

**Macław SAKWA** (koordynator Centralnego Programu Badań Podstawowych 02.09)

**SYNTETYCZNA CHARAKTERYSTYKA PRZEBIEGU PRAC W PROBLEMIE CPBP 02.09 pt.  
"KRZEPNIĘCIE I KRYSZALIZACJA METALI - ODLEWNICTWO" W 1988 R.**

Problem prowadzony jest w 6 grupach tematycznych:

- 01 - Aplikacja metod fizycznych do uszlachetniania odlewów; kierownik grupy prof. dr inż. J. Gawroński
- 02 - Badanie procesów krzepnięcia przy pomocy metod ATD; kierownik grupy prof. dr hab. inż. S. Jura.
- 03 - Sterowanie jakością stopów metalowych; kierownik grupy doc. dr inż. M. Łabęcki.
- 04 - Komputerowe projektowanie technologii odlewniczych; kierownik grupy prof. dr hab. inż. B. Mochnacki.
- 05 - Krystalizacja stopów metali nieżelaznych; kierownik grupy doc. dr inż. B. Wierzbicka.
- 06 - Kształtowanie struktur stopów odlewniczych; kierownik grupy doc. dr hab. inż. A. Kosowski.

**Krótką charakterystyką przebiegu realizacji programu**

Grupa 1

**Temat 01.01.**

Krzepnięcie odlewów w polu magnetycznym

**Zadanie 01.01**

Wykorzystanie WRPM dla otrzymywania odlewów technologicznie użytecznych

prof. dr inż. Józef Gawroński

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

Zrealizowano całą serię odlewów z żeliwa wysokochromowego o różnym stopniu skomplikowania odlewanych w wirującym rewersyjnym polu magnetycznym (WRPM), co potwierdziło tezę, że WRPM oddziałuje na odlewy o dowolnym kształcie. Uzyskano wszędzie korzystną budowę krystaliczną (rozdrobienie ziarn), korzystny rozkład i ilość węglików, a także wzrost odporności na zużycie.

#### Temat 01.02

Odlewanie suspensyjne

##### Zadanie 01.02

Kompozyty suspensyjne aluminiowo-grafitowe

prof. dr inż. Józef Gawroński

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

W ramach zadania opracowano skuteczną i pewną technicznie metodę odlewania ośrodkowego kompozytu Al-C<sub>gr</sub>. Odlewano odlewy kształtowe w formie tulei  $\emptyset$  100 mm z dobrym efektem rozłożenia grafitu na całej wysokości tulei. Opracowano technologię brykietowania grafitu z aktywatorem.

#### Temat 01.03

Sterowanie procesem krystalizacji

##### Zadanie 01.03

Badanie zasięgu działania nadlewów i efektów brzegowych metodami matematycznymi

prof. dr inż. Józef Gawroński

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

Opracowano nowe wzory zasięgu działania nadlewu i efektu brzegu formy, uwzględniające nie tylko moduł odlewu  $M_0$  - jak stosowano dotąd, ale również temperaturę likwidusu  $T_L$ , solidusu  $T_S$ , podgrzania formy  $t_{2p}$ , współczynnik akumulacji ciepła  $b_2$  oraz smukłość nadlewu  $n = \frac{Hn}{Dn}$ .

#### Temat 01.04

Kompozyty odlewane

##### Zadanie 01.04

Badanie procesu krystalizacji i własności fizykochemicznych wybranych kompozytów odlewanych

prof. dr hab. inż. Janusz Braszczyński

Katedra Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej

Wykonano pełny cykl badań własności i krystalizacyjnych kompozytów Al-Pb i Zn-Pb. Oceniono wskaźnikiem  $S_E$  stopień efektywności wprowadzania Pb. Wskazano na istotną przydatność obu kompozytów w technice.

**Temat 01.05**

Badanie warunków tworzenia tekstur krystalizacji w odlewach

**Zadanie 01.05**

Budowa urządzenia do wytwarzania odlewów steksturowanych i badania tekstury po krystalizacji

prof. dr inż. Maciej Radwan

Instytut Technologii Budowy Maszyn Politechniki Poznańskiej

Wykonano urządzenie badawcze, na którym badano stekstrowanie stopów Al-Cu 10, Al-Cu 33, Al-Cu 44. Stwierdzono konieczność dalszych badań, ze względu na korzystne zależności własności mechanicznych od parametrów krystalizacyjnych  $\frac{G_1}{V}$  (gradient temperatury na froncie krystalizacji do szybkości krystalizacji).

**Temat 01.06**

Sterowanie procesami krystalizacji poprzez zróżnicowanie materiałami i konstrukcją formy

**Zadanie 01.06**

Badania testujące mikrokomputerowego systemu pomiarowego, identyfikacja parametrów termofizycznych form

dr inż. Zenon Ignaszak

Instytut Technologii Budowy Maszyn Politechniki Poznańskiej

Opracowano oryginalny analogowo-komputerowy system pomiarowy MSP-87 i stwierdzono jego pełną przydatność dla pomiarów w warunkach termofizycznych form ( $b_2$ ,  $\lambda_2$ ,  $c_2$ ). Wykonano badania symulacyjne krzepnięcia odlewów określając własności termofizyczne mas, stwierdzając ich zgodność z badaniami doświadczalnymi w masach o różnych własnościach. Określono również wpływ na wyżej wymienione parametry wilgotności masy i kondensację pary w masie w trakcie procesu zalewania formy. Temat zakończono opracowaniem katalogu własności termofizycznych mas formierskich.

**Temat 01.07**

Opracowanie i weryfikacja metod matematycznego opisu struktur stopów

**Zadanie 01.07**

Badanie rozkładów prawdopodobieństwa stężeń składników w stopach Cu, Fe oraz staliwie żarowytrzymałym

prof. dr inż. Maciej Radwan

Instytut Technologii Budowy Maszyn Politechniki Poznańskiej

Praca jest kontynuacją probabilistycznej metody opisu struktury stopów odlewniczych na podstawie prawdopodobieństwa stężenia składników stopowych w od-

lewach, a nadto ogólnie pojętych warunków krzepnięcia, jakie stwarza forma odlewnicza. W roku bieżącym badania przeniesiono ze stopów dwuskładnikowych na realne przemysłowe stopy wieloskładnikowe (z pomyślnym wynikiem).

#### Temat 01.08

Krzepnięcie metali i stopów w trakcie przepływu w formie odlewniczej

##### Zadanie 01.08

Określenie formy wydzieleni fazy stałej z płynącej strugi metalu lub stopu  
prof. dr hab. inż. Andrzej Bydałek

Instytut Technologii Maszyn WSI w Zielonej Górze

Wykonano urządzenie rejestrujące ilość krzepnącego metalu masowo w różnych częściach kanału układu wlewowego i wnęki formy w czasie przepływu metalu i wypełniania wnęki formy. Krzepnięcie dynamiczne - jakim jest krzepnięcie w trakcie przepływu, jest zjawiskiem pozwalającym spojrzeć od strony funkcji źródła ciepła.

#### Temat 01.10

Wytwarzanie stopowych warstw powierzchniowych na odlewach

##### Zadanie 01.10

Badanie własności mechanicznych i użytkowych warstw stopowych oraz stanu surowej powierzchni

prof. dr inż. Paweł Murza-Mucha

Instytut Technologii Bezwiórowych Politechniki Warszawskiej

W roku bieżącym kontynuowano badania uzyskania warstw stopowych na powierzchni odlewów z żeliwa i staliwa z siarką, miedzią, krzemem. Na brązach B10 i B555 próbowano uszlachetniać powierzchnię odlewów cyną. Wykonano odlewy przemysłowe łopatek oczyszczarek oraz wirników pomp. Tylko w przypadku wprowadzenia powierzchniowego siarki uzyskano pozytywne wyniki zarówno pod względem ciągłości warstwy stopowej, jak i jej odporności na zużycie.

