

WPLYW CZYNNIKÓW TECHNOLOGICZNYCH NA JAKOŚĆ ODLEWÓW ZE STOPÓW ALUMINIUM

Słowa kluczowe:

zapewnienie jakości odlewom, odlewnicze stopy aluminium Al-Si, wady odlewów

1. Wstęp

Odlewy są stosowane w każdej z gałęzi przemysłu, a ich masa waha się od kilku gramów, aż do kilkudziesięciu ton w zależności od gabarytu odlewu i zastosowanego materiału wsadowego. Przykłady zastosowania odlewów możemy znaleźć w przemyśle maszynowym, motoryzacyjnym, energetycznym, a także w budownictwie, hutnictwie czy też w sprzętach gospodarstwa domowego.

Na proces produkcji odlewów, przy jednakowym zachowaniu wysokiej jakości gotowego odlewu, wpływa wiele czynników (temperatura zalewania ciekłego stopu, parametry układu wlewowego, tworzywo modelu i jego gęstość, powierzchnia styku modelu z ciekłym stopem). Nie wszystkie z nich mogą być kontrolowane w danej chwili, stąd też problem z całkowitym ustabilizowaniem procesu produkcji odlewu. Wymagania jakościowe odlewu określone są poprzez warunki techniczne odbioru. Powinny one odpowiadać rzeczywistym potrzebom technicznym.

Podstawowym aspektem wpływającym na wysoką jakość, a tym samym na konkurencyjność odlewu jest stwierdzenie, iż odlew jest wolny od wad [3, 4]. Wadą odlewu, zgodnie z normą PN-85/H-83105 *Odlewy – Podział i terminologia wad*, jest zmiana kształtu, jakości powierzchni surowej, naruszenie ciągłości oraz nieprawidłowość struktury wewnętrznej odlewu [11]. Wadliwy odlew zostaje odrzucony bądź poddany dodatkowym zabiegom, umożliwiającym tym samym jego dalszą eksploatację w cyklu produkcyjnym. Poprzez warunki techniczne określamy dalsze postępowanie z wadliwym odlewem. Wady odlewnicze występujące w procesie produkcyjnym można podzielić na:

- wady dopuszczalne;
- wady naprawialne;
- wady dyskwalifikujące odlew.

Stworzenie procesu produkcyjnego, który zapewniłby całkowitą eliminację wystąpienia wad jest praktycznie niemożliwe. Dlatego też odlewnie w swoich analizach techniczno-ekonomicznych zakładają pewien dopuszczalny procent wystąpienia wadliwych odlewów, który nie obniża ich rentowności. W zależności od asortymentu produkcji (materiału, stopnia jego skomplikowania, warunków technicznych odbioru, wyposażenia technologicznego i wielkości wytwarzanych serii) dopuszczalna ilość wadliwych odlewów nie powinna przekraczać 2-5% całkowitej produkcji. Wyjątkami dla dolnej granicy wadliwych odlewów są pozycje bezrdzeniowe produkowane na liniach automatycznych, gdzie wskaźnik ten nie powinien przekraczać 1% oraz średnie i duże odlewy jednostkowe lub małoseryjne,

gdzie dla konkretnych pozycji zadawalający jest poziom nieprzekraczający 7-10% braków [7, 13]. Jednakże niezależnie od poziomu wadliwości produkowanych odlewów, odlewy zabrakowane zawsze powodują zwiększanie kosztów produkcji, stąd dążenie do obniżenia ilości wad występujących w odlewach.

