ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: Mechanika z. 54 Nr kol. 438

Józef Gawroński, Józef Suchy

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

WYKORZYSTANIE DRGAŃ HARMONICZNYCH PROSTYCH W PROCESIE CIĄGŁEGO ODLEWANIA STOPÓW ALUMINIUM

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań nad zastosowaniem drgającej miseczki w procesie ciągłego odlewania stopów aluminium na stan powierzchni i budowę krystaliczną wlewka. Stwierdzono istotny wpływ drgań harmonicznych prostych na poprawę gładkości pobocznicy wlewka oraz rozdrobnienie struktury pierwotnej.

1. Wstęp

Odlewanie metodą półciągłą zostało zastosowane po raz pierwszy już kilkadziesiąt lat temu i od tego czasu wykorzystywane jest coraz szerzej. Głównym elementem urządzenia do odlewania półciągłego jest krystalizator, w którym odbywa się proces krystalizacji pierwotnej. Z dotychczasowych prób usprawnienia tego urządzenia wyróżnić można zastosowanie krystalizatora dzielonego, odlewanie w polu magnetycznym, odlewanie przez warstwę wody, odlewanie na element chłodzący czy też zalewanie metalu przez rozpylanie. Doświadczalnie stwierdzono, że silny wpływ na proces zarodkowania wywierają drgania. Zjawisko to wykorzystano w niniejszej pracy, wprowadzając do jeziorka ciekłego metalu w krystalizatorze element wprawiony w drgania harmoniczne proste. Szereg doświadczeń Miersa [3] i innych dowiodło, że krystalizacja może być samorzutna bez obecności zarodków, jeśli na przesycony roztwór podziałać wstrząsami, tarciem pałeczki szklanej o szklane naczynie lub zadziałać dźwiękami. W świetle tych doświadczeń teoria zarodkowania wymaga oczywiście uogólnienia w sensie traktowania krzepnącej cieczy jako układu dynamicznego, podlegającego wpływom zewnętrznym.

Zarodkowanie dynamiczne jest obecnie przedmiotem szerokich badań. Impulsy mechaniczne lub bodźce elektromagnetyczne mogą zarówno inicjować zarodkowanie w przechłodzonej cieczy całkowicie pozbawionej zarodków, jak i powiększać szybkość zarodkowania w już krystalizującej cieczy. Do chwili obecnej stosunkowo najlepiej zbadano wpływ czynników mechanicznych. Wpływ tych czynników można wyjaśnić zjawiskiem kawitacji, traktowanym jako warunek zarodkowania dynamicznego, objawiającym się ustawicznym tworzeniem

i szybkim zanikaniem pęcherzyków pary (pęcherzyków kawitacyjnych) w pobliżu ścian naczynia albo powierzchni ciała stałego w nim zanurzonego [3].

Poza istotnym wpływem drgań na strukturę metalu należy zwrócić uwagę, że w konkretnym przypadku odlewania metalu metodą ciągłą lub półciągłą drgania mogą znacznie poprawić jakość powierzchni wlewka, wpływając na zmniejszenie zjawiska segregacji wtórnej. Zjawisko to objawia się powstawaniem fałd na powierzchni wlewka i powoduje konieczność zastosowania dodatkowej operacji obróbki skrawaniem. Przyczyną powstania fałd jest istnienie na powierzchni metalu cienkiej warstwy Al_2O_3 o stosunkowo dużej wytrzymałości. W pewnej odległości od zwierciadła metalu ciśnienie metalostatyczne jest jednak na tyle duże, że powoduje przerwanie ciągłości tej warstwy i utworzenie na powierzchni wlewka charakterystycznych fałd.

