



**SEBASTIAN PLUTA**

**Koło naukowe „BIOACTIVE”**

**Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska**

**Politechniki Łódzkiej**

**Opiekun naukowy: dr inż. Michał Głogowski**

## **BEZPIECZEŃSTWO PRACY PODCZAS PROCESU ODLEWANIA METODĄ ODŚRODKOWĄ**

*Odlewanie w formach wirujących, zwane też odśrodkowym, polega na kształtowaniu odlewów z metali, tworzyw sztucznych oraz ceramiki z wykorzystaniem siły odśrodkowej. Technologia ta była stosowana już w starożytności o czym świadczyć mogą znaleziska z III w. n.e., jednak dopiero koniec XIX w. przyniósł jej rozwój oraz zapewnił miejsce wśród podstawowych technik odlewania. Na przestrzeni lat pracowano nad poprawieniem kultury pracy maszyn odlewniczych oraz zapewnieniem bezpieczeństwa osobom je obsługującym. W niniejszej pracy zostaną opisane zagrożenia związane z obsługą maszyn przeznaczonych do odlewania metodą odśrodkową oraz środki zapobiegawcze stosowane przez konstruktorów oraz osoby zajmujące się wykonywaniem odlewów<sup>[1]</sup>*

### **WPROWADZENIE**

Odlewnictwo to technologia pozwalająca otrzymać wyroby o pożądanym właściwościach oraz strukturze przez zalewanie odpowiednio przygotowanych form materiałem w formie ciekłej, który dzięki procesowi krzepnięcia zmienia swój stan skupienia z ciekłego w stały<sup>[2]</sup>.

Historia odlewnictwa sięga około 6000 lat. Pierwsze odlewy powstawały na terenach dzisiejszej Syrii i Iranu. Odlewy wykonywano

w formach wykonanych przez wydrążenie pożądaných kształtów w kamieniu, glinie czy ziemi. Dzięki technologii odlewania, jeszcze przed naszą erą powstały takie stopy, jak brąz czy mosiądz, które do dziś cieszą się wielką popularnością.



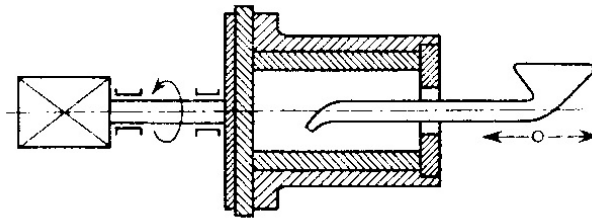
*Rys. 1. Forma jamowa w kamieniu wapiennym z Ras-Shamara w Małej Azji: A – siekiera, B – sierpa<sup>[3]</sup>*

Na przestrzeni wieków odlewnictwo było prężnie rozwijającą się gałęzią przemysłu metalurgicznego. Przedmioty wykonane dzięki tej technologii towarzyszyły zarówno wszystkim wielkim wojnom i rewolucjom w postaci broni czy pancerza jak i zwykłym ludziom podczas prostych czynności domowych<sup>[3]</sup>.

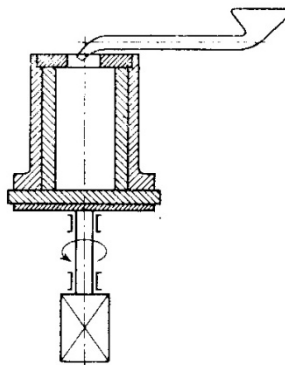
## ODLEWANIE ODŚRODKOWE

Zapoczątkowana w XVIII wieku rewolucja przemysłowa przyniosła ze sobą szereg zmian. Rozkwit przemysłu sprawił, że ludzie dokładali jeszcze większych starań do opracowywania nowych technologii oraz rozwijania już istniejących. Pierwszy patent wykorzystujący technologię odlewania w formach wirujących pochodzi z 1809 r. Kolejne lata tego stulecia przyniosły znaczny rozwój odlewania odśrodkowego. Obecnie wyróżniamy trzy podstawowe sposoby odlewania wykorzystujące działanie siły odśrodkowej:

1. Odlewanie odśrodkowe właściwe, które charakteryzuje się tym, że oś odlewu pokrywa się z osią wirowania, odlew przybiera kształt bryły obrotowej, ograniczonej z zewnątrz ścianką formy, od wewnątrz natomiast powierzchnią swobodną ciekłego i krzepnącego metalu ukształtowaną podczas wirowania. Sam proces może odbywać się zarówno z pionową jak i poziomą osią obrotu.