1.1. Odlewnicze stopy aluminium

Wśród obecnie stosowanych odlewniczych stopów aluminium do najbardziej powszechnych należą stopy aluminium z krzemem, w rozmaitych konfiguracjach z innymi dodatkami stopowymi. Stopy Al-Si są bardzo szeroko stosowane w różnych gałęziach przemysłu motoryzacyjnego, gospodarstwa domowego, precyzyjno-optycznego oraz w przemyśle lotniczym. Szerokie zastosowanie tych stopów determinowane jest ich bardzo dobrymi właściwościami fizycznymi i technicznymi. Siluminy te charakteryzują się małą gęstością, stosunkowo niską temperaturą topnienia, dobrym przewodnictwem cieplnym i elektrycznym oraz dobrymi właściwościami mechanicznymi. Ponadto stopy Al-Si cechują się dobrymi właściwościami odlewniczymi (dobra lejność, mały skurcz) oraz dobrą obrabialnością i znaczną odpornością korozyjną [1, 2]. Największą ich wadą jest jednak obecność dużych, kruchych kryształów krzemu w strukturze stopu, które znacznie obniżają właściwości mechaniczne oraz plastyczne. Z tego powodu konieczna jest modyfikacja struktury, m.in. sodem, tytanem, strontem itd. Zabieg ten zmienia morfologię wydzielań krzemu eutektycznego z dużych listew na znacznie drobniejsze płytki lub włókna, powodując tym samym polepszenie właściwości mechanicznych [5, 6, 8]. W zależności od rodzaju posiadanego siluminu, dobierany jest odpowiedni pierwiastek stopowy. Rozróżniamy trzy rodzaje siluminów:

- Podeutektyczne – zawartość krzemu $4 \div 10\%$;
- Eutektyczne – zawartość krzemu $10 \div 13\%$;
- Nadeutektyczne – zawartość krzemu $17 \div 30\%$.

Siluminy eutektyczne charakteryzują się najlepszymi właściwościami odlewniczymi, przez co nie posiadają skłonności do powstawania pęknięć na gorąco. Jednakże w tym przypadku bardzo ważną rolę odgrywa szybkość chłodzenia. Długi czas chłodzenia powoduje wydzielanie się fazy β , która jest niepożądana w strukturze stopu, ponieważ powoduje obniżenie właściwości mechanicznych stopu. W przypadku siluminów podeutektycznych faza β wydziela się w postaci igieł. Najczęściej modyfikowane są one solami, w postaci NaCl, NaF, w celu zmniejszenia temperatury przemiany eutektycznej. Dodatek Na przesuwają punkt eutektyczny ze stężenia 12,6% do 13%. Jako najefektywniejszy modyfikator stosuje się stront, niekiedy też antymon. Rozdrabniają one strukturę stopu, co skutkuje wzrostem R_m z 110 aż do 250 MPa oraz wzrostem A_5 z 1% do 8%.

W przypadku siluminów nadeutektycznych faza β wydzielana jest w postaci płytkowej. Siluminy te modyfikuje się poprzez dodatek fosforu, co powoduje powstanie dyspersyjnych cząstek AlP, stanowiących zarodki heterogeniczne podczas krystalizacji cząstek roztworu stałego β . Siluminy nadeutektyczne i eutektyczne ze względu na swoją wysoką żaroodporność stosowane są na tłoki silników spalinyowych. Siluminy podeutektyczne wykorzystywane są do pracy w wysokiej temperaturze, np. w przemyśle elektronicznym, oraz do pracy w wodzie morskiej [12].

2. Proces technologiczny wykonania odlewów

Proces technologiczny wykonania odlewów jest procesem złożonym, na który składa się wiele etapów, w wyniku których otrzymuje się w pełni wartościowy produkt w postaci odlewu. W trakcie uruchamiania nowego projektu procesu technologicznego, którego efektem jest uzyskanie odlewu o wymaganych parametrach użytkowych i jakościowych, przeprowadzana jest analiza i późniejsza weryfikacja optymalnych parametrów założeń technologicznych. Założenia technologiczne są ściśle powiązane z wymaganiami technicznymi, które przedstawione są we wszelkich dokumentach przesłanych przez klienta, tj. rysunków odlewów, rysunków części obrabianych, warunków technicznych odbioru oraz w innych dokumentach towarzyszących. Dokładna znajomość wymagań klienta, umożliwi zaprojektowanie technologii w sposób, który pozwoli na zminimalizowanie problemów podczas seryjnej produkcji. Analiza wymagań oparta jest przede wszystkim o aspekty związane z:

- dopuszczalnymi tolerancjami kształtu (geometrii) i wymiarów;
- jakością struktury wewnętrznej i powierzchni surowych odlewów;
- wymagań właściwości mechanicznych odlewów;
- wymagań właściwości użytkowych odlewów.

Wymienione wymagania muszą uwzględniać wszystkie etapy procesu produkcji odlewów począwszy od strony metalurgicznej, poprzez technologię formy, obróbkę poodlewniczą, system kontroli aż po gotowy półwyrob.

