

## ĆWICZENIE 19

### Badanie wad odlewów

#### 1. Cel ćwiczenia

Zajęcia laboratoryjne mają za zadanie zapoznanie studentów z problematyką identyfikacji typowych wad odlewniczych, z mechanizmami i przyczynami ich powstawania oraz z metodyką zapobiegania powstawaniu wybranych wad.

Ćwiczenie będzie polegało na samodzielnej identyfikacji kilku wad odlewów, interpretacji czynników powodujących ich powstawanie oraz sprawdzeniu wykonanej w ćwiczeniu analizy przy użyciu systemu ekspertowego.

#### 2. Wprowadzenie

Zagadnienie jakości odlewów, w tym ich wadliwości, poprawności uzyskanych kształtów i wymiarów, jest związane m. in. z odpowiednimi właściwościami masy, z procesem przygotowania formy oraz z procesami przygotowania ciekłego metalu i zalewania. Technologia wytwarzania odlewów jest trudna, zależna od wielu czynników, z których nie wszystkie mogą być kontrolowane. Wymaganą jakość odlewów określają warunki techniczne ich odbioru, które stanowią również podstawę do uznania odlewu za wadliwy. Produkcja odlewów bez pewnej ilości odlewów wadliwych nie jest praktycznie możliwa. Przekroczenie ustalonej ilości braków jest sygnałem zmieniających się warunków produkcyjnych. Dla ustalenia przyczyn obserwowanych zmian a tym samym w celu zmniejszenia wadliwości odlewów kontroluje się parametry technologiczne poszczególnych procesów odlewniczych oraz rejestruje się ilość i rodzaj wad występujących w odlewni. Metodyka poprawy jakości odlewów obejmuje ustalenie rodzaju wady, identyfikację możliwych przyczyn jej powstawania oraz korektę określonych w ten sposób parametrów procesu. Określenie przyczyn powstawania wady jest zadaniem trudnym, zwłaszcza jeśli się weźmie pod uwagę, jak wielka liczba czynników może wpływać na powstawanie danej wady i jak duża jest różnorodność przyczyn. Należy pamiętać, że dana wada może powstawać w wyniku działania kilku przyczyn, jedna natomiast przyczyna może powodować wiele wad. Z pośród przyczyn mogących powodować powstawanie danej wady należy wybrać te, które są najbardziej prawdopodobne. Na ustabilizowanym procesie technologicznym, zmienia się kolejno każdą z nich aż do uzyskania dodatnich wyników.

Pomiędzy parametrami procesu a parametrami użytkowymi wyrobu (odlewu, formy) istnieją złożone i ukryte relacje trudne lub niemożliwe do wykrycia bez zastosowania narzędzi matematycznych. Bardzo często omówiona powyżej metodyka poprawy jakości odlewów jest wspomagana tego typu narzędziami, wśród których należy wymienić systemy ekspertowe lub systemy uczące się np. sztuczne sieci neuronowe.

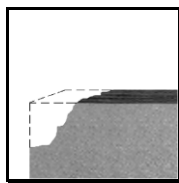
### 3. Klasyfikacja wad odlewów

Nazwę i klasyfikację wad podaje norma Polskiego Komitetu Normalizacyjnego PN-85/H-83105. Zgodnie z tą normą wadą odlewu nazywa się każde odchylenie wymiarów, masy, kształtu, wyglądu zewnętrznego, naruszenie ciągłości materiału, struktury oraz właściwości mechanicznych lub fizykochemicznych od obowiązujących wymagań. Norma dzieli wady na cztery grupy w zależności od miejsca ich występowania:

- grupa 1 — wady kształtu (na powierzchni zewnętrznej odlewu),
- grupa 2 — wady powierzchni surowej,
- grupa 3 — przerwy ciągłości,
- grupa 4 — wady wewnętrzne.

Kolejność grup jest zgodna z kolejnością operacji odbioru odlewu przez dział kontroli technicznej. Najpierw stwierdza się wady kształtu, następnie wady powierzchni surowej i przerwy ciągłości. Wady wewnętrzne wykrywa się w czasie badań nieniszczących i niszczących, głównie jednak w czasie obróbki odlewów skrawaniem.