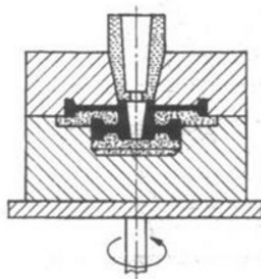


*Rys. 2. Schemat odlewania odśrodkowego właściwego w formie z poziomą osią obrotu*



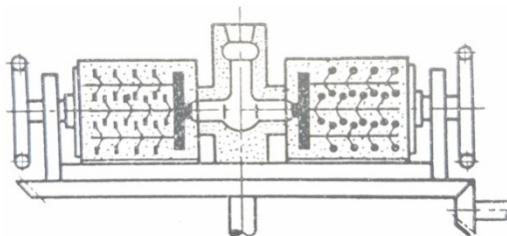
*Rys. 3. Schemat odlewania odśrodkowego właściwego w maszynach z pionową osią obrotu*

2. Odlewanie półodśrodkowe, gdzie oś odlewu pokrywa się z osią wirowania, jednak powierzchnie wewnętrzną uzyskuje się w wyniku odwzorowania przez rdzeń.



Rys. 4. Schemat odlewania półodśrodkowego

3. Odlewanie pod ciśnieniem odśrodkowym, gdzie wlew główny jest umieszczony w pionowej osi wirowania, a ciśnienie siły odśrodkowej pozwala na wypełnienie ciekłym metalem wnęk formy, rozłożonych wokół wlewu<sup>[1,4,5]</sup>.



Rys. 5. Schemat odlewania pod ciśnieniem odśrodkowy

## WADY I ZALETY

Odlewanie w formach wirujących niesie posiada wiele zalet. Odlewy wykonane metodą odśrodkową charakteryzują się lepszymi własnościami wytrzymałościowymi niż odlewy wykonane w kokilach (formach odlewniczych wielokrotnego użytku wykonanych z metalu) zalewanych grawitacyjnie czy w formach piaskowych. Możliwe jest uzyskanie dużo mniejszej porowatości odlewów. Nie bez znaczenia pozostają również względy ekonomiczne. Dzięki zmniejszeniu bądź całkowitemu



wyeliminowaniu układów wlewowych i nadlewów proces produkcji staje się tańszy. Niestety omawiany proces ma też wady. Wysoki koszt maszyn do odlewania oraz ich eksploatacji sprawia, że używanie ich staje się opłacalne jedynie przy wykonywaniu dużych serii odlewów. Kolejnymi wadami jakie można wyróżnić to mała uniwersalność urządzeń oraz duże trudności przy mechanizacji oraz automatyzacji procesu<sup>[1,4,6]</sup>.

## CHARAKTERYSTYKA URZĄDZEŃ DO ODLEWANIA ODŚRODKOWEGO

Rozwój przemysłu, który przyniósł ze sobą zapotrzebowanie na bardzo różnorodne odlewy wykonywane metodą odśrodkową, wymusił na konstruktorach projektowanie urządzeń o bardzo różnorodnych cechach. Do najważniejszych możemy zaliczyć ilość równocześnie zwirowanych zestawów form, sposób doprowadzenia ciekłego metalu do wnętrza formy, usytuowanie osi wirowania formy w przestrzeni, sposób mocowania zestawu formy do urządzenia, rodzaj materiału formy, prędkość obrotu formy w czasie wirowania, system zmiany prędkości obrotu formy, rodzaj napędu wirowania formy, system usuwania odlewu z formy, rodzaj napędów głównych i pomocniczych oraz systemy wyhamowywania wirującej formy. Najważniejszym aspektem podczas projektowania maszyny jest jednak zapewnienie największego bezpieczeństwa osobom je obsługującym. Urządzenia do odlewania odśrodkowego, w stosunku do odlewania grawitacyjnego charakteryzują się dużo wyższym wskaźnikiem niebezpieczeństwa ze względu na zawirowanie masy ciekłego metalu oraz transport ciekłego metalu do i od urządzenia. Bezpieczeństwo podczas eksploatacji takich urządzeń znacząco zwiększa odpowiednie wyważanie wirujących mas<sup>[1,4]</sup>.