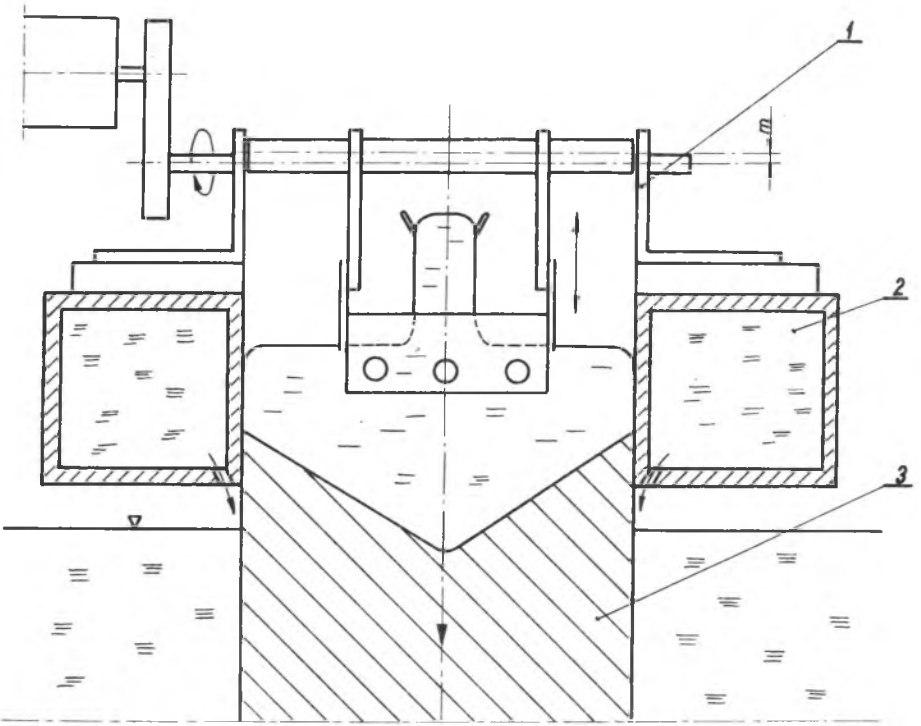
Istnieje jeszcze inne wyjaśnienie powstawania fałd na powierzchni wlewków [2], gdzie zjawisko to tłumaczy się powstaniem wypukłego menisku metalu w krystalizatorze pod działaniem napięcia powierzchniowego. W wyniku dostarczania metalu w sposób ciągły następuje rozpływanie się cieczy jak gdyby warstwami. Każde takie dopłynięcie kolejnej porcji płynnego metalu jest przyczyną powstania fałdy na powierzchni wlewka.

Badanie własne

Z poprzednio stosowanych urządzeń mających na celu wywołanie drgań ciekłego metalu wymienić należy wibrator opracowany w Instytucie Odlewnictwa Politechniki Śląskiej. Drgania były przekazywane do ciekłego metalu przez koncentrator w kształcie łuku, ustawiony pionowo w jeziorku metalu. Wibrator umieszczono w taki sposób, aby oddziaływał jedynie na część powierzchni wlewka, co pozwalało na porównanie wpływu drgań na jakość powierzchni wlewka. W wyniku badań ustalono, że drgania zanikały w odległości 50 mm od drgającego koncentratora. Częstotliwość drgań wynosiła 200 Hz. amplituda 0,5 mm.

Wykonane badania miały na celu przeprowadzenie prób odlewania wlewków ze stopu aluminium przeznaczonego do przeróbki plastycznej typu PA, metodą półciągłą z zastosowaniem wibratora. Wibrator został zamocowany na korpusie krystalizatora. Zasadę działania wibratora przedstawiono na rys. 1. Składa się on z miseczki o ażurowym dnie i bocznicy, zawieszonej na wale mimośrodowo, wykonującej w czasie pracy drgania harmoniczne proste o amplitudzie 1 mm z częstotliwością 15 do 75 Hz. Drgająca miseczka zanurzona jest w jeziorku ciekłego metalu. Jako materiału do badań użyto stopu PA7N czyli AlCu4Mg1 przeznaczonego do przeróbki plastycznej. Tym sposobem odlewano wlewki przy różnych częstotliwościach drgań oraz szybkościach odlewania (od 8 do 10 cm/min.). Uzyskane tą metodą wlewki poddano badaniom w trzech głównych kierunkach:

a) obserwowano zmianę jakości powierzchni wlewka w zależności od zmienności parametrów odlewania,



Rys. 1. Wibrator i sposób jego zamocowania na krystalizatorze
1 - wibrator, 2 - krystalizator, 3 - wlewek

b) badano makroskopowo budowę krystaliczną w przekroju poprzecznym w stanie wytrawionym,

c) analizowano rozkład miedzi, żelaza i manganu na przekroju wlewka odlewanego metodą konwencjonalną oraz przy użyciu drgań. Analizy dokonano na urządzeniu Quantometr firmy Phillips.

W badaniach stosowano różnego rodzaju miseczki drgające, przy czym jako pierwszą zastosowano miseczkę o średnicy 80 mm i perforowanej bocznicy. Po odlaniu wlewka o długości 4 m i średnicy 136 mm przy zastosowaniu szybkości odlewania w zakresie 8 do 10 cm/min. oraz różnych częstotliwości drgań (17 i 58 Hz), wycięto próbki do badań.