2.1. Zapewnienie jakości gotowym odlewom

Do głównych etapów wpływających na jakość odlewów podczas procesu produkcji zalicza się:

- dobór składu chemicznego;
- właściwy dobór technologii formy i rdzenia;
- przygotowanie, topienie i uszlachetnianie ciekłego stopu (modyfikatory);
- przeprowadzenie obróbki poodlewniczej, tj. obróbka cieplna, obróbka wykańczająca (zaczyszczanie, polerowanie, śrutowanie) powierzchni surowej odlewów, operacje kontrolne i odbiorcze;
- kontrolę jakości gotowego produktu.

W celu minimalizacji wad odlewniczych w procesie opracowywania technologii odlewania stosuje się wspomaganie komputerowymi metodami projektowania [7]. Jednakże zawsze należy mieć na uwadze to, że jak sama nazwa wskazuje, wszystkie istniejące programy komputerowe służą jedynie wspomaganie projektowania wszystkich etapów wytwarzania odlewu i nie zastąpią w pełni konstruktora,

technologa czy metalurga. Nawet niewielkie odchylenia od założonych (rzeczywistych) parametrów technologicznych mogą wprowadzić przekłamanie w wynikach symulacji komputerowej poszczególnych etapów wytwarzania. Stwierdza się, że 1/4 przyczyn powstawania braków wpływa na 2/3 skutków ich powstawania, czyli jedna przyczyna może wywołać kilka różnych braków [3].

W przypadku wystąpienia wady odlewniczej konieczne jest przeprowadzenie analizy związanej z klasyfikacją wady oraz w celu określenia przyczyny jej wystąpienia. Prawidłowe postępowanie przy analizie wad odlewów przedstawiono poniżej:

- 1/ Ustalenie rodzaju wady – identyfikacja i nazwanie wady zgodnie z normą PN-85/H-83105.
- 2/ Wytypowanie kilku najbardziej prawdopodobnych przyczyn. Celem określenia przyczyn występowania wad odlewniczych stosowane są różne metody analityczne. Co raz częściej stosuje się metody polegające na wyodrębnianiu przyczyn powstawania wad w zależności od charakteru czynnika mogącego wpływać na wady (6M, lub 6M+E). Czynniki te to [9, 10]:
 - MANPOWER (czynnik ludzki);
 - MACHINE (wykorzystanie maszyny);
 - MATERIAL (wykorzystanie materiałów i tworzyw);
 - METHOD (metoda wytwarzania);
 - MEASUREMENT (sposób pomiaru);
 - MANAGEMENT (kierowanie, zarządzanie);
 - ENVIRONMENT (czynniki środowiskowe- otoczenie).
- 3/ Działania korygujące i naprawcze.

2.2. Główne wady odlewnicze występujące w stopach Al-Si

Główne wady odlewu powstające w trakcie procesu produkcji możemy podzielić na [4]:

- a) Wady kształtu
(uszkodzenia mechaniczne, niedolewy, guzy, zalewki, przestawienia, wypchnięcia, wypaczenia),
- b) Wady powierzchni surowej
(chropowatości, pęcherze zewnętrzne, korniki, ospowatości, nakłucia, obciążnięcia, fałdy, strupy, blizny, rakowatości, wgniecenia, zanieczyszczenia, spalania, zatarcia, nadtopienia, skóry słonia, pocenia, naloty kwieciste, wżarcia, żyłki, przypalenia, zaprószczenia, utlenienia, skorupy),
- c) Przerwy ciągłości
(pęknięcia na gorąco, pęknięcia na zimno, naderwania, pęknięcia żarzeniowe, pęknięcia międzykrystaliczne),
- d) Wady wewnętrzne
(pęcherze, porowatości, jamy skurczowe, rzadziny, zażużlenia, zapiaszczenia, zimne krople, obce metale, segregacje, gruboziarnistości, niejednorodności).

