych, uszlachetniania, krystalizacji, mikrostruktury, właściwości mechanicznych i technologicznych oraz przykłady wad odlewniczych charakterystycznych dla tej grupy stopów. Uzyskane wyniki badań wskazują, że możliwe jest zachowanie istotnych właściwości mechanicznych i technologicznych brązów cynowych przy zmniejszonym udziale cyny.

Projekt badawczy finansowany ze środków programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” w AGH w Krakowie.

Dawid Kapinos, Bogusław Augustyn, Bartłomiej Płonka, Sonia Boczek, Wojciech Szymański, Kamila Limanówka, Marek Nowak, Piotr Korczak

SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - Instytutu Metali Nieżelaznych, Oddział Metali Lekkich w Skawinie

Nowe kierunki w projektowaniu składu chemicznego stopów aluminium

New directions in designing the chemical composition of aluminum alloys

Referat prezentuje nowoczesne podejścia do projektowania składu chemicznego stopów aluminium serii 5xxx, 6xxx i 7xxx, ukierunkowane na zwiększenie ich właściwości mechanicznych, odporności korozyjnej oraz zastosowalności w nowoczesnych technologiach przemysłowych. Przedstawiono wyniki prac badawczych nad wysokomagnezowymi stopami AlMg6 i AlMg8,5, nową generacją stopów AlMgSi(Cu) o podwyższonej wytrzymałości ($\geq 370\text{--}460$ MPa), a także nad stopami 7xxx do zastosowań w przemyśle transportowym i konstrukcyjnym. Omówiono również aspekty technologiczne odlewania, przeróbki plastycznej (wyciskanie, kucie), anodowania oraz badań korozyjnych. Rezultaty prac umożliwiają wdrożenie nowych materiałów do zastosowań w elektromobilności, systemach trakcyjnych oraz lekkich konstrukcjach nośnych, zgodnie z wymaganiami nowoczesnego przemysłu.

Aldona Garbacz-Klempka

AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Odlewnictwa, Centrum Badań Nawarstwien Historycznych

Anna Mikołajska

Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie,
Wydział Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki

Bożena Opiłło

Secco Krzysztof Opiłło

Elżbieta Maria Nosek

ARS-MET. Konserwacja zabytkowych obiektów metalowych

Marcin Piękoś**Janusz Kozana**

AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Odlewnictwa,
Centrum Badań Nawarstwien Historycznych

Andrzej Fijołek**Zbigniew Szklarz**

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

Małgorzata Perek-Nowak

AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Metali Nieżelaznych

**Estetyka i technologia kształtowania płyty
epitafijnej Filippo Buonaccorsi zwanego
Kallimachem w warsztacie Vischerów.
Problematyka konserwatorska i badawcza**

**The aesthetics and technology of shaping the
epitaph slab of Filippo Buonaccorsi, known
as Callimachus, in the Vischer workshop.
Conservation and research issues**

Kolekcja reliefowych i pełnoplastycznych odlewanych płyt epitafijnych z norymberskiego warsztatu Vischerów stanowi ważny zbiór dzieł monumentalnych w Krakowie, który poddano badaniom materiałowym. Charakterystyka składu i struktury zabytków metalowych ma zasadnicze znaczenie dla zrozumienia procesów technologicznych dawnego rzemiosła artystycznego i dzieł sztuki. W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzone w celu poznania i wirtualnej rekonstrukcji technologii warsztatu giserskiego Vischerów na przykładzie epitafium Kallimacha w Krakowie. Analizę technologii wykonania przeprowadzono na podstawie obserwacji makroskopowych i analizy dawnych źródeł pisanych. W badaniach analitycznych składu chemicznego zastosowano spektroskopię fluorescencji rentgenowskiej z dyspersją energii (ED-XRF). Badania struktury płyty wykonano metodą ultradźwiękową. Badania mikrostruktury i składu chemicznego w mikroobszarach wykonano z wykorzystaniem elektronowej mikroskopii skaningowej z system dyspersji energii rentgenowskiej (SEM-EDS). W pierwszym etapie prace badawcze prowadzono in-situ w kościele Dominikanów w Krakowie przy konserwacji płyty, realizowanej przez pracownię Secco Krzysztof Opiłło pod nadzorem dr inż. Marii Nosek. Na podstawie uzyskanych wyników przygotowano eksperyment odtworzenia stopu. Dalsze badania, prowadzące do pełniejszej charakterystyki materiału i procesu (analizę termiczno-derywacyjną ATD, badania mechaniczne i korozyjne, modelowanie termodynamiczne oraz symulację zalewania i krzepnięcia płyty z zastosowaniem narzędzia MAGMASOFT), wykonano na stopie modelowym na AGH Akademia Górniczo-Hutnicza. Wykazano, że płyta została wykonana z mosiądzu z naturalnym udziałem arsenu, co zmienia dotychczasowy stan wiedzy.