#### Temat 01.11

Wdmuchiwanie materiałów sproszkowanych do kąpielii metalowej

##### Zadanie 01.11

Doświadczalne określenie wskaźników podajników do wdmuchiwania proszków do kąpielii metalowej

prof. dr inż. Zbigniew Piątkiewicz

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

Na Politechnice Śląskiej w Instytucie Odlewnictwa opracowano i wdrożono typoszeręg podajników komorowych jedno- i dwukomorowych do pracy cyklicznej i

ciągłej, podających proszki do kąpeli metalowej (wapno, węgiel, dodatki stopowe).

W bieżącym roku badano parametry wdrożonych już podajników celem usystematyzowania ich cech technologicznych i konstrukcyjnych.

#### Temat 01.02

Krystalizacja odlewów warstwowych kompozytowych odpornych na ścieranie

##### Zadanie 01.02

Technologia wytypowanych odlewów w warunkach ścierania erozyjnego

doc. dr inż. Janina Marcinkowska

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

Odlewy zębów czerpakowych koparek węgla brunatnego oraz wałki napędowe (łańcuchowe) kombajnu węglowego wykonane ze staliwa Hadfielda i staliwa niskostopowego poddano uszlachetnianiu wybranych powierzchni roboczych celem podniesienia odporności na zużycie. Składnikami umacniającymi były C i Cr wprowadzone do wkładki stopowej (rdzeń). Uzyskano bardzo dobre wyniki - wzrost odporności na zużycie tych powierzchni, a nadto uzyskano cenne dane poznawczo-teoretyczne tworzenia się warstwy stopowej w zależności od różnych czynników techniczno-technologicznych.

#### Temat 01.13

Powłoki na odlewach ze staliwa żarowytrzymałego

##### Zadanie 01.13

Badanie wpływu parametrów technologicznych na budowę warstwy antynawęgleniowej na staliwie L25H17N36S

dr inż. Jerzy Kubicki

Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Szczecińskiej

Wykonano stanowisko badawcze z wielokanałowym systemem zbierania, rejestracji i przetwarzania danych z formy, w której wykonywano próbne odlewy (wałki  $\phi 26/\phi 35/\phi 44 \times 250$  mm) z warstwą antynawęgleniową złożoną z mieszaniny Al i Cu ze spoiwem Sizol030. Uzyskano pozytywne wyniki ciągłości warstwy stopowej Al i Cu, ale na razie jeszcze niezadowalające rezultaty odnośnie do szczelności tej warstwy.

#### Temat 01.14

Wpływ składu chemicznego i warunków krystalizacji pierwotnej i wtórnej żeliwa sferoidalnego na własności mechaniczne określone metodą badań ultradźwiękowych.

**Zadanie 01.14**

Ustalenie wpływu obróbki cieplnej na parametry fali ultradźwiękowej i własności mechaniczne żeliwa sferoidalnego

dr inż. Władysław Orłowicz

Instytut Budowy Maszyn Politechniki Rzeszowskiej.

Na podstawie badań wcześniejszych powiązано parametry fali ultradźwiękowej ( $C_L$ ,  $C_T$ ,  $C_R$ ,  $\alpha$ ) z parametrami technologicznymi żeliwa sferoidalnego (SC, CE), a następnie z własnościami mechanicznymi ( $R_m$ ,  $A_5$ , HB,  $R_{0,2}$ ) przez rozważania stereologiczne w zakresie grafitu oraz ilości i jakości osnowy (perlit, ferryt). Dane takie uzyskano dla żeliwa sferoidalnego surowego i obrobionego cieplnie. Wzory przemysłowe są opracowane z wysokim stopniem ufności statystycznej.

**Temat 01.15**

Kształtowanie struktury kompozytów odlewanych w węzłach termicznych

**Zadanie 01.15**

Projekt i budowa systemu regulacji prędkością wzrostu i polem temperatury w urządzeniu do krystalizacji kierunkowej

prof. dr hab. inż. Edward Fraś

Instytut Technologii i Mechanizacji Odlewnictwa AGH Kraków

W pierwszym roku realizacji tego bardzo ciekawego tematu dotyczącego kompozytów eutektycznych było zaprojektowanie i wykonanie oraz przebadanie systemu regulacyjnego, pozwalającego uzyskiwać w typowym urządzeniu do krystalizacji kierunkowej takich parametrów chłodzenia i prędkości wyciągania odlewów, aby w węzłach termicznych tych odlewów (np. zgrubienia, nadlewki, zmiana grubości ścianki) można było otrzymać jednakowe własności rosnących kryształów i fazy umacniającej.

**Temat 01.16**

Kompleksowe opracowanie wspomaganie komputerowego projektowania technologii formy (staliwo, żeliwo)

**Zadanie 01.16**

Opracowanie programów komputerowych cząstkowych według blokowego algorytmu obliczeń

prof. dr inż. Józef Gawroński

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

W pierwszym roku realizacji tematu wykonano 6 cząstkowych programów dla opracowanego algorytmu obliczeń technologii odlewu ze staliwa węglowego.

## Grupa 2

**Temat 02.01**

Proces krystalizacji staliwa L20G i określenie właściwości mechanicznych za pomocą ATD

**Zadanie 02.01/88**

Określenie wpływu wtrąceń niemetalicznych na udatność i pęknięcia na gorąco

prof. dr hab. inż. Stanisław Jura

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

Wykonano 46 wytopów staliwa w warunkach przemysłowych, z których pobrano próby do opracowania krzywej udatności w funkcji temperatury oraz próby pęknięć na gorąco. Na badanych próbkach określono morfologię wtrąceń niemetalicznych oraz określono rozkład ziarn ferrytu. Wszystkie wielkości opisano za pomocą odpowiednich funkcji opisujących ich rozkład i charakterystykę. Następnie określone parametry funkcyjne oraz udatność w temperaturach 293 K, 223 K, 193 K korelowano ze składem chemicznym, wtrąceniami niemetalicznymi oraz rozkładem ziarn ferrytu. Uzyskano interesujące zależności, które w połączeniu z przebiegiem procesu metalurgicznego mogą dać znaczne rezultaty w podniesieniu jakości odlewów. Wyniki pracy będą wdrażane w Zakładach Metalurgicznych "Mystal" w Myszkowie.

**Temat 02.02**

Procesy krystalizacji i modyfikacji żeliwa nadeutektycznego - kokilowego

**Zadanie 02.02/88**

Termodynamiczne podstawy procesów krystalizacji żeliwa nadeutektycznego

dr Antoni Sznirch

Uniwersytet Śląski

Praca obejmuje teoretyczne zagadnienia krystalizacji, głównie jako termodynamiczne warunki krystalizacji grafitu pierwotnego i wtórnego oraz wpływ pierwiastków na ten proces. W tym etapie opracowano problem symulacji cieplnej krzepnięcia klina w formie metalowej.

**Temat 02.03**

Procesy krystalizacji średnionikowego austenitycznego żeliwa oraz możliwości jego zastosowania

**Zadanie 02.03/88**

Krystalizacja nadeutektycznego żeliwa Z1NiMnCu

prof. dr inż. Hilary Gumienny

Instytut Budowy Maszyn Politechniki Wrocławskiej

Opracowano nowy stop żeliwa austenitycznego typu Z1Ni7Mn4Cu4 o zawartości węgla ok. 3,0% i krzemu 1,9%. Stop ten cechuje się wieloma pozytywnymi cechami, w szczególności jest obrabialny, a po niskotemperaturowej obróbce cieplnej uzyskuje wysoką twardość, co ma szczególne znaczenie dla wielu maszyn (np. pomp, pras itp.). Opracowano technologię wytapiania z zastosowaniem szybkiej kontroli jakości metodą ATD. Pełne rozwiązanie problemu wymaga dalszego opracowania warunków procesu obróbki cieplnej. Opracowane żeliwo jest zamiennikiem wysokoniklowego żeliwa typu Ni-Resist.