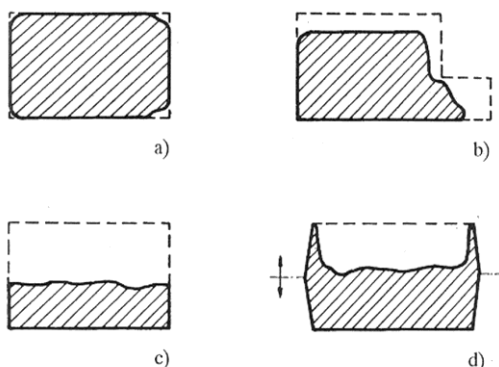
### 4. Omówienie wybranych wad odlewów



**Niedolew (W-102)**

#### Opis wady

Wada powstająca na skutek niepełnego wypełnienia formy odlewniczej ciekłym metalem. Odlew posiadający taką wadę charakteryzuje się nieostrym kształtem krawędzi brzegowych, niepełnym odtworzeniem lub brakiem pewnych elementów. Bardzo często są to części o najmniejszej grubości (np. żebra) lub położone najdalej od miejsca doprowadzenia metalu. Podstawową klasyfikację tej wady przedstawiono na rys.1.



Rys. 1. Klasyfikacja wady typu niedolew

Rys. 1a przedstawia niedolew, który charakteryzuje się niepełnym odtworzeniem naroży i krawędzi odlewu. W takim przypadku zasadnicza część odlewu przeważnie zostaje wykonana poprawnie. Rys.1b przedstawia odlew, któremu brak znacznej części. Przyczyną powstania tego typu niedolewu było przedwczesne zakrzepnięcie metalu w początkowej fazie zalewania, spowodowane zbyt małą lejnością, zbyt małą szybkością zalewania lub nadmiernymi oporami przepływu metalu w formie (np. zbyt duże ciśnienie gazów w formie). Rys. 1c przedstawia sytuację,

kiedy niedolew powstał na skutek zalania formy zbyt małą ilością metalu, spowodowanym np. zakrzepnięciem metalu w układzie wlewowym w trakcie za-

pełnienia formy. W przypadku rys. 1d niedolew spowodowany został „ucieczką” metalu z formy, po jej wcześniejszym zapełnieniu.

*Przyczyny występowania*

Można podzielić na trzy grupy, tj.

- a) związane z metalem stosowanym do odlewania,
- b) związane z formą odlewniczą, jej konstrukcją i materiałem formierskim, budową układu wlewowego,
- c) związane ze sposobem przygotowania form i sposobem ich zalewania.

W grupie pierwszej podstawową własnością technologiczną stopu, mającą wpływ na powstawanie niedolewów jest lejność, rozumiana jako zdolność metalu do zapełnienia formy i dokładnego odwzorowania jej kształtów. Im lepsza lejność stopu, tym mniejsza jest jego skłonność do tworzenia niedolewów. Lejność zależy głównie od składu chemicznego stopu i temperatury zalewania form. Podwyższenie temperatury zalewania powoduje zwykle zwiększenie lejności.

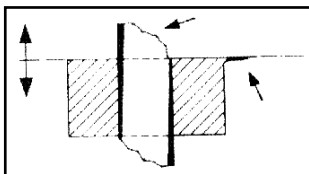
W grupie drugiej podstawowymi czynnikami związanymi z technologią formy są rodzaj stosowanej masy formierskiej i związane z tym jej właściwości fizyczne i technologiczne (między innymi przewodność cieplna, gazotwórczość, przepuszczalność), metoda zagęszczania oraz stopień i równomierność zagęszczenia masy w formie, kształt i wymiary wnęki formy oraz budowa układu wlewowego (niewystarczający przekrój systemu wlewów przy danym kształcie odlewu), wielkość ciśnienia metalostatycznego.

Trzecią grupę przyczyn stanowią czynności związane z przygotowaniem form do zalewania i ich zalewaniem. Niewłaściwe składanie skrzynek, lub niewystarczające obciążenie formy zabezpieczające przed podniesieniem jej górnej części, sposób zalewania formy (utrzymywanie zbyt niskiego poziomu metalu w zbiorniku wlewowym, zalewanie z przerwami) mogą spowodować powstawanie niedolewów.