Niniejsze badania zostały zrealizowane w ramach subwencji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (16.16.170.654/B507).

Dawid Witasiak

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

Zakład Odlewniczy METAL-KOLOR sp. z o.o.

Aldona Garbacz-Klempka

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

Centrum Badań Nawarstwień Historycznych

Marcin Papaj

Zakład Odlewniczy METAL-KOLOR sp. z o.o.

Marcin Piękoś

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

Piotr Papaj

Zakład Odlewniczy METAL-KOLOR sp. z o.o.

Janusz Kozana

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

**Optymalizacja technologii wytwarzania odlewów
z brązu CuSn10 w formach piaskowych – wpływ
symulacji numerycznych na jakość i koszty produkcji
w aspekcie szczelności odlewów**

**Optimization of CuSn10 alloy casting in green sand
molds – influence of numerical simulations
on casting tightness, quality, and production costs**

Produkcja odlewów z brązu CuSn10 w formach piaskowych, realizowana w warunkach małych i średnich zakładów odlewniczych, wiąże się z szeregiem wyzwań technologicznych i ekonomicznych. Wysoka cena surowca, w połączeniu z

ograniczonym stopniem automatyzacji oraz rosnącymi kosztami energii, znacząco wpływa na opłacalność procesu produkcyjnego.

Odpowiednio przeprowadzone symulacje umożliwiają wykrycie potencjalnych wad na etapie projektowania technologii, co pozwala na ograniczenie liczby braków odlewniczych bez konieczności wykonywania kosztownych prób technologicznych.

Przeprowadzone symulacje zostały zweryfikowane w warunkach przemysłowych poprzez wykonanie serii odlewów testowych. Wyniki badań obejmujące m.in. badanie penetracyjne, testy szczelności oraz analizę mikrostruktury, potwierdziły zgodność lokalizacji defektów z prognozami modelu symulacyjnego.

Zastosowanie symulacji numerycznych oraz optymalizacja parametrów technologicznych umożliwiły wcześniejsze wykrycie potencjalnych wad i ich skuteczne wyeliminowanie na etapie projektowania procesu.

Zmniejszenie udziału braków odlewniczych w serii produkcyjnej korzystnie wpłynęło na cykl produkcyjny zakładu, przyczyniło się do ograniczenia strat materiałowych i energetycznych oraz uzyskania lepszej kontroli nad kosztami jednostkowymi.

Niniejsze badania zostały zrealizowane w ramach grantu doktorskiego nr 68.10.170.07250/B148 oraz subwencji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (16.16.170.654/B507)

Marcin Piękoś, Jerzy Zych

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

Zdzisław Smorawiński, Stanisław Kurzawa

TECHNOLOGIA & TECHNIKA ALUMINIUM, Konin

Problemy związane z kształtowaniem jakości stopów aluminium

Problems related to shaping the quality of aluminum alloys

Aluminium i stopy aluminium należą do najczęściej stosowanych metali i stopów ze względu na swoje unikalne właściwości. Jakość stopów aluminium można kształtować na różne sposoby. Wprowadzanie dodatków stopowych to nie jedyny sposób na osiągnięcie jak najwyższych właściwości. Jakość metalu, która zależy od procesów stosowanych podczas topienia, odgrywa decydującą rolę w określaniu właściwości materiału. Bardzo ważnym argumentem przemawiającym za stosowaniem tych stopów jest możliwość recyklingu zużytych odlewów. Recykling złomu aluminiowego pozwala zaoszczędzić ponad 90% energii potrzebnej do wytworzenia porównywalnej ilości metalu z surowców. Prawidłowo przeprowadzony proces recyklingu, na który składa się szereg czynności, takich jak segregacja złomu, proces topienia, rafinacja i odlewanie, umożliwia produkcję wysokiej jakości stopów i odlewów. Poprawa jakości stopu zazwyczaj polegała na modyfikacji ciekłego stopu aluminium, np. w celu zmiany morfologii eutektycznych wydzieleni krzemu lub rozdrobnienia fazy α , czyli zmniejszenia wielkości ziarna. Głównym celem procesu rafinacji jest usunięcie z ciekłego metalu wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń metalicznych i niemetalicznych oraz rozpuszczonego wodoru. Oba procesy – rafinacja i modyfikacja – są niezwykle ważne, ale jeśli rafinacja nie zapewni pożądanej jakości ciekłego metalu, proces modyfikacji może okazać się równie nieskuteczny. Dlatego proces rafinacji powinien być kojarzony z procesami mającymi na celu uzyskanie stopu o wysokiej jakości pod względem niskiej zawartości zanieczyszczeń i porowatości oraz korzystnych właściwości mikrostrukturalnych.

