ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Seria: HUTNICTWO z. 18

Nr kol. 606

Piotr GUDRA

Huta "Kościuszko"

Czesław SAJDAK, Jerzy BARGLIK Zygmunt SZCZEPAŃSKI

Instytut Metalurgii Politechnika Ślęska

RYNNA ELEKTROMAGNETYCZNA DO TRANSPORTU CIEKŁYCH METALI NIEŻELAZNYCH

> Streszczenie. W pracy przedstawiono konstrukcję i wyniki badań parametrów prototypu rynny elektromagnetycznej do transportu ciekłych metali nieżelaznych, a zwłaszcza cynku i aluminium. Urzędzenie zbudowane w Instytucie Metalurgii Politechniki Śląskiej, posiada wzbudnik pola biegnącego o długości ok. 1,8 m, podzielony na dwa segmenty.

> Zmierzono podstawowe wielkości elektryczne, rozkłady składowych indukcji magnetycznej oraz wartość sił działających na wsad stały, modelujący ciekły metal.

1. WSTEP

W wielu krajach prowadzi się od kilkunastu lat intensywne badania na temat możliwości unowocześnienia procesów transportu i obróbki ciekłych metali w hutnictwie i odlewnictwie za pomocą urządzeń magnetohydrodynamicznych. Obiektem szczególnego zainteresowania są rynny elektromagnetyczne, które ze względu na swe zalety (prosta budowa, łatwa eksploatacja, duża niezawodność w działaniu, dostęp do powierzchni ciekłego metalu), znajdują już obecnie zastosowanie przemysłowe. Liczne prace - zwłaszcza L.A. Vertego, H. Schencka, E. Steinmetza, A. von Starcka, firm AEG Elotherm i Yaskawa – wykazały przydatność rynien elektromagnetycznych do transportu surówki między wydziałami hut [1, 2], do jej odsiarczania w przeciwprądzie [3, 4] oraz dozowania żeliwa [5, 6]. Urzędzenia te z powodzeniem stosowane są również do dozowania ciekłych metali nieżelaznych (dozowniki seri Eldomet [7]). Ostatnio w literaturze pojawiły się informacje o próbach obróbki metali nieżelaznych w rynnach elektromagnetycznych. Na przykład w 📴, 9] opisano proces rafinacji aluminium, prowadzony w biegnącym polu magnetycznym. Dzięki zastosowaniu rynny uzyskano 3-krotne zmniejszenie ilości wtrąceń niemetalicznych oraz o 20-30% obniżono zawartość wodoru w aluminium. Stwierdzono również, że w wyniku obróbki polepszyły się własności fizyczne i mechaniczne wyrobów gotowych.

1979

W Instytucie Metalurgii Politechniki Śląskiej w Katowicach zbudowano w 1978 roku prototyp rynny elektromagnetycznej do transportu ciekłych metali nieżelaznych, a zwłaszcza cynku i aluminium [10]. W pracy przedstawi się konstrukcję oraz rezultaty badań niektórych parametrów urządzenia.

2. BUDOWA RYNNY ELEKTROMAGNETYCZNEJ DO METALI NIEŻELAZNYCH

Zasadniczym elementem każdej rynny elektromagnetycznej jest wzbudnik wytwarzający biegnące pole magnetyczne. W urządzeniu zbudowanym w Insty-



Rys. 1. Prototyp rynny elektromagnetycznej do transportu metali nieżelaznych

1 - segment prosty, 2 - segment łamany, 3 - zbiornik metalu, 4 - koryto ceramiczne, 5 - kształtka prosta, 6 - kształtka wylewowa,
7 - pokrywa, 8 - konstrukcja nośna, 9 - me-chanizm zmiany nachylenia, 10 - rdzeń ma-gnetyczny, 11 - uzwojenie, 12 - chłodnica rdzenia

tucie Metalurgii Politechniki Śląskiej (przedstawionym schematycznie na rys.1) składa się on z dwóch segmentów: prostego i łamanego (rys. 2a i b), każdy o długości ok. 0,95 m. Wzbudnik posiada uzwojenie trójfazowe, dwuwarstwowe, pętlicowe, nawinięte przewodem DNSSph, o klasie izolacji H (maksymalna temperatura robocza -180^oC). Uzwojenie każdej



Rys. 2. Wzbudnik prototypu rynny elektromagnetycznej a - segment prosty

fazy podzielone jest na dwie części, które można łączyć szeregowo lub równolegle, w zależności od napięcia sieci zasilającej.