3. Wpływ czynników technologicznych na jakość odlewów

Układy wlewowe stosowane w odlewnictwie stopów aluminium są układami otwartymi, tzn. każdy następny przekrój w układzie jest większy od swojego poprzednika. Takie rozwiązanie umożliwia stopniowe zmniejszanie szybkości płynięcia strugi ciekłego stopu, a dodatkowo zabiegi

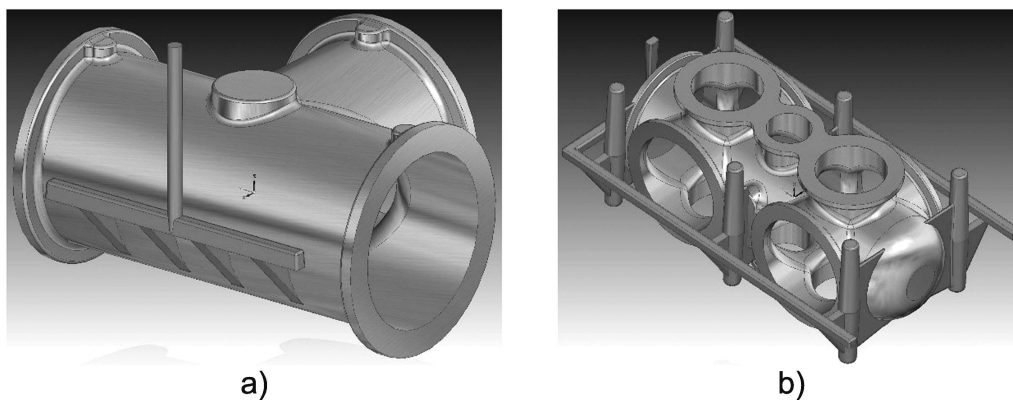
związane z filtracją (filtry ceramiczne, siatki stalowe) i „łamaniami” poszczególnych belek rozprowadzających pod różnymi kątami skutecznie wyhamowuje szybkość zalewania. Szybkość wypełniania wnęki formy jest bardzo istotna, gdyż nadmierna szybkość strugi ciekłego stopu powoduje różnego rodzaju turbulencje i zawirowania, które w efekcie końcowym powodują powstawanie wtrąceń pochodzenia wtórnego. Przekroczenie krytycznej szybkości prowadzi również do zjawiska rozbijania głównej (zwartej, jednolitej) strugi ciekłego stopu na mniejsze („języki”, krople), które są znacznie bardziej podatne na zjawisko utleniania. Sama konstrukcja układu wlewowego nie jest gwarantem uzyskania dobrych wyników jakościowych, równie ważnym jest miejsce i sposób doprowadzenia ciekłego stopu do odlewu (rys. 1). Oprócz laminarnego rozprowadzania ciekłego stopu, układy wlewowe powinny zapewniać jak najmniejszy gradient temperatury ciekłego stopu w różnych obszarach formy. Lokalne przegrzania wywołane nieodpowiednim przekrojem wlewów, punktowym doprowadzaniem, sprzyjają powstawaniu mikroporowatości skurczowej, rozrostowi ziarna w procesie krzepnięcia, a to z kolei prowadzi do obniżenia właściwości mechanicznych i użytkowych. W przypadku nadmiernego przechłodzenia strugi z powodu długich dróg płynięcia ciekłego stopu występują problemy z niedolewami, niespawami, porowatością skurczową wynikającą z niskiej temperatury wpływania ciekłego stopu do wnęk zasilaczy. Zagrożenia te powiązane są z odlewami wielkogabarytowymi złożonymi z wielu brył elementarnych, których długości sięgają nawet powyżej

2000 mm. Układy technologiczne w takich przypadkach (rys. 1b) składają się z wielu elementów dodatkowych, które będą mogły w sposób powtarzalny zapewniać prawidłowy przebieg procesów wypełniania i krzepnięcia odlewów w formach piaskowych. Konstrukcje układów technologicznych muszą zapewniać laminarne wypełnianie wnęki formy w miejscach doprowadzenia ciekłego stopu, niejednokrotnie wielopunktowego w celu uzyskania równomiernego rozkładu temperatury.