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z metodą wprowadzania zapraw proszkowych do ciekłego metalu w celu intensyfikacji procesu rafinacji barbotażowej przy jednoczesnym ograniczeniu wzrostu kryształów aluminium w procesie krystalizacji.

Niniejsze badania zostały zrealizowane w ramach subwencji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (16.16.170.654/B507)

Mariusz Łucarz

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

Michał Jędrychowski

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

CANPACK S.A., Brzesko

Aldona Garbacz-Klempka

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

Powtarzalność procesu tłoczenia elementów z cienkich blach ze stopu aluminium AA-5182 w zależności od jakości materiału

Repeatability of the stamping process for thin AA-5182 aluminium alloy sheet components depending on the material quality

Stop aluminium AA-5182 (EN AW 5182) wykorzystywany jest do produkcji cienkich blach, z których tłoczy się wieczka napojowe do puszek. Ze względu na obszar zastosowania, blachy wykonywane z tego stopu, poddawane są dodatkowym zabiegom oznaczanym symbolem H48. Jest to niestandardowy stan szczególnie wykorzystywany w przemyśle opakowaniowym. Stop AA-5182 H48 uzyskuje się przez zgniot w połączeniu z lekkim wyżarzaniem stabilizującym. Materiał taki charakteryzuje się wysoką wytrzymałością, ograniczoną plastycznością, dobrą odpornością na korozję. Pomimo naturalnie zachodzącej natychmiastowej pasywacji aluminium w kontakcie z tlenem oraz wzmacniającego wpływu takich pierwiastków jak magnez i mangan grubość powstającej pasywnej warstwy może być niewystarczająca. Dlatego blacha otrzymana ze stopu AA-5182 dla przemysłu spożywczego jest dodatkowo dwustronnie lakierowana. Zabieg ten jest szczególnie istotny od strony kontaktu z napojem

wykazującym agresywne działanie trawiące, które może spowodować rozszczelnienie puszki napojowej. Istotnym elementem trwałości opakowania jest też jakość otrzymanego materiału, jego struktury wewnętrznej. Obecność niewielkich ilości takich pierwiastków jak krzem, żelazo w połączeniu z magnezem może wpływać na wytrzymałość oraz plastyczność, co jest szczególnie istotne podczas tłoczenia elementów, jakimi są wieczka napojowe wykonywane z blach o grubości 0,200 mm.

Produkcja puszek napojowych i wieczek napojowych jest produkcją masową, dlatego dla ciągłości produkcji bardzo istotne jest uzyskiwanie powtarzalnych parametrów. Jednak cykl produkcyjny samej blachy nie zawsze jest powtarzalny. Jest wielu producentów blach ze stopu AA-5182. Blachy powstają z sekwencyjnie wykonywanych wytopów, dodatkowo każdy producent ma własną technologię przygotowania blach. W pracy przedstawiono wyniki analizy blachy dostarczonej na produkcję wieczek napojowych, która mimo zgodności składu chemicznego z normą EN 573-3 oraz spełniająca parametry wytrzymałościowe normy EN ISO 6892-1 wykazywała ograniczone zastosowanie, ze względu na występowanie przerwania struktury materiału podczas tłoczenia, co dyskwalifikowało jej przydatność.

Testy stosowane na linii produkcyjnej wykazały powstawanie nieszczelności. Przedstawiono wyniki badań analizy składu chemicznego blachy na jej przekroju wykonane za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego SEM. Skład chemiczny faz międzymetalicznych został przeanalizowany za pomocą EDS. Sprawdzone rozkład pierwiastków na grubości blachy jak również w mikroobszarach. Potwierdzono obecność faz międzymetalicznych $Al_{13}Fe_4$ i Mg_2Si oraz obecność pierwotnych kryształów $\alpha-Al$. Jednocześnie stwierdzono obecność obszarów świadczących o występującej porowatości, która mogła zostać wywołana w następstwie walcowania na zimno. Udokumentowano obecność fazy międzymetalicznej Mg_2Si wpływającej na pogorszenie wytrzymałości, ale także obniżającej plastyczność stopu AA 5182. Jej obecność może mieć wpływ na charakterystykę materiału, co mogło skutkować pogorszeniem tłoczności analizowanej blachy. Jeszcze większy wpływ na pogorszenie jakości blachy miały zaobserwowane zgrupowania większych wtrąceń fazy międzymetalicznej $Al_{13}Fe_4$. Faza ta jest krucha, co oznacza, że jej obecność w stopie może zmniejszać plastyczność i ciągliwość materiału.