W dalszej kolejności zastosowano mniejszą miseczkę z bardziej perforowaną pobocznicą oraz z perforowanym dnem. Parametry badań były identyczne jak w poprzednim przypadku.

Próbki do badań poddawano badaniom makroskopowym na przekroju poprzecznym po wytrawieniu odczynnikiem Mi6Al oraz Krola.

Analiza wyników badań

Strukturę mikro wlewków odlewanych podanym poprzednio sposobem przedstawiają rys. 2 do 4, zaś ogólny widok powierzchni wlewków odlewanych w warunkach konwencjonalnych oraz przy zastosowaniu wibracji - rys. 5 i 6. Próbkę z wlewka odlewanego z zastosowaniem drgań o częstotliwości 58 Hz poddano badaniom składu chemicznego na urządzeniu Quantometr i porównano z analogiczną próbką odlewaną metodą konwencjonalną. Na próbkach badano obszary o średnicy 10 mm, przy napięciu przyspieszającym 50 kV i natężeniu wiązki 30 mA czas ekspozycji wynosił 20 sekund. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 7, 8, 9.

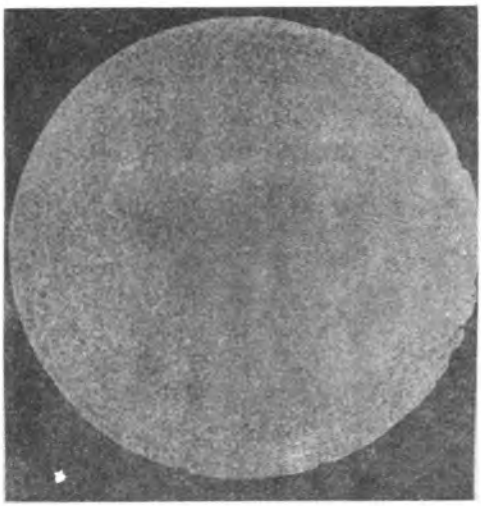
W przypadku zastosowania miseczki drgającej o dużej średnicy i nie perforowanym dnie zaobserwowano, że nie tylko nie następuje poprawa stanu powierzchni wlewka, ale wręcz jej pogorszenie. Jest to spowodowane spienianiem metalu na powierzchni jeziorka i przyczyną silnego utleniania. To niekorzystne zjawisko wyeliminowane zostało przez zastosowanie miseczki posiadającej na tyle dużą perforację, aby metal mógł z niej swobodnie wypływać nie tworząc piany na powierzchni jeziorka. Stwierdzono, że przy częstotliwości drgań 50 Hz powierzchnia wlewka uzyskuje wysoką gładkość, z bardzo nielicznymi punktowymi segregacjami (rys. 6). Zjawisko to można wyjaśnić w oparciu o obie hipotezy powstawania segregacji omówione we wstępie. W pierwszym przypadku następuje wcześniejsze zrywanie się warstwy tlenków, a w drugim eliminuje się wypukłość menisku.

Przy małych częstotliwościach drgań (17 Hz i mniej) zjawisko rozdrobnienia struktury występuje tylko w środkowej części wlewka. W znacznej części wlewka, w strefie pośredniej, występuje nawet wzrost wielkości ziarn. Zjawisko to zostało ostatnio zaobserwowane również przez Pillai [1], który badając wpływ wolnej wibracji (12 Hz) formy podczas krzepnięcia metalu na strukturę stopu Al - Si wykazał, iż w stopach modyfikowanych pojawiła się struktura gruboziarnista.

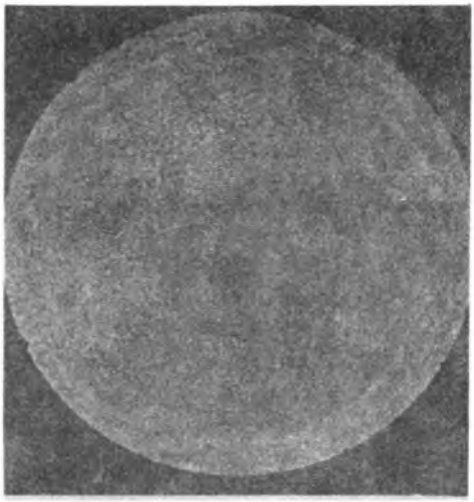
W czasie badań zaobserwowano także, że struktura gruboziarnista pojawia się tylko wokół drgających pionowych ścianek miseczki. Zjawisko to zanika przy wyższych częstotliwościach drgań (powyżej 50 Hz), gdzie następuje silne rozdrobnienie ziarn.