Zezwoje umieszczone są w żłobkach rdzenia magnetycznego, złożonego z blach stosowanych do budowy silników liniowych serii SL-5 (INDUKTA – Bielsko-Biała). Rdzeń wyposażony jest w chłodnicę wodną, znajdującą się pod jarzmem.



Rys. 2. Wzbudnik prototypu rynny elektromagnetyczne b - segment łamany

Wymurówka rynny elektromagnetycznej składa się z dwóch zasadniczych części: zbiornika ciekłego metalu i koryta (rys. 3), które stanowią trzy kształtki proste, jedna wylewowa oraz pokrywy zamykające koryto od góry. Wszystkie elementy ceramiczne wykonano z betonu korundowego, według technologii opracowanej przez Instytut Materiałów Ogniotrwałych w Gliwicach. Konstrukcja mechaniczna urządzenia umożliwia zmianę kąta nachylenia rynny względem poziomu w granicach 0-30°.



Rys, 3. Fragment koryta ceramicznego rynny 1 - kaztałtka prosta, 2 - kształtka wylewowa, 3 - pokrywa

Podstawowe wymiary i parametry wzbudnika oraz wymurówki zestawiono w tabl, 1.

P. Gudra i inci

Tablica 1

		1	
Wzbudni	k	Wymuró	wka
Liczba żłobków	108	Zbiornik metalu	12.8.8
Szerokość żłobka	0,012 m	- długość	0,6 m
Wysokość żłobka	0,045 m	- szerokość	0,5 m
Szerokość rdzenia	0,20 m	- wysokość	0,35 m
Wysokość rdzenia	0,075 m	- grubość dna	0,08 m
Szerokość całkowita wzbudnika	0,43 m	 grubość ścian bocznych 	0,05 m
Liczba par biegunów	4	Kształtka prosta i w	ylewowa
Podziałka biegunowa	0,15 m	- długość	0.47 m
Ilość przewodów		- wysokość	0,17 m
w Żłobku	32	- grubość dna	0,02 m
Liczba faz	3	- grubość ścian	
Drut nawojowy DNSSph	4x1,5 mm	bocznych	0,05 m

Wymiary i parametry elementów rynny elektromagnetycznej

3. BADANIE PARAMETRÓW ELEKTROMAGNETYCZNYCH RYNNY

W referacie przedstawi się jedynie wyniki badań parametrów elektromagnetycznych rynny przy biegu jałowym oraz przy obciążeniu wsadami stałymi. Własności rynny podczas transportu ciekłego metalu będą przedmiotem osobnego opracowania.

Do prób stosowano cynkowe wsedy stałe o wymiarach: 2x0,2x0,005; 2x0,2x x0,01 i 2x0,2x0,015 m, modelujące obwód wtórny urządzenia. Uzwojenia obu segmentów wzbudnika połączono szeregowo i zasilano z autotransformatora 0--380 V.



Rys. 4. Charakteryetyki elektryczne wzbudnika

• Na rys. 4 pokazano charakterystyki elektryczne badanej rynny. Przy nominalnym napięciu fazowym U = 220 V, moc pobierana przez wzbudnik wynosi P = 22 kW, przy cos \mathcal{C} = 0,55 i I = 55 A. Temu natężeniu prądu odpowiada okład prądowy A \approx 0,6.10⁵ A. Temperatura uzwojeń po 90 minutach pracy osiąga wartość ustaloną: 180°C - bez chłodzenie wodnego rdzenia i 150°C - z chłodzeniem rdzenia.

W punkcie 2 wspomniano już o podziale wzbudnika na segmenty.

Zagadnienie to jest szczególnie istotne przy budowie rynien o znacznych długościach, rzędu kilkunastu lub kilkudziesięciu metrów. W takich przy-

Rynna elektromagnetyczna do transportu...

padkach wzbudnik nie może być jednolity, zarówno ze względów konstrukcyjnych, jak i eksploatacyjnych (trudności w montażu, konieczność wymiany całego wzbudnika przy uszkodzeniu tylko części obwodu). W prototypie rynny do metali nieżelaznych podział na segmenty nie był niezbędny, lecz został dokonany w celu doboru optymalnego rozwiązania i uzyskania doświadczeń przydatnych przy budowie urządzeń o większej długości (w Instytucie Metalurgii powstaje obecnie projekt rynny o długości ok. 10 metrów, przeznaczonej do transportu i odsiarczania surówki w przeciwprądzie [11]).