*Zapobieganie-przeciwdziałanie*

Sposoby zapobiegania tego typu wadom odlewniczym wynikają z analizy ich powstawania. Ważne są czynniki związane z konstrukcją układu wlewowego, doбором optymalnej temperatury zalewania i składu chemicznego metalu oraz staranne przygotowanie form do zalewania, m.in.:

- podwyższenie temperatury odlewania,
- zmiana konstrukcji i wymiarów układu wlewowego,
- przygotowanie wydajniejszego odprowadzania powietrza.



**Zalewka (W-104)**

*Opis wady*

Płaska narośl o nieregularnej szerokości i o często ząbkowatym zarysie, przeważnie prostopadła do jednej ze ścianek odlewu. Jest ona umiejscowiona wzdłuż złącza formy, podstawy rdzenia lub jakiegokolwiek powierzchni podziału między elementami

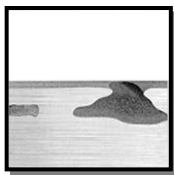
stanowiącymi formę (jest to cienka warstwa metalu występująca na odlewie w miejscach niedokładnego przylegania do siebie części formy lub formy i rdzenia). Wymiary podstawowe odlewu, w szczególności grubość, nie ulegają zmianie. Zalewki mogą przyspieszyć chłodzenie sąsiadujących części i powodować pęknięcia lub, w przypadku żeliwa, obszary zabilone.

*Przyczyny występowania*

Wadliwa, najczęściej wymiarowo, konstrukcja modelu lub rdzennicy, powodująca nieprzewidziane w rysunkach szpary lub wgłębienia w powierzchni wnęki złożonej formy, są to najczęściej nadmierne luzy pomiędzy rdzennikiem i gniazdem rdzennika. Zalewki mogą powstawać z powodu zużycia się oprzyrządowania modelowego. Dotyczy to głównie skrzywienia modeli, rdzennic, płyt modelowych, płyt podmodelowych.

*Zapobieganie-przeciwdziałanie*

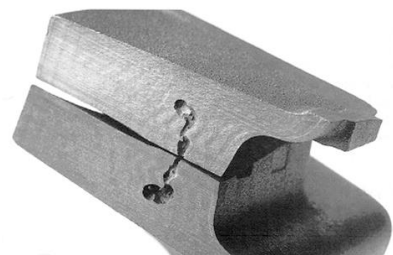
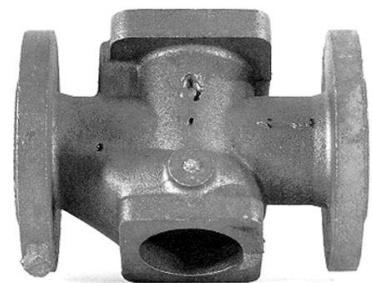
- Starannie wykonywać modele, formy i rdzenie.
- Kontrolować ich wymiary.
- Starannie składać formy i rdzenie.



**Pęcherze (W-202)**

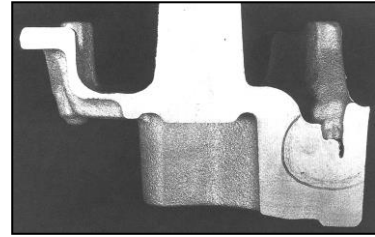
*Opis wady*

Jamy wyraźnie kuliste, o gładkich ścianach, często bez połączenia z powierzchnią. Gazy uwięzione przez krzepnący metal w warstwie powierzchniowej odlewu powodują powstawanie podłużnego lub kulistego pęcherza w postaci "pustej przestrzeni". Pęcherze prawie zawsze umiejscawiają się na górnej powierzchni odlewu, w trudnych do odpowietrzenia wnękach i zakamarkach formy. Szczególnie duże niebezpieczeństwo powstawania pęcherzy gazowych dotyczy powierzchni odtwarzanych przez rdzenie, ponieważ ciekły metal otacza je ze wszystkich stron, a gazowe produkty reakcji są wyprowadzane przez rdzenniki. Przy odlewaniu w masach bentonitowych pęcherze gazowe są również powodowane przez parę wodną. Można temu przeciwdziałać poprzez zmniejszenie szybkości zalewania i unikanie, podczas zalewania, uderzenia strumienia ciekłego metalu o ściankę formy oraz zapewniając wysoką przepuszczalności masy i obniżenie jej wilgotności. Wszystkie adsorbujące wodę składniki masy takie jak: nieaktywne pyły, bentonit i nośniki węgla powinny być utrzymane na możliwie najniższym poziomie.