Rysunki 2 i 3 uwidaczniają także wpływ szybkości odlewania na wielkość obszaru o rozdrobnionej strukturze przy stałej częstotliwości drgań. Jak widać, wraz ze wzrostem szybkości odlewania obszar ten maleje można go rozszerzyć przez zwiększenie częstotliwości drgań. W przypadku stosowania zbyt dużej amplitudy drgań zaobserwowano zjawisko tworzenia się pseudo "warstwowej" budowy wlewków (rys. 4).

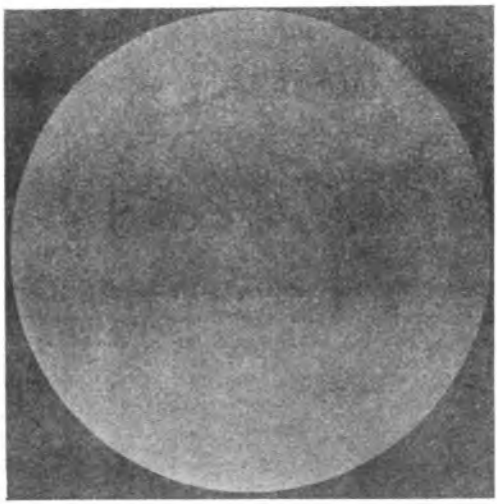
Przeprowadzone badania wpływu drgań na segregację miedzi, żelaza i manganu wykazują, że wpływ taki istnieje (rys. 7 do 9). Rozkład miedzi we wlewku odlewanym z wibracją jest bardziej zbliżony do liniowego niż we wlewku odlewanym w sposób konwencjonalny, gdzie w strefie pośredniej występuje dość znaczne obniżenie stężenia Cu. Mniej wyraźnie wpływ wibra-



Rys. 2. Struktura makro wlewka odlewanego pod działaniem drgań o często tliwości 17 Hz. Szybkość odlewania 9 cm/min.

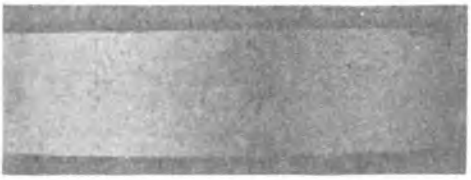


Rys. 3. Struktura makro wlewka odlewanego pod działaniem drgań o częstotliwości 17 Hz. Szybkość odlewania 10 cm/min.

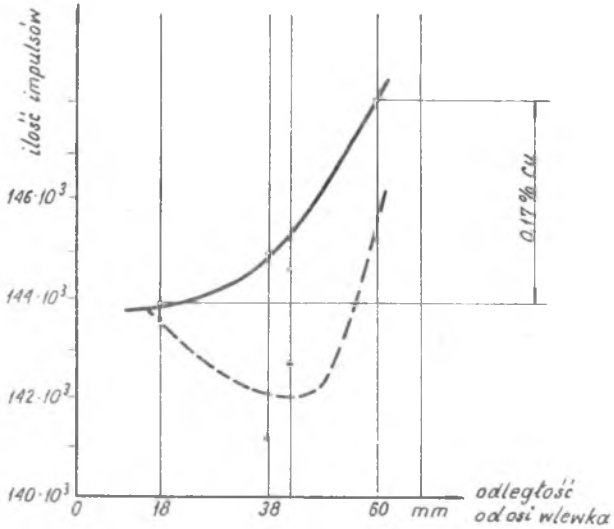


Rys. 4. Struktura makro wlewka odlewanego pod działaniem drgań o częstotliwości 58 Hz. Szybkość odlewania 10 cm/min.