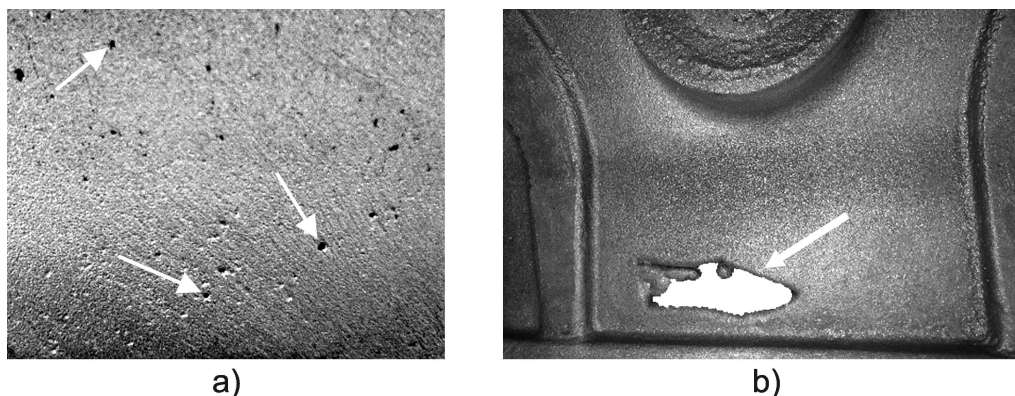
Podczas wypełniania formy czoło strugi sukcesywnie wynosi powietrze na zewnątrz formy poprzez inne elementy układów technologicznych (odpowietrzenia, wnęki odlewów). Ten efekt zapobiega zamykaniu w „pułapki” porcji powietrza, w wyniku czego mogą występować takie wady jak: pęcherze, niespawy, niedolewy, porowatość gazowa, wtrącenia niemetaliczne itp. (rys. 2).

Nieodpowiedni dobór materiałów, np. otulin, ochładzalników, i ich niewłaściwe umiejscowienie prowadzi do powstawania porowatości skurczowej, a w skrajnych przypadkach skupionych rzadzisz oraz jam skurczowych (rys. 3).

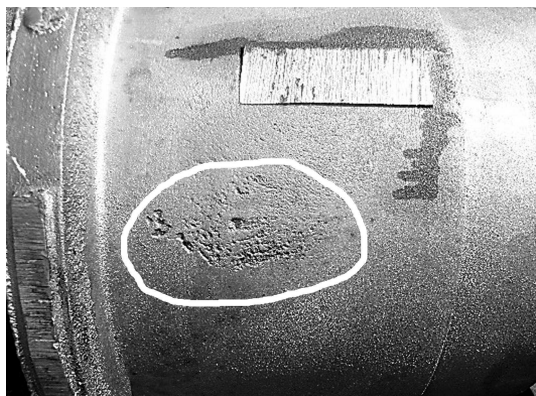
Nawet w przypadku poprawnej geometrii i właściwie dobranych przekrojów układu wlewowego, może dochodzić do takiej sytuacji, w której nieodpowiednie miejsce doprowadzenia strugi ciekłego stopu do odlewu spowoduje zaburzenie przepływu laminarnego. Zdarzają się przypadki, w których pomimo optymalnego doprowadzenia ciekłego stopu z prędkością niższą od krytycznej sama konstrukcja odlewu, np. zmienna grubość ścianek, węzły cieplne, żebra, może powodować lokalne przyspieszenie strugi ciekłego



Rys. 1. Przykładowe rozwiązania układów wlewowych: a) prowadzenie ciekłego stopu wlewami szczelinowymi w obszary dolne odlewu, b) doprowadzenia szczelinowe dwustronne w kołnierze boczne i w ścianki odlewu



Rys. 2. Przykładowe wady odlewnicze: a) nakłucia na powierzchni surowej odlewu powstałe poprzez usunięcie wtrąceń tlenkowych w operacji śrutowania, b) niedolew na ścianie odlewu

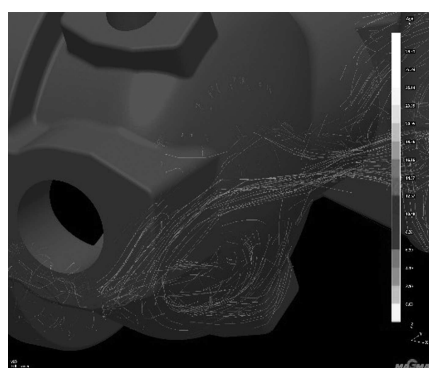


Rys. 3. Wady odlewnicze typu skurczowego: rozległe rzadziny na powierzchni odlewu