#### **Temat 02.04**

Efekty krystalizacji fazy niemetalicznej staliwa w ujęciu analizy termicznej i derywacyjnej

##### **Zadanie 02.04/88**

Prognozowanie właściwości mechanicznych staliwa L450-L500 na podstawie ATD i wpływu wtrąceń niemetalicznych na udarność

dr hab. Jerzy Cybo

Uniwersytet Śląski

Przedstawiono rolę WN "wtrąceń niemetalicznych" w mechanizmie pękania. Omówiono próby ilościowego określenia wpływu WN na właściwości staliwa. Przeanalizowano wpływ czynników metalurgicznych na właściwości staliwa i WN. Na podstawie tych badań wskazano na podstawowe czynniki procesu, decydujące o jakości staliwa. Opracowano wytyczne do właściwego prowadzenia procesu i zastosowano je w praktyce Odlewni Staliwa - SOSTAL.

#### **Temat 02.06**

Wpływ kształtu grafitu na właściwości wytrzymałościowe żeliwa

##### **Zadanie 02.06/88**

Wpływ składu chemicznego i szybkości krzepnięcia na kształt wydzielań grafitu w żeliwie

dr Jerzy Chmiela

Uniwersytet Śląski

W pracy przedstawiono opis kształtu grafitu za pomocą współczynnika kształtu i dokonano jego aproksymacji w klasach wielkości obwodu wykorzystując funkcję przejścia. Parametry funkcji skorelowano ze składem chemicznym i szybkością krzepnięcia. Podjęte próby opisu kształtu grafitu mają na celu najlepszy opis funkcyjny i jej związek z wytrzymałością żeliwa.

#### **Temat 02.07**

Krystalizacja żeliwa i powstawanie struktury zabilonej w żeliwie



**Zadanie 02.07/88**

Wpływ warunków stygnięcia odlewów na grafityzację żeliwa szarego

prof. dr hab. inż. Stanisław Jura

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

Opracowanie stanowi drugi etap rozwiązania problemu grafityzacji żeliwa z uwzględnieniem procesów cieplnych. Przeprowadzone eksperymenty stały się podstawą do statystycznych analiz zbiorów doświadczalnych. Opracowano wstępnie model symulacji cieplnej krzepnięcia dla różnych gatunków żeliwa.

**Temat 02.08**

Opracowanie rodziny konwerterów A/C dla różnych termoelementów stosowanych w próbnikach

**Zadanie 02.08/88**

Opracowanie elektronicznego systemu aparatury Crystaldigraf-PC dla transmisji światłowodowej

prof. dr hab. inż. Tadeusz Zagajewski

Instytut Elektroniki Politechniki Śląskiej

Opracowany został projekt technologiczny cienkobarstwowego układu hybrydowego drabinki rezystorowej wzmacniacza wstępnego do Crystaldigrafu-PC. Przeprowadzono badania mikroukładów z bardzo dobrymi wynikami. Opracowano nadajnik i odbiornik systemu transmisji światłowodowej do aparatu Crystaldigraf. Wykonano modele przetwornika A/C oraz interfejsu cyfrowego do komputera IBM-PC, przeprowadzono ich badania z pozytywnym rezultatem.

Rozwiązania te stanowią nowość w warunkach naszego kraju i krajów RWPG. Transmisja i układy charakteryzują się całkowitą odpornością na zakłócenia przemysłowe. Przewiduje się wdrożenie w 1989 r.

**Temat 02.09**

Opracowanie przy wykorzystaniu komputera IBM-PC systemu Crystaldigraf-PC do równoczesnej analizy ATD dla kilku różnych stopów metali

**Zadanie 02.09/88**

Opracowanie czujnika optycznego temperatury z zastosowaniem do analizy ATD

prof. dr hab. inż. Tadeusz Zagajewski

Instytut Elektroniki Politechniki Śląskiej

Przeprowadzono badania optycznego czujnika temperatury opracowanego w ZSRR. Wyniki wstępnych badań wykazały zbyt duży wpływ temperatury otoczenia na sygnał wejściowy. Analiza wyników pozwala na stwierdzenie istnienia pewnych możliwości kompensowania tego niekorzystnego wpływu na prace czujnika, jednak kosztem znacznego skomplikowania układów Crystaldigraf-PC. W wyniku

dyskusji ze stroną radziecką przystąpiono do przygotowania oferty na wykonanie kilku sztuk tzw. "optycznych bloków Crystaldigraf".

#### **Temat 02.10**

Opracowanie technologii wytwarzania żeliwa sferoidalnego do pracy w niskich temperaturach

#### **Zadanie 02.10/88**

Opracowanie technologii obróbki cieplnej i optymalizacja składu chemicznego żeliwa sferoidalnego

prof. dr hab. inż. Jan Rączka

Politechnika Krakowska

Opracowano technologię wytwarzania, skład chemiczny żeliwa sferoidalnego niklowego oraz technologię obróbki cieplnej. Określono podstawowe właściwości mechaniczne żeliwa oraz scharakteryzowano jego strukturę. Żeliwo sferoidalne niklowe do pracy w niskich temperaturach powinno mieć następujący skład chemiczny: C = 3,3-3,9%; Si = 2,4-3,2%; Mn = max 0,2%; Ni = 6-10%.

#### **Temat 02.12**

Proces krystalizacji żeliwa chromowo-niklowego odpornego na ścieranie

#### **Zadanie 02.12/88**

Ocena procesu krystalizacji żeliwa chromowo-niklowego oraz optymalizacja składu chemicznego ze względu na ścieralność

prof. dr hab. inż. Stanisław Jura

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

Przeprowadzono analizę krystalizacji poszczególnych gatunków żeliwa, badania stereologiczne, wydzielań węglików, obróbkę cieplną niskotemperaturową dla uzyskania maksymalnej twardości żeliwa. Próbkę również poddano całemu cyklowi badawczemu ścieralności erozyjnej. Obszerne analizy statystyczne pozwoliły na opracowanie wielu korelacji niezbędnych do prawidłowego prowadzenia procesu produkcji tego stopu. Praca realizowana jest przy udziale pracowników z Kuby. Przewiduje się wdrożenie w Polsce i na Kubie.

#### **Temat 02.13**

Zużycie ściernie żeliwa w podwyższonej temperaturze

#### **Zadanie 02.13/88**

Badania i analiza wyników zużycia ściernego żeliwa w podwyższonej temperaturze

prof. dr hab. inż. Stanisław Prowans

Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Szczecińskiej

W wyniku studiów i wcześniejszych analiz opracowano i uruchomiono stanowisko do badania zużycia ściernego materiałów w podwyższonej temperaturze. Zba-

dano strukturę 10 stopów typu Fe-Cr-C z materiału pobranego z próbników ATD. Dokonano przeglądu literaturowego sposobów określania prędkości materiałów sypkich. Określono warunki niezbędne dla prawidłowej pracy urządzenia.

#### Zadanie 02.14/88

Zastosowanie kompleksowych odtleniaczy dla polepszenia struktury krzepnięcia staliwa na walcach hutniczych

prof. dr hab. inż. Stefania Stachura

Katedra Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej

Podjęto próbę modyfikacji struktury walców ze staliwa L200HMN. Stosowano modyfikatory Fe-Ca-Si wprowadzając je do formy podczas zalewania. Zawsze otrzymano strukturę perlistyczną z siatką ladeburytu. Wielkość ziarna różniła się istotnie w dolnym i górnym czopie. Zawsze jednak struktura była ladeburytyczna. Nie uzyskano wyraźnych efektów modyfikacji. Wysznuo wnioski dotyczące zmiany procesu obróbki cieplnej. Próby zostały podjęte w hucie Małapanew.