Pęcherze w narożach - wada występuje przeważnie na silnie przegrzanych krawędziach formy, które są tworzone przy skokowej zmianie grubości ścianek odlewu, jak również w miejscach garbów formy. Wada może występować zarówno od strony

formy jak i rdzenia. Aby unikać powstawania narożnych pęcherzy w węzłach cieplnych, ważne jest również zmniejszenie ilości powstających gazów i polepszenie odpowietrzenia formy. Używanie gruboziarnistych mas i zmniejszenie zawartości drobnoziarnistych frakcji zmniejsza ryzyko powstania pęcherzy w narożach.



#### *Przyczyny występowania*

Pęcherze są wynikiem obecności gazu w trakcie krzepnięcia. Drogi wydzielania się gazu:

- Pochodzenie metalurgiczne (pęcherze wewnętrzne) - za duża zawartość gazu w kąpieli (produkty podstawowe, przebieg topnienia, atmosfera itd.); rozpuszczony gaz wydziela się podczas krzepnięcia.
- Gaz pochodzący z materiałów form lub rdzeni (pęcherze zewnętrzne) - zbyt duża wilgotność form lub rdzeni; lepiszcza o dużej skłonności do wydzielania gazu; czernidło i pokrycie o zbyt dużej skłonności do wydzielania gazu.
- Gaz zatrzymany mechanicznie (pęcherze zewnętrzne) - niewystarczające odprowadzanie powietrza i gazów wypełniających wnękę formy; niewystarczająca przepuszczalność formy i rdzeni; wprowadzenie powietrza w wyniku istniejących zawirowań we wlewie.

#### *Zapobieganie-przeciwdziałanie*

- Przewidzieć odpowiednie odprowadzenie powietrza i gazów z wnęki formy.
- Poprawić przepuszczalność formy i rdzeni.
- W przypadku odlewania na mokro, sprawdzić wilgotność formy.
- Zmniejszyć wysokość zalewania.
- Sprawdzić czy temperatura odlewania nie jest zbyt niska (dla żeliwa).
- Nie topić w zbyt wysokiej temperaturze; ewentualnie odgazować kąpiel (dla stopów nieżelaznych).

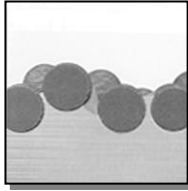
## **Porowatość (W-402)**

### *Opis wady*

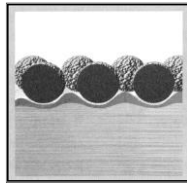
Porowatością nazywamy miejscowe skupisko licznych, drobnych, blisko siebie położonych pustek, często z zanieczyszczeniami piaskiem lub tlenkami.

### *Przyczyny występowania*

Wada powstaje najczęściej wskutek wydzielania się gazów z metalu podczas jego krzepnięcia. Zjawisko wspomagane jest przez procesy skurczowe. Porowatość może powstawać również wskutek wydzielania się gazów z masy formierskiej. Może się też zdarzyć duże rozbicie pęcherzy zassanego powietrza przez strugą burzliwie przepływającego metalu, co ma miejsce najczęściej w technologii wykonywania odlewów pod ciśnieniem.



**Wzarcie (W-219)**

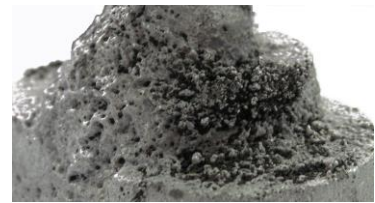
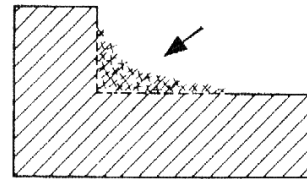


**Przypalenia (W-221)**

*Opis wady*

Wzarcie - gąbczasta, mocno przylegająca do odlewu, narośl o nieregularnym kształcie, składająca się z mocno związanej mieszaniny masy formierskiej i metalu. Zazwyczaj występuje w miejscach gdzie masa ma najwyższą temperaturę (rdzenie, części wklęsłe) i w obszarach o najmniejszej gęstości.

O "wzarcu" jako wadzie powierzchni surowej odlewu mówi się wtedy, kiedy występuje silna reakcja chemiczna pomiędzy masą formierską i ciekłym metalem (nadtapianie, spiekanie). Powstaje zwarty konglomerat metalu i masy silnie przylegający do powierzchni odlewu.