Aluminium, które zawiera tę fazę w dużej ilości, staje się mniej elastyczne i bardziej narażone na pęknięcia, zwłaszcza w procesach obróbki plastycznej, do których zalicza się proces wytłaczania wiezka napojowego. Badana blacha charakteryzowała się występowaniem fazy międzymetalicznej $Al_{13}Fe_4$ w postaci większych wtrąceń, co prowadziło do powstawania mikropęknięć, a w konsekwencji wpływało negatywnie na integralność materiału i jego trwałość. Stwierdzona obecność obu faz, ich wielkość i rozmieszczenie było prawdopodobną przyczyną, ograniczającą proces produkcyjny.

Finansowanie: MNiSW – Doktorat wdrożeniowy V: numer umowy DWD/5/0146/2021; Subwencja na naukę 16.16.170.654/B507

Autorzy

Augustyn	Bogusław	Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Oddział Metali Lekkich w Skawinie
Boczkał	Sonia	Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Oddział Metali Lekkich w Skawinie
Czekaj	Edward	SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ-Krakowski Instytut Technologiczny
Domagała	Janusz	Fronlat Aluminium Sp. z o.o. Sp. komandytowa
Domagała	Piotr	Fronlat Aluminium Sp. z o.o. Sp. komandytowa
Fijołek	Andrzej	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa
Fordon	Mirosław	Uni-Export Instruments Polska
Garbacz-Klempka	Aldona	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa
Halupczok	Piotr	Artystyczna Odlewnia Metali ART-ODLEW Sp. z o.o.
Jędrychowski	Michał	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa CANPACK S.A., Brzesko
Kapinos	Dawid	Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Oddział Metali Lekkich w Skawinie
Korczak	Piotr	Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Oddział Metali Lekkich w Skawinie
Kozana	Janusz	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa
Kurzawa	Stanisław	TECHNOLOGIA & TECHNIKA ALUMINIUM

Limanówka	Kamila	Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Oddział Metali Lekkich w Skawinie
Łucarz	Mariusz	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Odlewnictwa
Nosek	Maria	Secco Krzysztof Opiłło
Mikołajska	Anna	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Odlewnictwa Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie, Wydział Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki
Nowak	Marek	Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Oddział Metali Lekkich w Skawinie
Nowakowski	Mateusz	B3D
Opiłło	Bożena	Secco Krzysztof Opiłło
Palkie	Jacek	Spectro-Lab
Papaj	Marcin	Zakład Odlewniczy METAL-KOLOR w Starachowicach
Papaj	Piotr	Zakład Odlewniczy METAL-KOLOR w Starachowicach
Perek-Nowak	Małgorzata	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Metali Nieżelaznych
Piekło	Jarosław	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa
Piekło	Jarosław	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa

Piękoś	Marcin	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa
Płonka	Bartłomiej	Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Oddział Metali Lekkich w Skawinie
Rozzak	Arkadiusz	B3D
Rusin	Tomasz	Dantec Dynamics GmbH
Skrobol	Sławomir	Alumetal S.A.
Słupska	Dorota	Alumetal S.A.
Smorawiński	Zdzisław	TECHNOLOGIA & TECHNIKA ALUMINIUM
Szklarz	Zbigniew	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa
Szymański	Wojciech	Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Oddział Metali Lekkich w Skawinie
Witasiak	Dawid	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa Zakład Odlewniczy METAL-KOLOR w Starachowicach
Wróbel	Janusz	PIOMA-Odlewnia Sp. z o.o.
Zięba	Łukasz	ARP Radom
Zych	Jerzy	AGH-Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa

Przedsiębiorstwa i Instytucje Naukowe współpracujące w ramach konferencji Nauka i Technologia

Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie, Wydział Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki	Kraków
ART-ODLEW Artystyczna Odlewnia Metali	Opole
Agencja Rozwoju Przemysłu S.A.	Radom
B3D	Poznań
CANPACK S.A.	Brzesko
Dantec Dynamics GmbH	Tonsbakken Niemcy
Erarius Odlewnia Artystyczna	Kraków
Frontal Aluminium Sp. z o.o. Sp. komandytowa	Konin
Grupa Kęty S.A.	Kęty
Instytut Wdrożeń i Technologii Sp. z o. o.	Starachowice
Linde Gaz Polska Sp. z o.o.	Kraków
Mesco	Skarżysko-Kamienna
PIOMA-Odlewnia Sp. z o.o.	Opole
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Krakowski Instytut Technologiczny	Kraków

Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, **Skawina**
Oddział Metali Lekkich

Spectro-Lab	Warszawa
-------------	----------

Technologia & Technika Aluminium	Konin
----------------------------------	-------

Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Odlewnictwa	Kraków
--	--------

Spectro-Lab	
-------------	--

Uni-Export Instruments Polska	Warszawa
-------------------------------	----------

Zakład Odlewniczy METAL-KOLOR	Starachowice
-------------------------------	--------------

Stowarzyszenie Techniczne Odlewników Polskich o. Kraków	Kraków
--	--------

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Odlewnictwa	Kraków
---	--------