#### Temat 02.16

Badania procesu krystalizacji żeliwa stopowego odpornego na ścieranie

#### Zadanie 02.16/88

Optymalizacja składu chemicznego żeliwa i ocena procesu krystalizacji na podstawie metody ATD

dr inż. Marian Przybył

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

Przebadano całą grupę żeliw stopowych chromowych z dodatkami wolframu i wanadu. Szeroki zakres stosowanego składu chemicznego pozwolił na zastosowanie metody ATD do szybkiej oceny jakości żeliwa. Na podstawie wyników badania ścieralności żeliwa ustalono optymalny skład chemiczny żeliwa. Praca będzie wdrażana w jednej z odlewni wytwarzających elementy odporne na ścieranie w zastosowaniu do energetyki.

#### Temat 02.17

Modyfikowanie żeliwa tlenkami wybranych pierwiastków

#### Zadanie 02.17/88

Określenie za pomocą metody ATD stopnia jednorodności wtrąceń eutetyki fosforowej w żeliwie

dr inż. Elżbieta Dobiejewska

Instytut Budowy Maszyn Politechniki Wrocławskiej

Opracowano technologię modyfikacji żeliwa przeznaczonego na tuleje cylindrowe samochodów. Zastosowana technologia modyfikacji tlenkami wpięła w spo-

sób istotny na rozłożenie i jednorodność siatki eutektyki fosforowej. Do oceny procesu krystalizacji eutektyki i stopnia jednorodności zastosowano metodę analizy termicznej i oerywacyjnej. W bieżącym roku będzie podjęta próba przygotowania warunków technicznych do wdrożenia tej metody wytwarzania żeliwa.

#### **Temat 02.18**

Opracowanie algorytmów wyższej precyzji dla aparatury Crystaldigraf

#### **Zadanie 02.18/88**

Opracowanie algorytmów oceny jakości żeliwa produkowanego w Odlewni Żeliwa Kupiańsk. Współpraca z ZSRR

prof. dr hab. inż. Stanisław Jura

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

Przeprowadzono próby technologiczne w Odlewni Kupiańsk. Analiza statystyczna wykazała, że wyniki prób są pomieszczone. Opracowane algorytmy nie mogły spełnić oczekiwanych nadziei. Drugą serię prób przeprowadzono z udziałem pracowników NPO-Niitraktorosielchozmasz. Wyniki tym razem okazały się zgodne z literaturą, a dokładność algorytmów zadowalająca współpracowników z ZSRR. Opracowano również algorytmy do sterowania jakością żeliwa szarego niskostopowego. Badania w zakresie rozwinięcia i stosowania metody w ZSRR będą nadal kontynuowane.

### **Grupa 3**

#### **Temat 03.01**

Krzepnięcie i kinetyka krystalizacji grubościennych odlewów z wysokojakościowego żeliwa ciągliwego z perlitem kulkowym

#### **Zadanie 03.01/88**

Badania przebiegu krystalizacji wtórnej grubościennych odlewów z żeliwa białego i jego wpływu na koagulację perlitu

dr inż. Marek Rączka

Instytut Odlewnictwa w Krakowie

Celem pracy jest zbadanie i uzyskanie odlewów grubościennych (do  $\phi$  50 mm) z żeliwa ciągliwego z perlitem kulkowym. W obecnym etapie opracowano krzywe stygnięcia i ich krzywe różniczkowe, odczytując z nich szybkości stygnięcia w zakresie temperatur 1100-900°C. W uzupełnieniu przeprowadzono badania dylatometryczne dla ustalenia temperatury przemian oraz badania metalograficzne. Badania wykonano na dodatkowych 15 wytopach żeliwa z dodatkiem magnezu dla stabilizacji zabielenia. Ustalono optymalny czas wyżarzania dla uzyskania pełnej

grafityzacji. Osiągnięciem poznawczym obecnego etapu jest określenie wpływu magnezu i jego ilości na kształtowanie się struktury odlewów o grubości ścianek 10-50 mm oraz na czas trwania pierwszego stadium grafityzacji. Osiągnięciem użytkowym jest stwierdzenie możliwości uzyskania odpowiednich struktur (początkowej i końcowej) grubościennych odlewów oraz skrócenie czasu wyżarzania na żeliwo ciągliwe do ok. 3 godz. Praca nadaje się do wdrożenia i w związku z tym nawiązano kontakt z potencjalnym wykonawcą ("Metalplast" - Częstochowa).

### Temat 03.02

Wpływ mikrodotyków na proces krystalizacji i własności żeliw

#### Zadanie 03.02/88

Żeliwo sferoidalne z mikrodotykami

prof. dr inż. Wacław Sakwa

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

Praca obejmuje dwie części: teoretyczną i praktyczną. W pierwszej części przedstawiono teoretyczny opis termodynamiki powierzchni układu dwufazowego, a z tego ogólną postać równania bilansu dla wielkości ekstensywnych. Wyprowadzono wzory do obliczenia bilansu masy, pędu, energii całkowitej (kinetycznej i wewnętrznej), a także bilans entropii. Uwzględniono tutaj zjawiska procesów termodynamicznych w nierównowadze oraz uwzględniono zachodzące reakcje chemiczne. Ta część pracy ma charakter ściśle teoretyczny, obfitujący we wzory i ich wyprowadzenia. Druga część pracy opisuje czynniki warunkujące proces sferoidyzacji ew. degenerację wydzielań grafitu kulkowego. Opisano realne warunki otrzymania i krystalizacji kulek grafitu z uwzględnieniem mikrodotyków (modyfikatorów). Stwierdzono, że najkorzystniejsze struktury otrzymuje się przy stosowaniu modyfikatorów zawierających ok. 2% Al i ok. 1,5% Ca. Rozpatrzono przypadki stosowania ziem rzadkich (działanie ceru i lantanu) oraz konwencjonalnych modyfikatorów z dodatkami tytanu i bizmutu. Miarą jakości stopu były badania metalograficzne (wielkość i ilość kulek grafitu) oraz twardość stopu.

Całość pracy obecnego etapu ma duże znaczenie podstawowe. Osiągnięciem poznawczym jest wyprowadzenie zasadniczych wzorów matematycznych, pozwalających na określenie zachodzących procesów podczas krystalizacji.

### Temat 03.03

Żeliwo sferoidalne o zawartości do ok. 7% Al

#### Zadanie 03.03/88

Badania struktury tworzywa i jego własności

dr inż. Marek Sławomir Sołński

Katedra Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej

Opracowano skład chemiczny żeliwa i warunki jego sferoidyzacji, przy których uzyskuje się dobrą żaroodporność, do ok. 1000°C, i strukturze ferrytycznej w stanie surowym po odlaniu. Wydzielenia grafitu (kulkowego lub krętkowego) zapewniają dobre własności wytrzymałościowe (również i w podwyższonych temperaturach). Szczególny nacisk położono na badania metalograficzne, w których badano skład chemiczny w rdzeniu grafitu, w jego warstwie powierzchniowej oraz w warstwie międzyfazowej (mikroanaliza rentgenowska). Te badania specjalistyczne wykonano w RFN na specjalnej aparaturze, której brak jest w kraju. Na podstawie badań ustalono warunki krystalizacji grafitu kulkowego i krętkowego w osnowie ferrytycznej (bez pęknięć), co jest osiągnięciem celu poznawczego. Osiągnięty cel utalitarny polega na przygotowaniu nowego stopu odlewniczego o dobrej żaroodporności i dobrych własnościach mechanicznych. Stop ten został już opatentowany (zgłoszenie), a technologia jego przygotowana będzie dla specjalistycznych odlewni w formie wdrożenia.

#### Temat 03.04

Krzepnięcie i kształtowanie struktury żeliwa sferoidalnego z dodatkami Cu i Ni poprzez obróbkę cieplną i wpływ jej parametrów na właściwości tworzywa

#### Zadanie 03.04/88

Badania wpływu wyjarzania grafityzującego na strukturę i właściwości żeliwa sferoidalnego

mgr inż. Adam Kowalski

Instytut Odlewnictwa w Krakowie

Na podstawie dokonanych badań w poprzednich etapach, oraz uzupełniających wytopach wykonanych w obecnym etapie dokonano weryfikacji optymalnego składu chemicznego żeliwa sferoidalnego. Z kolejnych wytopów przeprowadzono obróbkę cieplną dla ferrytyzacji stopu. Przeprowadzono badania dylatometryczne, mechaniczne i metalograficzne. Próby wykazały ponadto, że wprowadzenie dodatków stopowych niklu i miedzi jest wystarczające w postaci zaprawy sferoidyzującej NiCuMg.