Przypalenie - jest to ściśle przylegająca do odlewu warstwa spieczonej masy formierskiej, rdzeniowej lub pokrycia ochronnego. Jest to mocno przylegająca do odlewu skorupa masy formierskiej, której nie można usunąć poprzez śrutowanie w normalnie stosowanym czasie. Usunięcie jej wymaga zastosowania szlifowania. Wada ta występuje partiach odlewu o najwyższej temperaturze, szczególnie w odlewach grubościennych, ale także w sąsiedztwie wlewów doprowadzających.



*Przyczyny występowania*

Ponieważ źródła powstawania obu wad są bardzo zbliżone do siebie, wady te występują dość często równolegle. Przyczyny powstawania przypaleń i wżarc można podzielić na trzy grupy czynników:

- o charakterze termicznym,
- o charakterze chemicznym,
- o charakterze mechanicznym.

Wady te powodowane czynnikami termicznymi powstają w wyniku stapiania się między sobą niektórych składników masy formierskiej, a powstająca faza ciekła łączy ziarenka piasku z powierzchnią odlewu. Intensywność tego procesu zależy przede wszystkim od temperatury panującej w obszarze kontaktu metal-forma oraz od odporności na jej poszczególnych składników masy formierskiej lub pokrycia ochronnego. Powstawanie wad w tym obszarze może być spowodowane złą akumulacją ciepła przez masę formierską, a co za tym idzie miejscowego przegrzania. Takie zjawisko może występować również w przypadku wadliwego zaprojektowania układu wlewowego lub samą konstrukcją odlewu i kształtem formy.

Przypalenia i wżarcia o charakterze chemicznym powstają w wyniku reakcji chemicznej materiałów formy ze składnikami stopu odlewniczego lub powstałymi na powierzchni odlewu tlenkami metali tworzącymi stop. Powstające w wyniku reakcji łatwotopliwe produkty przenikają w powierzchnię warstwy formy i przy stygnięciu wiążą ziarna piasku, tworząc wżarcie. Do materiałów formy należy zaliczyć oprócz składników stałych, również i gazy np. parę wodną.

Charakter mechaniczny powstawania wad tego typu przejawia się mechanicznym przenikaniem ciekłego metalu pomiędzy ziarna masy formierskiej. Penetracji pomiędzy ziarna masy sprzyja szereg czynników takich jak np. niskie napięcie powierzchniowe metalu powodowane jego niską temperaturą lub składem chemicznym stopu, wysokie ciśnienie metalostatyczne lub dynamiczne, nadmierna gruboziarnistość piasku w masie formierskiej lub rdzeniowej, zbyt słaby stopień zagęszczenia masy formierskiej.

W praktyce przypalenie lub wżarcie powstaje na ogół jako wynik współdziałania wszystkich powyższych czynników, jednak poprzez dokładne badania można ustalić, który z nich miał decydujące znaczenie.

#### *Zapobieganie-przeciwdziałanie*

Czynniki sprzyjające powstawaniu wad typu przypalenia i wżarcia:

- Niskie napięcie powierzchniowe ciekłego metalu,
- Wysoka temperatura metalu i masy formierskiej,
- Zbyt gruboziarnista lub niewystarczająco zagęszczona masa formierska,
- Niewystarczająca ognioodporność masy formierskiej,
- Za niskie przewodnictwo cieplne masy formierskiej.

Zapobieganie:

- Zmniejszyć ilość frakcji pyłowych i poprawić skuteczność regeneracji masy formierskiej,
- Kontrolować temperaturę odlewania.

### **Jama skurczowa (W-403)**



#### *Opis wady*

Jama skurczowa rozciągająca się do powierzchni zewnętrznej, zazwyczaj występująca na powierzchni odlewu odwzorowywanej przez górną skrzynkę formierską lub w obszarze o grubych przekrojach ścianek. Przeważnie w kształcie lejkowatym, czasem przedłużona drobnymi, oddzielonymi jamkami.

#### *Przyczyny występowania*

Podstawową przyczyną jest skurcz objętościowy metalu:

- w stanie ciekłym, w formie, na samym początku krzepnięcia,
- podczas przechodzenia ze stanu ciekłego do stałego.