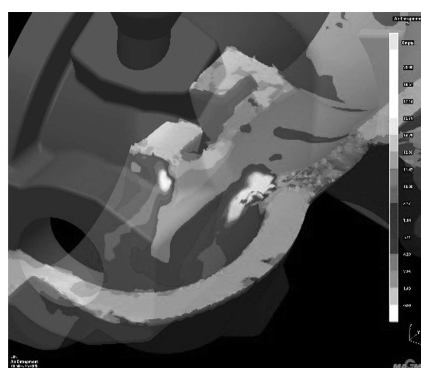
stopu i być powodem powstawania wad odlewniczych. Dlatego analizując możliwe rozwiązania układów technologicznych, które będą odpowiednim wyborem dla konkretnej geometrii odlewu, należy brać pod uwagę kombinację wlewów rozprowadzających i doprowadzających z elementami filtracji wraz z odpowiednim miejscem ich doprowadzania do wnętrza odlewu (rys. 4). Proces krzepnięcia odlewów o zmiennej grubości ścianki jest procesem złożonym, dlatego na etapie opracowywania technologii należy uwzględnić zjawiska związane z ewen-

tualnym formowaniem się obszarów odlewu charakteryzujących się nadmiernym przegrzaniem lub nadmiernym przechłodzeniem ciekłego stopu. Przykładowe rozwiązanie odpowiedniego rozmieszczenia elementów chłodzących zasilających i odpowietrzających przedstawiono na rysunku 5. Obszary węzłów cieplnych o dużych powierzchniach (kołnierze), które trudno zasilić lub ich zasilenie może powodować powstawanie porowatości skurczowej (odkrywanej w późniejszej obróbce mechanicznej), powinny być mocno przechładzane poprzez stosowanie ochładzalników o odpowiedniej grubości, wykonanych z odpowiedniego materiału (żeliwo, aluminium, stal). W przypadku mniejszych węzłów cieplnych (lokalne pogrubienia ścian, żebra), poprawnie przebiegający proces krzepnięcia zapewnia się poprzez umieszczanie standardowych nadlewów zasilających (w masie formierskiej) lub nadlewów w specjalnych otulinach izotermicznych. Ważnym elementem każdej formy piaskowej jest system odpowietrzania, który odpowiada za usunięcie gazów poreakcyjnych z formy, powstających na skutek zgazowania przez ciekły stop składników masy formierskiej (rys. 6).

Równie ważnym elementem wpływającym na jakość wykonywanych odlewów jest rodzaj i skład chemiczny masy formierskiej. Właściwości masy formierskiej wpływają na opór formy, wytrzymałość, gazotwórczość, przepuszczalność. Również sposób przygotowania formy w zakresie

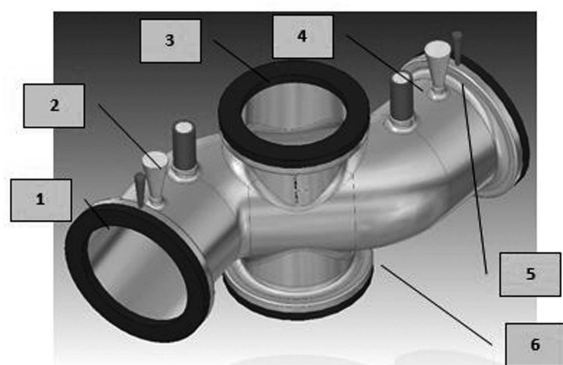


a)

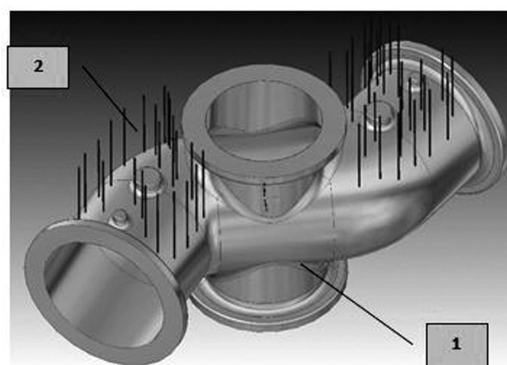


b)

Rys. 4. Przykładowa symulacja wypełniania wnętrza odlewu w programie MAGMASOFT:
a) wektory zalewania z widocznymi obszarami turbulencji strugi ciekłego metalu,
b) zawartość powietrza w ciekłym stopie wynikająca z zasysania przez elementy układu wlewowego