Osiągnięciem poznawczym jest określenie przebiegu krystalizacji wtórnej podczas obróbki cieplnej żeliwa z różnymi zawartościami Si, Ni i Cu oraz ich wpływ na zmianę własności mechanicznych. Osiągnięciem utylitarnym jest opracowanie nowych gatunków żeliwa sferoidalnego o bardzo wysokiej wytrzymałości (900 MPa) przy wyjątkowo dobrej plastyczności ( $A_5 > 5\%$ ) po dodatkowej obróbce cieplnej (ferrytyzacji).

**Temat 03.05**

Fizyczne podstawy krystalizacji metali i ich stopów

**Zadanie 03.05/88**

Zarodkowanie - obraz teoriopólowy

dr Zbigniew Turecki

Instytut Podstaw Metalurgii PAN w Krakowie

Praca ta w kontynuacji ma charakter ściśle teoretyczny obejmujący w dalszym ciągu podstawy krystalizacji w sensie matematyczno-fizycznym. Przytoczono przykłady pojawiania się stanów metastabilnych w różnych układach fizycznych, które, o ile stanowią zbiór takich stanów, mogą być opisane przez podejście czysto klasyczne. W dalszych rozważaniach opisano stany i ich oddziaływanie z "rezerwuarem" termicznym. Znaleziono tutaj równanie ruchu dla rozkładu prawdopodobieństwa i wykazano, że dla części fluktuacyjnej zmiany ich gęstości w czasie słuszne są pewne równania, np. Fokkera-Plancka. W następnej części pracy wyprowadzono wzory do wyliczenia prędkości nukleacji na podstawie uogólnionej teorii Beckera-Doringa. Dalej dokonano ogólnej analizy dynamiki stanów metastabilnych z punktu widzenia nierównowagi.

Niewątpliwym osiągnięciem poznawczym jest wykazanie, w jaki sposób wynika z zasad pierwszych fizyki prawo eksponentyjnej zależności prędkości nukleacji. Należy sądzić, że praca ta po zakończeniu będzie mogła być podstawą do prac aplikacyjnych.

**Temat 03.06**

Określenie przebiegu krzepnięcia żeliwa wysokochromowego i przemian fazowych w celu uzyskania maksymalnej odporności na ścieranie

**Zadanie 03.06/88**

Określenie wpływu struktury żeliwa wysokochromowego na odporność na ścieranie

prof. dr hab. inż. Jerzy Piaskowski

Instytut Odlewnictwa w Krakowie

W obecnym etapie wykonano uzupełniające wytopy żeliwa. W ten sposób otrzymano bardzo duży materiał badawczy obejmujący stopy zawierające 5-40% Cr (co 5%) oraz 1,5-3,5% C (co 0,5%). Po wykonaniu podstawowych badań (analiza termiczno-deriwacyjna, metalografia jakościowa i ilościowa) przeprowadzono badania ścieralności (na maszynie Amslera).

Na podstawie tych badań oraz z efektów poprzednich (badania skurczu, twardość, udarność) przeprowadzono analizę wyników i ich omówienie.

Osiągnięciem poznawczym jest kompleksowe zbadanie stopów żelazo-chrom-węgiel o bardzo szerokim zakresie składów chemicznych i wyznaczenie ich charakterystyk. Osiągnięciem użytecznym jest możliwość dobierania odpowiedniego składu chemicznego do określonych warunków ścierania.

**Temat 03.07**

Określenie wpływu modyfikowania żeliwa szarego na przebieg krzepnięcia

**Zadanie 03.07/88**

Opracowanie wyników badań

prof. dr hab. inż. Jerzy Piaskowski

Instytut Odlewnictwa w Krakowie

W tym etapie wykonano dodatkowe 32 wytopy żeliwa modyfikowanego różnymi modyfikatorami oraz tytonem. Przeprowadzono badania krystalizacji metodą ATD, zmierzono zmiany oporności elektrycznej przy krzepnięciu oraz skurcz. Do tych celów opracowano specjalne programy komputerowe dla przetworzenia otrzymanych danych. Omówiono wyniki. Osiągnięciem poznawczym jest powiązanie zmian dylatacyjnych i oporności z procesem krystalizacji i wydzielaniem się grafitu. Osiągnięciem użytkowym jest możliwość wykorzystania wyników do konstrukcji prototypu urządzenia do szybkiej oceny jakości odlewane go żeliwa szarego.

**Temat 03.08**

Określenie mechanizmu przemiany eutektoidalnej i związanych z nią przemian fazowych występujących w żeliwie sferoidalnym

**Zadanie 03.08/88**

Ocena mechanizmu przemiany eutektoidalnej w żeliwie sferoidalnym w kontekście termodynamicznym. Przeprowadzenie badań

prof. dr hab. inż. Jerzy Piaskowski

Instytut Odlewnictwa w Krakowie

W tym etapie wykonano zasadnicze badania na dwóch gatunkach żeliwa sferoidalnego. obrabionego cieplnie dla zróżnicowania struktury. Badania kalorymetryczne poprzedzono dodatkowo badaniami dylatometrycznymi dla ustalenia temperatur przemian. W przeprowadzonych badaniach, za pomocą dynamicznej metody termicznej, wyznaczono wartości efektów cieplnych i objętościowych towarzyszących przemianom w żeliwie. Podejście termodynamiczne uzupełniono badaniem kinetyki procesu grafityzacji cementytu z perlitem. Metodami pomiaru oporności elektrycznej zweryfikowano wyniki, a jednocześnie znaleziono wzajemne odniesienia obu metod. Osiągnięciem poznawczym jest oznaczenie efektów cieplnych i objętościowych podczas przemiany.

**Temat 03.10**

Krzeptwienie żeliwa z grafitem koralikowym, wermikularnym i zwartym

**Zadanie 03.10/88**

Badania wstępne

doc. dr inż. Tadeusz Warchala

Katedra Odlewnictwa w Częstochowie



Zmiany kształtu wydzieliń grafitu postanowiono dokonać przez filtrację w zmodyfikowanej metodzie "Imeonod". Jako materiału filtracyjnego użyto alternatywnie grafitu, fluorytu, karbidu lub specjalnych modyfikatorów. Celem obecnego etapu było dobranie i ustalenie optymalnych parametrów procesu. Aczkolwiek wyniki przeprowadzonych prób nie dały spodziewanych wyników (badania wstępne), to otrzymane rezultaty pozwalają przypuszczać, że w następnym etapie osiągnie się zamierzony cel. Na podstawie dotychczasowych prób stwierdzono, że po filtracji następują zmiany strukturalne żeliwa, objawiające się wyraźnym zmniejszeniem wydzieliń grafitu lub też zmianie jego rozłożenia - z międzydentrytycznego na równomierne.

#### Temat 03.11

Modyfikacja struktury i własności stopów żelaza z węglem silnym promieniowaniem laserowym

#### Zadanie 03.11/88

Badania struktury i twardości stali obrobionej laserem

prof. dr hab. inż. Andrzej Bylica

Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Rzeszowie

W tym etapie przeprowadzono badania wstępne na stali o zawartości węgla 0,22% i 1,55%. W wyniku promieniowania laserowego uzyskiwano bardzo szybkie nadtopienie próbek oraz bardzo szybkie chłodzenie. W efekcie tego uzyskiwano bardzo ciekawe zmiany struktury (badania metalograficzne pod mikroskopem elektronowym) oraz bardzo duży wzrost twardości (do 915 HV). Badania te będą poszerzone dla właściwej identyfikacji otrzymanych struktur. Osiągnięciem poznawczym jest stwierdzenie nietypowych zmian struktury, które należało będzie dokładnie wyjaśnić, łącznie z ich kinetyką.