#### *Zapobieganie-przeciwdziałanie*

- Ograniczyć się do konstruowania odlewów o bardzo podobnych modułach (w odlewnictwie to stosunek objętości do powierzchni mającej kontakt z masą) lub mają one wzrastać w kierunku nadlewów (krzepnięcie kierunkowe),

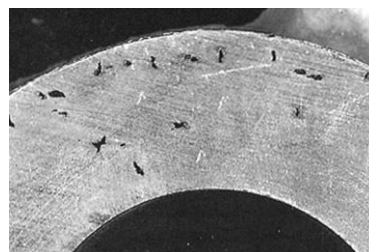
- Nadlewy umieszczać tak, aby możliwe było zasilanie stref o wysokim module, zawierające rezerwę ciekłego metalu i o zarysie lub budowie pozwalającym na nieograniczony przepływ ciekłego metalu do końca krzepnięcia.



### Rzadzizna (W-404)

#### *Opis wady*

Rzadzizna jest to rozrzucona jama skurczowa. Powstaje, gdy krzepnięcie w całym, porażonym wadą obszarze odbywa się w krótkim czasie, prawie równocześnie we wszystkich punktach, gdy nie ma warunków na to, aby mógł rozwinąć się proces zasilania.



Stopy charakteryzujące się dużą rozpiętością temperatury likwidus - solidus, skłonne są szczególnie do tworzenia rzadzizn w czasie krzepnięcia. Stopy te tworzą dość wcześnie skupiska kryształów pierwotnych (dendrytów), pomiędzy którymi znajduje się wydzielający się z roztworu gaz, a faza ciekła z trudem może to miejsce zasilać.

W zależności od warunków powstawania można rozróżnić następujące postacie rzadzizn:

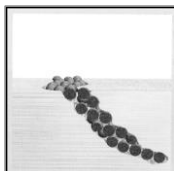
- rozsiana, powstająca przy krzepnięciu mikroobszarów, częściowo lub całkowicie oddzielonych od źródła zasilania przez rozrastające się dendryty. Rzadzizny te charakteryzują się bardzo małymi „pustkami” równomiernie rozszanymi w całym odlewie;
- osiowa, powstająca w środkowych obszarach odlewów w warunkach, kiedy zasilający metal nie przemieszcza się na tyle szybko, aby uzupełnić ubytki skurczowe;
- miejscowa, powstająca w różnych częściach odlewu, które są oddzielone od źródła zasilania w czasie ich krzepnięcia przez wcześniej zakrzepłe ścianki lub części odlewu. Ten rodzaj rzadzizny cechuje się stosunkowo dużymi „pustkami”, skoncentrowanymi w określonych obszarach odlewu np. w węzłach cieplnych.

#### *Przyczyny występowania*

Przyczyny powstawania rzadzizn można, podobnie jak w przypadku powstawania większości wad, podzielić na związane ze stosowanym tworzywem i technologią formy odlewniczej. W wielu przypadkach, rzadzizny mogą być powodowane zalewaniem form zbyt gorącym metalem. Wraz z podwyższeniem temperatury zalewania zwiększa się skurcz metalu w stanie ciekłym oraz wydłuża czas krzepnięcia, co przy braku krzepnięcia kierunkowego poszczególnych części odlewów zwiększa ryzyko powstawania rzadzizn. Konstrukcja odlewu jest kolejnym ważnym czynnikiem wywierającym wpływ na powstawanie porowatości skurczowych. Odlewy posiadające nadmiernie zróżnicowane grubości ścianek, posiadające trudno zasilające się węzły



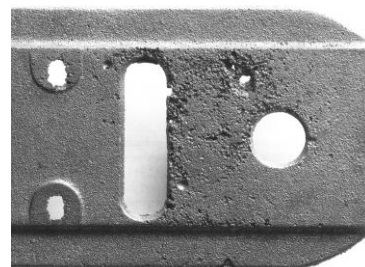
cieplne jak również odlewy, którym trudno zapewnić kierunkowe krzepnięcie, zawsze narażone są na tworzenie rzadzizn.



### Zapiaszczenie (W-406)

#### *Opis wady*

Zapiaszczenie stanowią nieregularne, o różnej wielkości miejsca (pory) w masie odlewu, wypełnione całkowicie lub częściowo ożużonym materiałem formierskim. Zapiaszczenie jest jedną z bardziej rozpowszechnionych przyczyn braków. Wada ta jest często trudna do jednoznacznej identyfikacji, trudno jej przypisać typowe miejsce występowania, ponieważ pojawia się ona w najróżnorodniejszych miejscach na powierzchni odlewu. Cząsteczki masy są często porywane przez strumień płynącego metalu, a ponieważ nie mogą być zwilżone przez ciekły metal, podpływają pod górną powierzchnię odlewu.