Dla prawidłowej pracy rynny pożądane jest, by rozkład składowej poprzecznej indukcji magnetycznej B. (rys. 1) był możliwie równomierny wzdłuż całej długości i szerokości wzbudnika. Wtedy bowiem gęstość objętościowa sił elektrodynamicznych, którą można obliczyć ze wzoru uproszczonego [12] = B_Tf.s.G (çdzie: T - podziałka biegunowa, f - częstotliwość prądu, s - poślizg, 5 - konduktywność ciekłego metalu), będzie ulegała niewielkim zmianom, dzięki czemu przepływ ciekłego metalu w korycie będzie równomierny. Ze względu na podłużny efekt brzegowy [13], na końcach wzbudnika, a więc również na końcach poszczególnych segmentów, występuje wyraźne osłabienie pole magnetycznego. Można je w pewnym stopniu zmniejszyć poprzez zastosowanie uzwojeń kompensacyjnych. Badano skuteczność działania tych uzwojeń, umieszczonych poza końcami rdzeni magnetycznych (w powietrzu) oraz w dodatkowych żłobkach w rdzeniu wzbudnika [1]. W obu przypadkach stwierdzono, że w miejscu styku segmentów występuje znaczny spadek składowej poprzecznej indukcji magnetycznej B., sięgejący 50-70%. W związku z tym zastosowano inny sposób (rys. 5), polegający na odpowiednim ukształtowaniu końców rdzeni magnetycznych i nałożeniu na siebie skraj-



Rys. 5. Połączenie segmentów wzbudnika

1 - rdzeń magnetyczny segmentu I, 2 - rdzeń magnetyczny segmentu II, 3 dodatkowe blachy magnetyczne, 4 - zezwoje segmentu I, 5 - zezwoje segmentu II

nych zezwojów. Uzyskane rozkłady składowych poprzecznych i podłużnych indukcji magnetycznej B_y i B_x , w odległościach y = 0 (powierzchnia wzbud-



nika), y = 0,03 m (powierzchnia wewnętrzna wsadu) i y = 0,04 m (powierzchnia zewnętrzna wsadu) pokazano na rys. 6 i 7. W miejscu styku segmentów występuje tylko niewielki spadek indukcji magnetycznej, o ok. 10%.

Rys. 6. Rozkłady składowych poprzecznych i podłużnych indukcji magnetycznej na powierzchni wzbudnika (y = 0)



Rys. 7. Rozkład składowej poprzecznej (a) i podłużnej (b) indukcji magnetycznej na powierzchni wewnętrznej (y = 0,03 m) i zewnętrznej wsadu (y = 0,04 m)

Przy biegu jałowym rynny (bez wsadu) określono zmiany indukcji magnetycznej w funkcji odległości od powierzchni wzbudnika (rys. 8). Z charakterystyk wynika, że przy y = 0,03 m (powierzchnia wewnętrzna wsadu) składowe B ulegają 2,5-krotnemu zmniejszeniu, w stosunku do wartości dla y=0. Praktycznie już przy y > 0,03 m B_y i B_x są sobie równe, a więc działające na wsad składowe całkowitych sił elektrodynamicznych: F_x - wywołująca ruch metalu wzdłuż osi x i F_y - powodująca unoszenie metalu (zjawisko lewitecji) będę takiego samego rzędu.











Rys. 10. Widok ogólny układu do pomiaru siły działającej na wsad 1 – belka tensometryczna, 2 – płyta cynkowa, 3 – wzbudnik, 4 – prowadnice

Na rys. 9 przedstawiono zależność składowej F_x siły elektrodynamicznej ud napięcia zasilania wzbudnika oraz grubości wsadu modelującego ciekły metal. Pomiary wykonano w położeniu poziomym rynny za pomocą układu tensometrycznego (rys. 10).