#### Grupa 4

#### Zadanie 04.01/88

Dobór parametrów formy ze względu na postulowany przebieg krzepnięcia

prof. dr hab. inż. Bohdan Mochnacki

Instytut Mechaniki Teoretycznej Politechniki Śląskiej

W sprawozdaniu przedstawiono algorytm optymalnego doboru grubości wielowarstwowej formy (np. masa przymodelowa i wypełniająca lub ochładzalnik zewnętrzny - masa formierska), zapewniający przebieg krzepnięcia. Wykonano obliczenia testujące i potwierdzono efektywność i dokładność ponownego algorytmu.

#### Zadanie 04.02/88

Wspomagane komputerowo projektowanie technologii odlewniczych

prof. dr hab. inż. Bohdan Mochnacki

Instytut Mechaniki Teoretycznej Politechniki Śląskiej

Opracowany nowy sposób identyfikacji zmiennego w czasie frontu krzepnięcia w stygnącym odlewie. Metoda jest pewnym rozwinięciem metody różnicowej. Węzły siatki generowane są przez przemieszczającą się izotermę graniczną, np.  $T_{\text{solidus}}$ . Dla polepszenia dokładności zastosowano dodatkowe elementy rachunku wyrównawczego.

#### Zadanie 04.03/88

Analiza możliwości sterowania zasilaniem odlewów przez dobór ochładzalników zewnętrznych

prof. dr hab. inż. Bohdan Mochnacki

Instytut Mechaniki Teoretycznej Politechniki Śląskiej

Na podstawie równań fizyki matematycznej podano opis procesów cieplnych w układzie ścinka odlewu-forma-para ochładzalników dolnych i górnych (lub pojedynczy ochładzalnik). Przedstawiono aproksymację numeryczną tak sformułowanego zadania oraz opracowano odpowiedni algorytm symulujący krzepnięcie odlewu w obecności ochładzalników.

#### Zadanie 04.04/88

Pole temperatur oraz stany naprężenia w obszarze ruchomego krystalizatora w ujęciu dwuwymiarowym metodą elementów skończonych

prof. dr hab. inż. Ryszard Parkitny

Instytut Mechaniczny i Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Częstochowskiej

W pracy rozwiązano problem drgań krystalizatora COS przy wymuszeniu ruchu siłą harmoniczną. Dla różnych parametrów krzepnięcia (współczynnika wymiany ciepła w szczelinie) obliczono zarówno wychylenie, prędkość krystalizatora, jak i siłę wyciągania wlewka z krystalizatora, oraz rozkład naprężeń we wlewku w obrębie krystalizatora.

#### Zadanie 04.05/88

Analiza pęknięcia odlewów cienkościennych

prof. dr hab. inż. Ryszard Parkitny

Instytut Mechaniczny i Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Częstochowskiej

Na podstawie opracowanych programów komputerowych przeprowadzono obliczenia numeryczne krzepnięcia odlewów cienkościennych w formach piaskowych. Otrzymane pola temperatur i kinetyki krzepnięcia posłużyły następnie do obliczenia naprężeń w krzepnących i stygnących odlewach. W trakcie obliczeń krzepnięcia określono równocześnie rozkład wielkości ziarn w odlewach. Na podsta-

wie proponowanego modelu pękania wykonano program komputerowy służący do analizy pękania odlewów cienkościennych. Przeprowadzono porównawczą analizę pękania, w której wykorzystano wyniki badań doświadczalnych rozciągania stopów odlewniczych w wysokich temperaturach (w zakresie temperatur likwidus-solidus).

#### Zadanie 04.06/88

Krzepnięcie odlewów o budowie wieloskładnikowej w ujęciu teorii mieszanin

prof. dr hab. inż. Ryszard Parkitny

Instytut Mechaniczny i Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Częstochowskiej

Wychodząc od rozważań termodynamiki fenomenologicznej mieszanin dokonano opisu zjawisk towarzyszących procesowi krzepnięcia mieszaniny wieloskładnikowej oraz mieszaniny dwuskładnikowej. Wprowadzono równania różniczkowe opisujące proces krzepnięcia odlewów składających się z więcej niż dwóch składników. Podano oszacowania wpływu niektórych parametrów na postać równań różniczkowych opisujących proces krzepnięcia mieszaniny oraz stopów dwu i wieloskładnikowych.

#### Zadanie 04.07/88

Analiza wpływu parametrów termofizycznych i termomechanicznych materiału wlewnic dwuwarstwowych na pole temperatur i stan naprężenia wlewka i wlewnicy

prof. dr hab. inż. Ryszard Parkitny

Instytut Mechaniczny i Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Częstochowskiej

W pracy zebrano obszerne dane literaturowe dotyczące właściwości wlewnicowych tworzyw w podwyższonych i wysokich temperaturach. Dokonano numerycznej analizy wpływu ważniejszych parametrów termofizycznych i termomechanicznych wlewnic na pole temperatur i stan naprężenia wlewka i wlewnicy. Sformułowano ogólne zalecenia dotyczące doboru tworzyw wlewnicowych.

#### Zadanie 04.09/88

Modelowanie procesu tworzenia się struktury dendrytycznej i objętościowej

cz. I

mgr Włodzimierz Stefaniak

Instytut Podstaw Metalurgii PAN w Krakowie

Opisano model fizyczny procesu krzepnięcia ujmujący tworzenie się struktury dendrytycznej. Na podstawie tego opisu fizycznego opracowano model numeryczny rozwiązania zadania i program DENDRYT dla symulacji krzepnięcia metali czystych. Przy stosowaniu modelu można badać kształt frontu krystalizacji,

jego niestabilność i tworzenie się struktury dendrytycznej. Symulację tę można wykonać za pomocą programu DENDRYT.

#### Zadanie 04.10/88

Badanie modelowe zjawisk i badanie na materiale rzeczywistym

prof. dr hab. inż. Jerzy Piaskowski

Instytut Odlewnictwa w Krakowie

W pracy przedstawiono algorytm obliczeń wyznaczenia pól naprężeń i odkształceń w obszarach sprężysto-plastycznych według metody elementów skończonych. Podano zebrane wyniki badań doświadczalnych umożliwiające wykonanie obliczeń zgodnie z powyższym algorytmem.

#### Zadanie 04.11/88

Opracowanie programów typu CAD do projektowania technologii odlewniczych

prof. dr hab. inż. Bohdan Mochnacki

Instytut Mechaniki Teoretycznej Politechniki Śląskiej

Opracowano program komputerowy wykorzystujący metody symulacji numerycznej procesów krzepnięcia do analizy oddziaływania ochładzalników na przebieg procesów cieplnych w obszarze ścianki odlewu. Opracowany program jest do tego stopnia zautomatyzowany, że może być wykorzystywany przez programistów do obliczeń związanych z projektowaniem odlewów.

#### Zadanie 04.13/88

Opis procesu krystalizacji nie mieszających się cieczy metalowych

dr inż. Zbigniew Konopka

Katedra Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej

Przedstawiono dokładny model tworzenia emulsji metalowych w procesie mieszania. Wykonano szczegółową analizę otrzymanego modelu matematycznego. Przedstawiono założenia do rozwiązania modelu i rozwiązano go. Z rozwiązania określono parametry otrzymywania emulsji metalowej Al-Pb. Przedstawiono opis i założenia do przedstawienia modelu krystalizacji tego typu emulsji.

#### Zadanie 04.14/88

Badanie pól temperatury w odlewach

doc. dr hab. inż. Józef Suchy

Instytut Techn. Bezwiórowych Politechniki Warszawskiej

Realizacja zadania odwrotnego krzepnięcia i stygnięcia odlewu, odtwarzającego warunki brzegowe układu z wykorzystaniem danych eksperymentalnych na temat pola temperatury w badanych obiekcie. Skonstruowano układ eksperymental-

ny oparty na mikrokomputerowym systemie zbierania rejestracji i obróbki danych. Wykonano serię eksperymentów symulacyjnych.