## ZAGROŻENIA

Zestaw formy jest podstawowym elementem wirującym w urządzeniach do odlewania odśrodkowego. Ze względu na to powinien on być jak najlepiej wyważony. W praktyce, jednak pełne wyważenie formy, szczególnie w okresie wypełniania, nastęrcza poważnych trudności. Dopuszczalne niewyważenie formy określone jest wzorem:

$$q \cdot R_n \leq \frac{4500 \cdot G}{n_f} \quad (1)$$

gdzie:  $q$  – ciężar niewyważonej masy [kG],

$R_n$  – odległość środka ciężkości niewyważonej masy od osi wirowania [cm],

$G$  – ciężar wirującej masy [kG],

$n_f$  – częstotliwość obrotów [1/min].

Kolejnym zagrożeniem na jakie narażeni są pracownicy obsługujący maszyny przeznaczone do odlewania w formach wirujących to kontakt z rozbryzującym się ciekłym metalem oraz rozpryskiem cieczy chłodzącej, która podczas ochładzania formy osiąga wysokie temperatury. Miejscem w którym niebezpieczeństwo rozbryzgu ciekłego metalu jest największe to strona czołowa formy<sup>[1]</sup>.



## BEZPIECZEŃSTWO

Aby zabezpieczyć pracowników przed kontaktem z rozbryzgującym się ciekłym metalem stosuje się osłony z wyprofilowanymi kołnierzami, które nierzadko chronią również przed rozpryskiem cieczy chłodzącej. Należy również pamiętać o ochronie przed napromieniowaniem cieplnym, parami i dymami czy nadmiernym hałasem. Posadzki wokół stanowisk zalewania form powinny być suche a w ich bezpośrednim sąsiedztwie nie powinny znajdować się żadne płyny czy materiały łatwopalne. Pracownicy mający bezpośredni kontakt z ciekłym metalem powinni zostać wyposażeni w odzież ochronną wykonaną z tkaniny wełnianej lub metalizowaną, wykazującą się właściwościami utrudniającymi zapłon w przypadku kontaktu z gorącymi substancjami. Powinni być również wyposażeni w specjalistyczne okulary ochronne oraz osłony twarzy<sup>[1,7]</sup>.

Osoba obsługująca daną maszynę powinna znać szczegółową instrukcję obsługi dopasowaną do jej indywidualnej budowy oraz wszystkie zagrożenia wynikające z użytkowania tej maszyny. W instrukcji powinno się szczególnie podkreślić takie aspekty, które wpływają na bezpieczeństwo pracy i to, że wszystkie wirujące części maszyny powinny być wyważone oraz osłonięte, szczególnie miejsca takie jak płaszczyzny podziału prostopadłe do osi wirowania, które są narażone na wyciekanie metalu; wszystkie części maszyny powinny być odpowiednio osadzone w przeznaczonych do tego miejscach, aby nie dopuścić do wyciekania ciekłego metalu. Jakikolwiek regulacje czy naprawy formy powinny być dokonywane wtedy, kiedy jest ona w spoczynku. Napełnianie formy natomiast powinno się odbywać tylko wtedy, gdy jest ona sucha, to samo dotyczy kadzi oraz rynien do tego wykorzystywanych<sup>[1,7]</sup>.

## PODSUMOWANIE

Hutnik to jeden z najniebezpieczniejszych zawodów świata. Wysokie ryzyko doznania oparzeń termicznych trzeciego lub czwartego stopnia.



Kontakt ze szkodliwymi dla zdrowia substancjami powstającymi podczas procesu to jedno z licznych zagrożeń, na które narażony jest hutnik podczas każdego dnia pracy. Naukowcy dokładają wszelkich starań, żeby zapewnić jak największe bezpieczeństwo osobom wykonującym ten zawód, jednak ze względu na specyfikę zagrożeń powinno się przykładąć dużą uwagę do przestrzegania norm oraz przepisów BHP, gdyż nawet najmniejszy błąd lub niedopatrzenie może doprowadzić do tragedii.

## LITERATURA

- [1] Górny Z., *Odlewanie w formach wirujących*. Warszawa, WNT 1966.
- [2] <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/odlewanie;3949879.html>
- [3] Gierdziejewski K., *Zarys dziejów odlewnictwa polskiego*, PWT 1954.
- [4] Murza-Mucha P., *Techniki wytwarzania – odlewnictwo*. Warszawa, PWN 1978.
- [5] <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/rewolucja-przemyslowa;3967502.html>
- [6] <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/kokila;3923738.html>
- [7] Bryła R., *Bezpieczeństwo pracy w hutnictwie. Odlewnia metali nieżelaznych*, „Promotor BHP” nr 6, 2016, ss. 12-14.