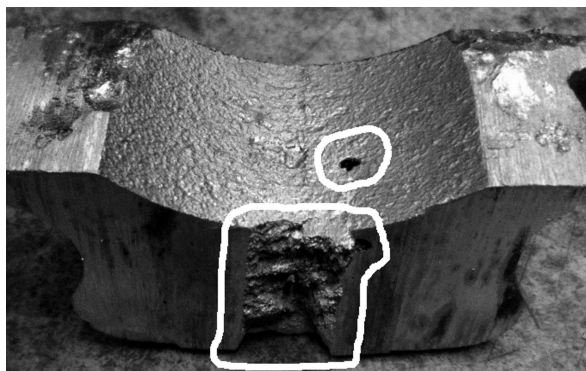


a)



b)

Rys. 5. a) Przykładowy system zasilania i chłodzenia odlewu: 1 – odlew; 2 – ochładzalniki żeliwne; 3 – otuliny izotermiczne; 4 – nadlewy w otulinie izotermicznej; 5 – nadlewy standardowe; 6 – przelewy.
b) przykładowy system odpowietrzania formy odlewu: 1 – odlew; 2 – siatka odpowietrzania wykonana w formie piaskowej



Rys. 6. Przykładowy wycinek odlewu z penetracją gazów poreakcyjnych

odpowiedniego zagęszczania masy formierskiej ma odzwierciedlenie w jakości wykonywanych odlewów. W przypadku dużego stopnia zagęszczenia formy zmniejsza się współczynnik przepuszczalności własnej masy formierskiej z równoczesną poprawą szybkości odprowadzenia ciepła z jednostki powierzchni (mała ilość pustek i kanałów pomiędzy strukturą masy formierskiej). Natomiast lokalne niedogęszczenia z jednej strony mogą powodować bardzo dobry naturalny system kanałów odpowietrzających (poprawienie przepuszczalności masy formierskiej), jednakże z drugiej strony mogą powodować znaczne spowolnienie szybkości odprowadzania ciepła w czasie krzepnięcia odlewu. Odpowiednia technologia wykonania mas i formy wiąże się z wyeliminowaniem innego typu wad odlewniczych, np. takich jak przypalenia, przywarcia, naderwania, erozja materiału formy, które powiązane są z powstawaniem wad powierzchniowych (rys. 7).

Oprócz zabiegów dotyczących konstrukcji układów wlewowych, wady pochodzące od masy formierskiej są minimalizowane poprzez stosowanie dodatkowych materiałów pokrycia powierzchni wnek formy (pokrycia wodne, alkoholowe). Wpływają one na poprawę jakości powierzchni zewnętrznej odlewów, ograniczają emisyjność gazów poreakcyjnych w procesie zalewania i krzepnięcia odlewu (ograniczenie bezpośredniego styku ciekłego stopu ze składnikami zawartymi w masie formierskiej). Dodatkowo pokrycia te stanowią barierę dla powstających gazów.

W procesie krzepnięcia i późniejszego stygnięcia zachodzi zjawisko powstawania naprężeń wewnętrznych odlewu. Naprężenia wynikające z procesu krystalizacji, przy której z roztworu ciekłego w zakresie temperatury krzepnięcia wydzielają się różne fazy, mogą powodować poważne odkształcenia odlewu prowadzące niekiedy do propagacji pęknięć. Obecnie stosowane masy formierskie (chemoutwardzalne), są po utwardzeniu dość sztywne, mało podatne w procesie kurczenia się odlewu (krzepnięcie, stygnięcie), ale z drugiej strony charakteryzują się bardzo dobrym odwzorowaniem kształtu, poprzez wprowadzenie różnego rodzaju „wyszczuplenia” wewnątrz rdzeni, części formy. Większość tego typu naprężeń uwalnianych jest po wybicciu odlewu z formy oraz po odcięciu układów technologicznych. Dodatkowo wprowadza się naprężenia i tym samym deformacje kształtu podczas procesu obróbki cieplnej odlewu. W tym jednak przypadku można to zminimalizować stosując specjalną obróbkę odprężającą, specjalne przyrządy lub mechaniczny proces prostowania.