#### Zadanie 04.15/88

Metody specjalne numerycznej analizy krzepnięcia odlewów

prof. dr hab. inż. Bohdan Mochnacki

Instytut Mechaniki Teoretycznej Politechniki Śląskiej

Temat podjęto w 1988 r. Zadanie dotyczy wykorzystania tzw. R-funkcji (funkcja Rwaczewa) do obliczeń procesów krzepnięcia i stygnięcia złożonych geometrycznie odlewów. Omówiono struktury rozwiązań podstawowych typów zadań brzegowych dla równań eliptycznych rzędu II, tzn. równań opisujących stacjonarne pola temperatury w pewnych obszarach przestrzennych.

#### Grupa 5

#### Zadanie 05.01/88

Badania nad wpływem procesów modyfikacji na własności mechaniczne i zmiany wymiarowe odlewów ze stopów Al-Si wywoływane obróbką cieplną

prof. dr hab. inż. Zdzisław Poniewierski

Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej

Przedstawiono metodę, która umożliwia łatwe wykrycie i eliminację przyczyn uzyskiwania niskiej jakości odlewów wykonanych ze stopów AlSi7Mg.

Wytypowano optymalne procesy modyfikacji stopu i parametry obróbki cieplnej odlewów, wytwarzanych z siluminów podeutektycznych AK7 i AK53, pod względem ich własności mechanicznych oraz stabilności wymiarowej.

Wykazano, iż eksploatacja odlewów z wyżej wymienionych stopów przy temperaturze rzędu 100°C nie zagraża utratą stabilności wymiarowej, wynikającą z procesów wydzieleniowych, natomiast niebezpieczeństwo takie istnieje w warunkach nagrzewania się do temperatur rzędu 170-220°C.

#### Zadanie 05.02/88

Wykonanie prototypowej kokili zamrożonej przez rozprężenie gazowego bezwodnika węglowego i próby doświadczalne odlewania

prof. dr inż. Paweł Murza-Mucha

Instytut Techniki Bezwiórowej Politechniki Warszawskiej

Wykonano kokilę przystosowaną do zamrażania ciekłym czynnikiem. Przeprowadzono badania nad zamrażaniem kokili za pomocą płynu Borygo i spirytusu denaturowego. W zamrożonej kokili wykonano odlewy ze stopów Al-Si wykazujące podwyższone właściwości mechaniczne bezpośrednio po odlaniu.

Stwierdzono, że odlewanie stopów aluminium w kokili zamrożonej powoduje duże rozdrobnienie struktury odlewu sięgające na głębokość 7 mm oraz wyraźne zwiększenie gęstości dyslokacji.

#### Zadanie 05.03/88

Analiza termiczna i rozmieszczenie składników stopowych w strukturze stopu AC11 oraz określenie właściwości mechanicznych i technologicznych tego stopu  
doc. dr inż. Przemysław Wasilewski

Instytut Technologiczno-Samochodowy Politechniki Łódzkiej, Filia w Bielsku-Białej

W pracy przeprowadzono badania literaturowe dotyczące stosowania w wysoko rozwiniętych krajach stopów systemu Al-Zn-Si.

Zbadano metodą analizy DTA efekty cieplne, zachodzące w stopie Al-Zn-Si podczas jego krzepnięcia. Za pomocą mikroanalizatora rentgenowskiego określono rozkład podstawowych pierwiastków stopowych w strukturze.

Określono właściwości mechaniczne stopu AC1 odlewane do kokil (wytrzymałość  $R_m$ , wydłużenie  $A_5$ , twardość HB, udarność KCV) oraz jego przewodność elektryczną i właściwości technologiczne.

#### Zadanie 05.05/88

Badania warunków stabilności frontu krzepnięcia odlewów ze stopu cynku  
dr inż. Adam Micker

Instytut Budowy Maszyn WSI w Opolu

W pracy wykonano wstępne badania nad określeniem warunków stabilności frontu krystalizacji odlewów ze stopów cynku. Przeprowadzono badania za pomocą DTA, ATD, a także określono rodzaje występujących frontów w warunkach kierunkowej krystalizacji.

#### Zadanie 05.06/88

Badanie mechanizmu i kinetyki rozpadu przechłodzonej fazy  $\alpha'$  w stopie ZnAl<sub>22</sub>Ce<sub>0,5</sub>

dr inż. Andrzej Namysło

Instytut Budowy Maszyn WSI w Opolu

Opracowano technologię wykonywania zaprawy Zn-Ce, uzyskano stop ZnAl<sub>21</sub>Ce<sub>0,47</sub>. Zbadano przebieg rozpadu przechłodzonej fazy w stopie ZnAl<sub>21</sub> z dodatkiem i bez dodatku ceru. Stopy przeznaczone do badań wcześniej poddano wyżarzaniu ujednorodniającemu i przesycaaniu.

**Zadanie 05.07/88**

Kinetyka krystalizacji wtrónej w odlewniczych stopach cynku

doc. dr inż, Mieczysław Tokarski

Instytut Budowy Maszyn WSI w Opolu

Określono kinetykę przemian fazowych w stopach Zn-Al i Zn-Al-Cu. Stwierdzono, że nagrzewanie przyspieszone i utwardzenie dyspersyjne stopów Zn-Al-Cu może spowodować uzyskanie właściwości mechanicznych porównywalnych z właściwościami niskomiedziowymi mosiądzów odlewniczych.

**Zadanie 05.08/88**

Struktura i własności prasowanych stopów miedzi

doc. ur inż. Barbara Wierzbicka

Katedra Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej

Rozpoznano możliwości uzyskiwania odlewów ze stopów miedzi prasowanych w stanie ciekłym. Badano stopy techniczne: B10, B555, MA5B, M059. Uzyskano wiele informacji o oddziaływaniu podwyższonego ciśnienia na strukturę stopów miedzi oraz czystej miedzi.

**Zadanie 05.09/88**

Filtracja stopów metodą in mould na ceramicznych filtrach aktywnych. Filtracja stopów metodą ONC na filtrach aktywnych - badanie żywotności modyfikacyjnej filtrów

doc. dr inż. Zbigniew Sitkowski

Katedra Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej

Przeprowadzono badania nad procesem filtracji stopów Al-Si metodą in mould oraz badanie żywotności wkładu filtracyjnego w warunkach technologii ONC. Badania uzupełniono opracowaniem literaturowym zagadnienia filtracji stopów w formie oraz komputerowym programem FIMO dla zastosowań przemysłowych.

**Zadanie 05.10/88**

Określenie jednostkowej produkcji entropii dla zorientowanego wzrostu eutektyk przy uwzględnieniu dyfuzji w fazie ciekłej

prof. dr hab. inż. Ryszard Ciach

Instytut Podstaw Metalurgii PAN w Krakowie

Praca zawiera matematyczne wyprowadzenie jednostkowej produkcji entropii z drugiej zasady termodynamiki dla stacjonarnego procesu krystalizacji zorientowanej eutektyk. Podane równanie ma charakter uniwersalny i może służyć do opracowania modeli wzrostu eutektyk regularnych o strukturze płytkowej, eutektyk regularnych o strukturze włóknistej oraz eutektyk nieregularnych. Propo-

nowane równanie oparte jest na definicji gradientu potencjału chemicznego określonego na podstawie teorii Krupkowskiego.

#### Zadanie 05.11/88

Występowanie równowagowego roztworu stałego w szybko krzepnących wybranych stopach podwójnych

prof. dr hab. inż. Ryszard Ciach

Instytut Podstaw Metalurgii PAN w Krakowie

W pracy na podstawie krzywych studzenia z różniczkowej analizy termicznej oraz rentgenowskiej analizy fazowej stopów AlSi, o zawartości Si 1-15% ciężaru, określono zakres występowania nierównowagowego roztworu stałego w zależności od szybkości chłodzenia tych stopów. Badania mikrostrukturalne (mikroskop optyczny, mikrosonda rentgenowska, mikroskop elektronowy) zobrazowały kształtowanie się struktury tych stopów w zależności od warunków chłodzenia.