Rys. 5. Powierzchnia wlewka odlewanego sposobem konwencjonalnym

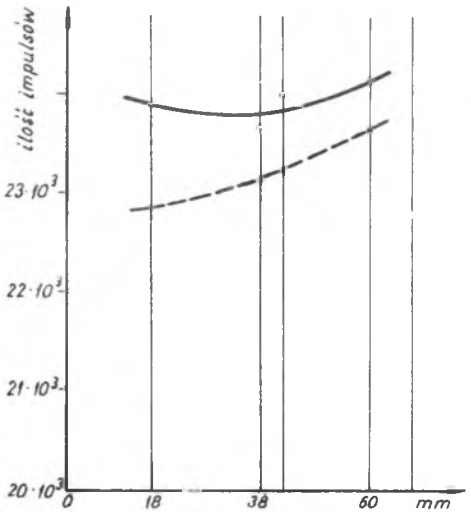


Rys. 6. Powierzchnia wlewka odlewanego pod działaniem drgań o częstotliwości 58 Hz

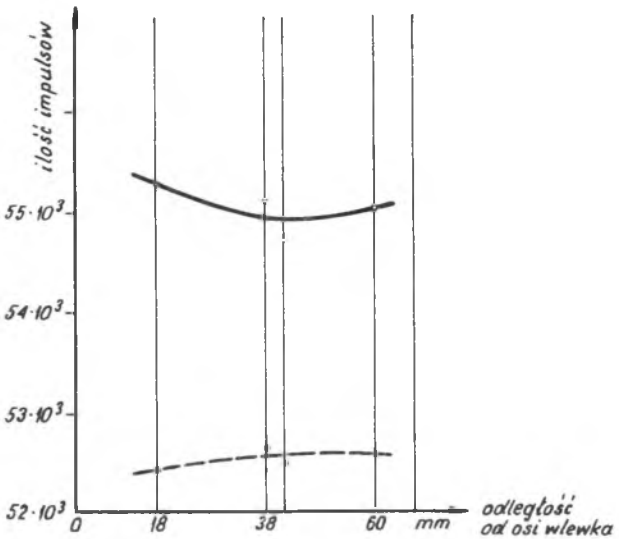


Rys. 7. Rozkład miedzi we wlewku odlewanym sposobem konwencjonalnym------ oraz z wibracją ———

cji zaznacza się na rozkład żelaza i manganu, chociaż i tutaj na przekroju wlewka odlewanego z wibracją obserwuje się bardziej równomierne rozmieszczenie tych pierwiastków.



Rys. 8. Rozkład żelaza we wlewku odlewanym sposobem konwencjonalnym----- oraz z wibracją ——



Rys. 9. Rozkład manganu we wlewku odlewanym sposobem konwencjonalnym---- oraz z wibracją ——

Wnioski

Zastosowanie drgającej miseczki w czasie odlewania półciągłego stopów Al daje wyraźną poprawę struktury wlewka.

Pod wpływem wibracji następuje polepszenie jakości powierzchni wlewka, przy czym częstotliwość drgań nie powinna być mniejsza od 50 Hz, natomiast ich amplituda powinna wynosić w przybliżeniu 0,5 mm.

Konstrukcja miseczki drgającej musi umożliwiać swobodny wypływ ciekłego metalu z miseczki do jeziorka w krystalizatorze.

Zastosowanie drgań zmniejsza segregację Cu, Mn i Fe na przekroju wlewka.

LITERATURA

1. Pillai N.R.: Metallurgical Transaction 5, 1972, 1313.
2. Gawroński J.: Wybrane zagadnienia z odlewnictwa. z. 21, IO-STOP, 1972, 62.
3. Kaczyński K.: Podstawy teoretyczne metaloznawstwa. Śląsk, 1972.
4. Gawroński J., Pilarz A.: Patent I.Odl. Pol.Śl., "Wpływ drgań na odlewanie aluminium metodą półciągłą".

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИИ В ПРОЦЕССЕ НЕПРЕРЫВНОЙ ОТЛИВКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Р е з ю м е

В работе представлены результаты исследований по влиянию применения сотрясающейся чашки в процессе непрерывного литья алюминиевых сплавов на состояние поверхности и кристаллическое строение отливки. Было установлено существенное влияние гармонических колебаний на улучшенне чистоты поверхности отливки и размельчение первичной структуры.

THE UTILIZATION OF SIMPLE, HARMONIC VIBRATIONS IN THE PROCESS CONTINUOUS CASTING OF ALUMINIUM ALLOYS

S u m m a r y

In the elaboration are presented the results of an investigation on the use of a vibrating cup in the process of continuous casting of aluminium alloys and its effect on surface condition and the crystalline structure

of the ingot. An essential influence of simple harmonic vibrations on the improvement in the smoothness of the ingot side and the refimement of the original cast structure has been abserved.