4. Podsumowanie

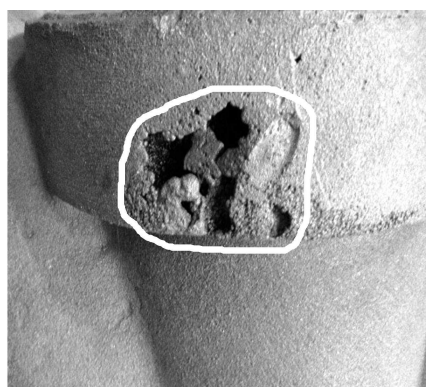
Zaprojektowanie technologii odlewniczej dla odlewów odlewanych ze stopów aluminium wymaga umiejętności powiązania ze sobą wielu zjawisk metalurgicznych i ich wpływu na późniejszy efekt jakościowy odlewu. Dlatego poszczególne etapy realizacji projektu, wymuszają przeprowadzenie dokładnej analizy zagrożeń, uwzględniającej wszystkie poszczególne etapy procesu produkcyjnego. Na podstawie takiej analizy wprowadza się zabezpieczenia, które wyeliminują lub zminimalizują występowanie czynników mających wpływ na powstawanie odchyłek mających w efekcie wpływ na właściwości użytkowe odlewów. Sposób takiego podejścia do opracowania technologii na etapie wdrażania pozwala na wyeliminowanie wielu problemów w późniejszej seryjnej produkcji odlewów.

Literatura:

- [1] Cais J., Weiss V., Svobodova J., *Relation between Porosity and Mechanical Properties of Al-Si Alloys Produced by Low- Pressure Casting*. “Archives of Foundry Engineering”, V14-S11 20, 2014, pp. 97-102.



a)



b)

Rys. 7. Przykładowe wady powierzchniowe: a) przywarcia masy formierskiej do powierzchni surowej odlewu, b) zaproszenie masą formierską powierzchni surowej odlewu

- [2] Davis J. R., *ASM handbook, ASM, Metals Park*. OH, 1990, pp. 123-151, 166-168.
- [3] Fałęcki Z., *Analiza wad odlewów*. WNT, Warszawa 1997.
- [4] Górny Z., Lech Z., *Odlewanie kokilowe stopów metali nieżelaznych*. WNT, Warszawa 1975.
- [5] Haro-Rodríguez S., Goytia-Reyes R. E., Dwivedi D. K., Baltazar-Hernández V. H., Flores-Zúñiga H., Pérez-López M. J., *On influence of Ti and Sr on microstructure, mechanical properties and quality index of cast eutectic Al-Si-Mg alloy*. "Materials and Design 32" 2011, pp. 1865-1871.
- [6] Hegde S., Prabhu K. N., *Modification of eutectic silicon in Al-Si alloys*. „J Mater Sci” 2008, pp. 3009-3027.
- [7] Kluska-Nawarecka S., *Metody komputerowe wspomagania diagnostyki wad odlewów*. Instytut Odlewnictwa, Kraków 1999.
- [8] Li J. H., Albu M., Ludwig T. H., Matsubara Y., Hofer F., Arnberg L., Tsunekawa Y., Schumacher P., *Modification of eutectic Si in Al-Si based alloys*. "Materials Science Forum", 2014, Vol. 794-796, pp. 130-136.
- [9] Łunarski J., *Zarządzanie jakością. Standardy i zasady*. WNT, Warszawa 2008.
- [10] Łybacki W., Zawadzka K., *Wspomaganie diagnostyki wad odlewów narzędziami zarządzania jakością*. „Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji”, Vol. 28 nr 1, 2008, s. 89-101.
- [11] PN-85/H-83105, *Odlewy – podział i terminologia wad*.
- [12] Romankiewicz R., Romankiewicz F., *Modyfikacja siluminu AlSi7*. „Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji”, 2004, nr 1, s. 181-187.
- [13] Władysław C., *Poradnik Inżyniera. Odlewnictwo*. WNT, Warszawa 1972.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE QUALITY OF ALUMINUM ALLOYS CASTINGS

Key words:

high quality casting, Al-Si foundry alloys, casting defects

Abstract:

To produce die-cast with high quality while maintaining the required performance affects many stages of the production process. These steps are dependent on each other and in the end of production process they decide on the competitiveness of manufactured elements. The main aspect affecting on the high quality and thus on the competitiveness of castings is finding that casting is free from defects. The great diversity of the disadvantages of the castings results from the technology of production casting, which is affected by a series of many technological operations, including: design and construction of the mold, technology of melting and casting molten metal into the mold and carrying out machining after casting.

Dr hab. Andrzej KIEŁBUS, prof. nzw. PŚI.

Mgr inż. Łukasz POLOCZEK

Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii

Politechnika Śląska

lukasz.poloczek@polsl.pl

andrzej.kielbus@polsl.pl