#### *Przyczyny występowania*

Przyczyną zapiaszczenia jest wymywanie z powierzchni wnętrza formy masy formierskiej lub jej przedostanie się do metalu z innych powodów. Przyczyną zapiaszczeń bywa niekiedy niewłaściwie skonstruowany układ wlewowy. Poszczególne jego elementy mogą być przez strugę metalu wymywane. Zapiaszczenie może też być spowodowane przepaleniem masy formierskiej, a przez to zwiększeniem osypliwości mas.

Możliwe przyczyny związane z linią formowania:

- odłamywanie części formy przy wyciąganiu z formy płyty modelowej, wkładaniu rdzeni lub podczas składania skrzynek formierskich,
- nierównomierne zagęszczenie formy, miejscowo zbyt duże zagęszczenie.

Możliwe przyczyny będące wynikiem właściwości syntetycznej masy formierskiej:

- za mała zagęszczalność,
- nadmierna ilość nieaktywnych frakcji w masie,
- za duża ilość grudek,
- za wysoka zawartość nośników węgla błyszczącego.

Możliwe przyczyny związane z układem wlewowym:

- zbyt szybkie zalewanie formy, z silnym uderzaniem strumienia w ściankę formy, powodujące wypłukiwanie masy.

#### *Zapobieganie-przeciwdziałanie*

- zapewnić równomierne zagęszczenie formy,
- podwyższyć zagęszczalność i co za tym idzie, plastyczność masy formierskiej,
- polepszyć rozproszczenie bentonitu w masie formierskiej przez wydłużenie czasu mieszania lub wprowadzenie wstępnego nawilżania wybitej masy,
- zmniejszyć ilość nieaktywnych frakcji pyłowych (dzięki zmniejszeniu zawartości pyłu zmniejszy się także ilość grudek w masie),
- skrócić czas zalewania, polepszyć rozproszczenie metalu przez wlewy.

## 5. Przebieg ćwiczenia

Każdy student uczestniczący w zajęciach otrzymuje do analizy odlew, w którym zaobserwowano wady odlewnicze. Po dokonaniu analizy na zajęciach - wyniki badań oraz wnioski student opracowuje indywidualnie (wykonane sprawozdanie należy podpisać imieniem i nazwiskiem). Sprawozdania indywidualne należy dołączyć do wspólnej dla danego zespołu strony tytułowej.

Zakres ćwiczenia:

- Szkic odlewu z zaznaczeniem wszystkich zaobserwowanych wad;
- Wybór jednej wady, która zostanie poddana analizie;
- Opis wyglądu wybranej do identyfikacji wady;
- Analiza i identyfikacja wady z zastosowaniem systemu ekspertowego;
- Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego.

## 6. Opracowanie wyników badań

Sprawozdanie powinno zawierać następujące elementy:

Strona tytułowa

1. Cel ćwiczenia

2. Metodyka badań

3. Wyniki badań (szkic, opis, wydruk wykonane podczas ćwiczenia)

4. Wnioski

- a) Opis najbardziej prawdopodobnej wady na podstawie literatury;
- b) Analiza wyników identyfikacji wady uzyskanych z systemu ekspertowego (określenie reguł, które w sposób najbardziej istotny zdecydowały o odpowiedzi programu);
- c) Ostateczne określenie typu identyfikowanej wady (uwzględniając opis wyglądu wady oraz punkty 4a i 4b) z uzasadnieniem odpowiedzi.

## Literatura

1. Jerzy Zych: *Analiza wad odlewów – laboratorium*. Kraków 1993;
2. L. Lewandowski: *Masy formierskie i rdzeniowe*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1991;
3. IKO-ERBSLÖH „Handbuch der gußfehler”, 1994;
4. Zygmunt Fałęcki: *Analiza wad odlewów*. Kraków 1997;
5. „Atlas wad odlewów”, Wyd. Instytut Odlewnictwa, Kraków 2004.

---

Konspekt opracowali:  
mgr inż. Robert Biernacki  
dr inż. Dawid Myszk