#### Zadanie 05.12/88

Badania nad zwiększeniem trwałości efektów modyfikacji stopów miedzi

doc. dr hab. inż. Ferdynand Romankiewicz

Instytut Technologii Maszyn WSI w Zielonej Górze

Przeprowadzone na przykładzie brązu CuSn4Zn7Pb6 badania wykazały, że wstępne odtlenianie stopu mikrodotądkiem magnezu w ilości 0,04% istotnie zwiększa trwałość efektów modyfikacji brązu cyrkonem w ilości 0,08%. Użycie wraz z cyrkonem mikrodotadków fosforu i żelaza po 0,06% zwiększa 2-4 krotnie trwałość efektów modyfikacji stopu w czasie, przy równoczesnym 25% obniżeniu dodatku cyrkonu.

#### Zadanie 05.13/88

Określenie wpływu dodatków stopowych i struktury na właściwości mechaniczne i trybologiczne wybranych stopów Cu-Zn z krzemem i manganem

doc. dr inż. Janusz Pacałowski

Instytut Mech. Konstr. Politechniki Łódzkiej, Filia w Bielsku-Białej

Na podstawie analiz bibliograficznych i wyników badań II etapu określono obszar stopów o zawartości (55-70%) Cu; (0-3%) Al z manganem (2,2-4-6%) i krzemem (0,58-2,5%).

Dla wytypowanych stopów przeprowadzono badania metalograficzne, strukturalne, ustalające morfologię i topografię oraz właściwości mechaniczne i trybologiczne dla odlewów piaskowych i kokilowych. Określono metodą rentgenowskiej analizy strukturalnej rodzaj faz występujących w stopach ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  i  $Mn_5Si_3$ ).



**Grupa 6****Temat 06.01**

Symulacja krystalizacji odlewu ze stopu perytektycznego

dr inż. Wojciech Kapturkiewicz

ITiMO Zakład Odlewnictwa AGH-Kraków

Opracowano model dyfuzji składników w krzepnącej fazie dla warunków izotermicznych. Znane równanie pola dyfuzji uzupełniono warunkiem brzegowym na styku fazy krzepnącej i ciekłej. Opracowano model krystalizacji przedperytektycznej, uwzględniając dyfuzję składnika w krzepnącej fazie w sprzężeniu z modelem krystalizacji ujmującym przewodzenie ciepła, wzrost kryształu, zmianę temperatury równowagowej spowodowaną współczynnikiem rozdziału i polem dyfuzji.

**Temat 06.02**

Numeryczne i doświadczalne badania wpływu intensywności chłodzenia na przebieg

funkcji źródła ciepła krystalizacji pierwotnej zeliwa

dr inż. Ryszard Skoczyński

ITiMO Zakład Odlewnictwa AGH-Kraków

Opracowano model matematyczny i algorytm obliczeniowy procesów wymiany ciepła odlew-kokila intensywnie chłodzona oraz nierównowagowej krystalizacji zeliwa podeutektycznego. Przeprowadzono pomiary temperatury w żeliwnych odlewach krzepnących w cienkościennych kokili intensywnie chłodzonej wodą. Model krystalizacji uwzględnia zarodkowanie i wzrost trzech faz, a model wymiany ciepła uwzględnia zmienność właściwości termofizycznych ze stanem skupienia i temperaturą oraz obecność zmiennej w czasie szczeliny skurczowej. Przeprowadzono komputerową symulację krzepnięcia odlewów płyt; wyniki obliczeń zweryfikowano na podstawie badań eksperymentalnych.

**Temat 06.03**

Zagadnienie ilości fazy stałej wydzielonej w procesie równowagowej pierwotnej krystalizacji stopów

prof. dr hab. inż. Władysław Longa

ITiMO Zakład Odlewnictwa AGH-Kraków

Sformułowano zasady konstruowania modeli scalonych procesu krystalizacji odlewów i badania ich zasadności w odniesieniu do układu eksperymentu. Wprowadzono równania do obliczenia objętości wydzielających się faz w procesie krystalizacji odlewów dla przypadków, gdy fazy wydzielają się kolejno po sobie oraz równocześnie. Wyjaśniono także sporne poglądy dotyczące równania A.N. Kołnogorowa.

**Temat 06.04**

Analiza wpływu wielkości ziarna i charakteru wydzielań międzydentrytycznych na tworzenie pęknięć na gorąco

dr inż. Ireneusz Telejko

ITI MO Zakład Odlewnictwa AGH-Kraków

Założono, że głównym parametrem decydującym o skłonności stopów do pęknięć jest naprężenie krytyczne, którego wartość zależy przede wszystkim od długości zarodka pęknięcia. Wykorzystując symulację procesu krzepnięcia obliczono zmianę długości zarodka pęknięcia dla różnych zawartości siarki, temperatury odlewania stali, współczynników akumulacji ciepła masy formierskiej. Stwierdzono, że proponowany w literaturze sposób określania temperatury końca zakresu powstawania pęknięć na gorąco, może prowadzić do znacznych błędów.

**Temat 06.05**

Wpływ węglików na własności staliwa chromowego

doc. dr hab. inż. Jan Głownia

ITI MO Zakład Odlewnictwa AGH-Kraków

Zbadano parametry wytrzymałościowe staliwa LH18N9 i LH28M po modyfikacji Ti, V i Nb. Właściwości te scharakteryzowano zarówno stopniem rozdrobnienia struktury, jak i końcową zawartością wprowadzanych modyfikatorów. Kontynuowano badania nad oceną stopnia zmodyfikowania struktury za pomocą analizy termicznej. Istotnym wynikiem omawianych badań jest odwrotna zależność Hala-Petcha dla staliwa LH18N9, to znaczy, że granica plastyczności jest odwrotnie proporcjonalna do średnicy pierwotnych ziarn.

**Temat 06.07**

Wpływ dodatków stopowych i warunków krzepnięcia na strukturę i właściwości odlewów z wysoko wytrzymałych stopów opartych na układzie Al-Cu

dr inż. Leopold Staszczak

ITI MO Zakład Odlewnictwa AGH-Kraków

Zbadano wpływ żelaza na efekty przesycania i starzenia oraz niektóre właściwości technologiczne stopów AlCu4. Określono wpływ Mn, Ni, Be, S, Ti, Zr, Se i Sn oraz łącznego dodatku Ag, Be i Ti na strukturę pierwotną i właściwości mechaniczne utwardzanych dyspersyjnie odlewów kokilowych ze stopu AlCu5 zanieczyszczonego żelaza i krzemu.

Uzyskano ilościowe dane dotyczące roli żelaza w procesach zachodzących podczas przesycania badanych stopów; istnieje możliwość zmiany morfologii faz żelazowych poprzez wyprowadzenie niektórych pierwiastków. Uzyskano także dane o wpływie różnych pierwiastków na właściwości mechaniczne stopów zanieczyszczonych żelazem i krzemem.

**Temat 06.08**

Wpływ cyklicznego wygrzewania odlewów z żeliwa na zmianę wymiarów liniowych

doc. dr hab. inż. Adam Kosowski

ITiMO Zakład Odlewnictwa AGH-Kraków

W realizowanym etapie badań zachowania się żeliwa w wysokiej temperaturze zbadano wpływ cyklicznych zmian temperatury podczas wygrzewania odlewów, który to zabieg jest ostatnio stosowany celem skrócenia czasu zabiegów cieplnych. Przeprowadzone badania wykazały, że cykle cieplne wpływają na kinetykę procesów zachodzących w strukturze stopu podczas wygrzewania w wysokiej temperaturze, a tym samym na zmianę wymiarów liniowych odlewu.