Wyznaczone w wyniku badań podstawowe znamionowe parametry elektromagnetyczne prototypu rynny do metali nieżelaznych zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Parametry Znamionowe rynny	erektromagnetycznej
Napięcie fazowe	220 V
Prąd znamionowy	55 A (人)
Moc	22 kW
Częstotliwość	50 Hz
Współczynnik mocy	0,55
Okład prądowy	0,6.10 ⁵ A
Gęstość prądu	4,5 A
	四月 -
Temparatura uzwojeń	150°C
Indukcja średnia na powier: wsadu	zchni $B_x = 0.035 T$ $B_y = 0.025 T$
Siła działająca na wsad sta	aly 120 N

4. PODSUMOWANIE

W pracy opisano konstrukcję i wyniki badań parametrów rynny elektromagnetycznej o długości ok. 2,5 m, przeznaczonej do transportu ciekłych metali nieżelaznych, a zwłaszcza cynku i aluminium. Urządzenie to, po przeprowadzeniu prób z ciekłym metalem, będzie zainstalowane w jednej z odlewni do transportu cynku z pieca rafinacyjnego do linii odlewniczej. Uzyskane przy projektowanic i eksploatacji prototypu doświadczenia zostaną wykorzystane przy konstrukcji rynny elektromagnetycznej do transportu surówki, o długości ok. 10 m [11].

Przebieg prób przemieszczania ciekłego metalu będzie przedstawiony w osobnym opracowaniu.

1.ITERATURA

- Verte L.A.: Magnitnaja gidrodinamika w mietałłurgii. Mietałłurgija, Moskwa 1975.
- [2] Verte L.A.: Elektromagnitnaja razliwka i obrabotka židkogo mietałła. Mietałłurgija, Moskwa 1967.
- [3] Schenck H., Steinmetz E., Kuhn J.: Stoffumsatz zwischen Thomasroheisen und Sodaschlacke bei der Entschwefelung auf einer elektromagnetischen Gegenstromrinne. Stahl u. Eisen 89 (1969), H. 22, ss. 1185--1190.
- [4] Steinmetz E., Kuhn J. i inni: Reaktionen zwischen Roneisen und oxidierenden Schlacken im Gegenstrom. Stahl u. Eisen, 97 (1977) H. 22, ss. 1062-1068.
- [5] Starck A.: Stand der Entwicklung elektromagnetischer Förderrinnen für flüssige Metalle. Elektrowärme International 30(1972) B29-B34.
- [6] Starck A.: Elektromagnetische Förderrinnen für flüssige Metalle im praktischen Giesserei – und Huttembetrieb. UIE VII, Warsaw 1972, Nº 144.
- [7] Starck A.: Das Eldomet-Verfahren: Induktives Fördern und Dosieren flüssiger Metalle. Elektrowärme International 28(1970), B7-B12.
- [8] Mienszikow P.S. i inni: Cvietnyje mietałły, nr 7, 1975, ss. 46-48.
- [9] Mienszikow P.S. i inni: Ob elektromagnitnom rafinirowanii pri proizwodstwie aluminiewoj katanki. Cvietnyje mietałły, nr 1, 1978, ss. 35-37.
- [10] Fikus F., Sajdak C.: Sprawozdanie nr 1/1977 (materiały nie publikowane). Instytut Metalurgii Politechniki Ślęskiej, Katowice 1977.
- [11] Fikus F., Sajdak C. i inni: Sprawozdanie nr 2/1978(materiały nie publikowane) Instytut Metalurgii Politechniki Śląskiej, Katowice 1978.
- [12] Gielfgat J.M. i inni: Židkij mietałł pod diejstwijem elektromegnitnych sił. Zinatne, Riga 1976.
- [13] Voldek A.I.: Indukcionnyje MGD masziny s żidkomietalliczieskim raboczim tiełom. Energija, Leningrad 1970,

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ЛОТОК ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЖИДКИХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Резюме

В статье рассматривается конструкция и результаты исследованый параметров прототипа электромагнитного лотка для транспортировки жидких цветных металлов в особенности цинка и алюминия. Устройство построенное в Институте металлургин Силезского политехнического института в Гливицах, имеет индуктор бегущего поля длиной ок. 1,8 м. разделённого на два сегмента.

Произведено измерение основных электрических величин, распределение составляющих магнитной индукции, а также величины сил действующих на твёрдую шихту, моделирующую жидкий металл.

THE ELECTRO-MAGNETIC CHANNEL SERVING TO LIQUID METALS (NON-FERROUS) TRANSPORTATION

Summary

The paper presents the design and the results of research on the parameters of an experimental electromagnetic channel serving to liquid nonferrous metals transportation (first of all - zinc and aluminium). The device, constructed in the Instytut Metalurgii Politechniki Ślęskiej, is equipped in the running field inductor, appr. 1,8 m in length divided into two segments.

The basic electric magnitudes have been measured, as well as the distributions of magnetic induction components and the value of forces affecting the solid ingot modelling the liquid metal.