

TADEUSZ MAZANEK, WŁADYSŁAW HANSEL

WPLYW KSZTAŁTU WLEWNICY NA WYSOKOŚĆ STOŻKA SEDYMENTACJI
I STREFY PRZYSPIESZONEGO PIONOWEGO KRZEPNIĘCIA WLEWKA

Streszczenie. Przeprowadzono badania wpływu kształtu wlewnicy na wysokość stożka sedymentacji i strefy przyspieszonego pionowego krzepnięcia wlewka. Wykazano, że:

1. Wysokość stożka sedymentacji uzależniona jest od przeswitu stopy wlewka i jest zawsze większa od połowy przekroju jego stopy.
2. Obszar występowania segregacji "V" w osi wlewka jest ściśle związany z wysokością utworzonego stożka sedymentacji.

1. Wstęp

Wymagania jakie stawia użytkownik wyrobom lub półwyrobom hutniczym dotyczą przede wszystkim równomierności własności mechanicznych wytworów pochodzących z tego samego wytopu. Ta równomierność własności mechanicznych jest uzależniona od procesów zachodzących podczas krzepnięcia wlewków, w wyniku których występują zjawiska segregacji. Na proces krzepnięcia wlewków wywierają wpływ: temperatura rozlewanej stali [3, 4, 5, 6], geometryczny kształt wlewnicy [1, 3, 5, 6] oraz zjawiska skurczu występujące przy krzepnięciu stali we wlewnicach [2, 6, 8], gdyż segregacja w kształcie odwróconego stożka "V", jak i wtórne jamy skurczowe są wynikiem zachodzących procesów skurczowych [2]. W czasie krzepnięcia wlewka przebiegają równocześnie zjawiska fizyczne i chemiczne. Współzależność tych zjawisk nie jest jeszcze rozeznana [2]. W naszych poprzednich pracach zajmowaliśmy się wpływem parametrów technologicznych odlewania stali i występującymi równocześnie przy krzepnięciu wlewka zjawiskami fizycznymi na proces jego krzepnięcia [5, 8]. Wykazano, że z czynników technologicznych wyłącznie temperatura rozlewania stali ma istotny wpływ na wielkość skurczu liniowego czy objętościowego wlewka [8].

Zakres występującej negatywnej segregacji w osi wlewka związany jest ze stożkiem sedymentacji jak i z wysokością zalegania w osi wlewka rdzenia przyspieszonego pionowego krzepnięcia [1]. Według E. Marburga wysokość stożka sedymentacji jest wielkością stałą i równa się połowie przeswitu stopy wlewka. Z naszej poprzedniej pracy natomiast wynika, że wysokość stożka sedymentacji uzależniona jest od parametrów technologicznych jak i występujących przy krzepnięciu wlewka czynników fizycznych [5].

Skrócone równanie regresji ujmujące wpływ istotnych czynników technologicznych na wysokość stożka sedimentacji dla wlewnic zbieżnych do dołu ma postać []:

$$A_h = 0,6442 + 0,1083(S_m) + 0,0578(Z_b\%), \quad (1)$$

gdzie:

A_h - relatywny współczynnik określony równaniem:

$$A_h = (0,5 D)^{-1} \cdot h \quad (2)$$

h - wysokość stożka sedimentacji, mm

D - prześwit stopy wlewka, mm

S_m - smukłość badanego wlewka do nadstawki,

Z_b - jednostronna zbieżność wlewka, %.

Według E. Marburga negatywna segregacja sięga do połowy wysokości pionowej osi wlewka. Z badań Roquesa wynika jednak, że wysokość zalegania negatywnej segregacji w pionowej osi wlewka uzależniona jest od jego średnicy, a z jej wzrostem zakres negatywnej segregacji maleje. Dla wlewków o przybliżonym poprzecznym przekroju, wysokość zalegania negatywnej segregacji w pionowej osi wlewka jest wprost proporcjonalna do jego smukłości [7]. Obecność płyty podwlewnicowej jako dobrego przewodnika ciepła wyjaśnia szybszy postęp krzepnięcia w dolnej niż w górnej części wlewka, w wyniku przenikania ciepła przez płytę podwlewnicową [2]. Dlatego szerokość stopy wlewka jak i grubość ścianki w dolnej części wlewnicy ma znaczny wpływ na wysokość tworzącego się stożka sedimentacji, czyli strefy wolnej od segregacji "V" [1, 5]. Stąd kolejnym ważnym elementem analizy jest wpływ zbieżności wlewnicy na wysokość powstającego stożka sedimentacji [1]. Wewnętrzne linie odwrotnej segregacji "V" są obszarem przyspieszonego pionowego krzepnięcia rdzenia wlewka. Występujące zwężenie w liniach odwrotnej segregacji "V" na wysokości nadstawki lub poniżej jej, charakteryzuje równocześnie kinetykę krzepnięcia wlewka [1]. Jeżeli zwężenie znajduje się na wysokości początku głowy wlewka oznacza to, że przyspieszone pionowe krzepnięcie zakończyło się szybciej niż poziome. Natomiast o ile zwężenie tych linii znajduje się poniżej głowy wlewka, proces krzepnięcia wlewka kończy się poziomym krzepnięciem, a w rdzeniu pionowego przyspieszonego krzepnięcia występuje wtedy więcej wad typu zwykłej segregacji "V" lub wtórnych jam skurczowych [1]. Segregacja "V" występuje zazwyczaj w górnej połowie na pionowej osi wlewka, a jej zasięg jest szerszy u góry, a węższy w dolnej połowie wlewka. Taki rozkład segregacji tego typu nie jest jednak regułą [1, 2]. E. Marburg uzależnia częstotliwość występowania segregacji "V" od geometrycznych kształtów wlewka, ściślej zaś od tak zwanego krytycznego stosunku szerokości wlewka pod nadstawką (w) do jego

wysokości (h). Wlewki o małej smukłości charakteryzują się obecnością segregacji "A", natomiast we wlewkach o dużej smukłości występuje raczej segregacja "V" [2]. Z badań Roquesa odnoszących się do powiązania segregacji "V" z masą odlanego wlewka i jego składem chemicznym można wyciągnąć poniższe wnioski [3]:

- wysokość, na której występują segregacje "V" jest niezależna od ciężaru wlewka,
- im wyższa jest zawartość węgla w stali, tym mniejsza część wlewka jest objęta segregacją "V",
- na wysokość zalegania segregacji "V" we wlewkach ma silny wpływ siarka, przy czym zależność ta jest odwrotna niż przy węglu.

Omawiając zagadnienie zbieżności wlewka należy pamiętać, że większa zbieżność powoduje wzrost bezużytecznej masy głowy wlewka. E. Marburg przywiązuje większe znaczenie do zbieżności ścian wlewnicy niż do zbieżności wlewka. Matuschka i Skobło zalecają stosować większe zbieżności lecz tylko na podstawie własnych wieloletnich doświadczeń [6, 9]. Gulajew odwrotnie, zaleca stosować ograniczone zbieżności wlewka [10].

Należy w końcu zauważyć, że profil wlewnicy korzystny dla stali węglowej, okazać się może niewłaściwy dla stali stopowej, które wymagają, by krytyczny stosunek "w:h" był większy, czyli by wlewki były bardziej przysadziste. Nadmierna zbieżność wlewków stali stopowej nie gwarantuje wyeliminowania porowatości osiowej [1].

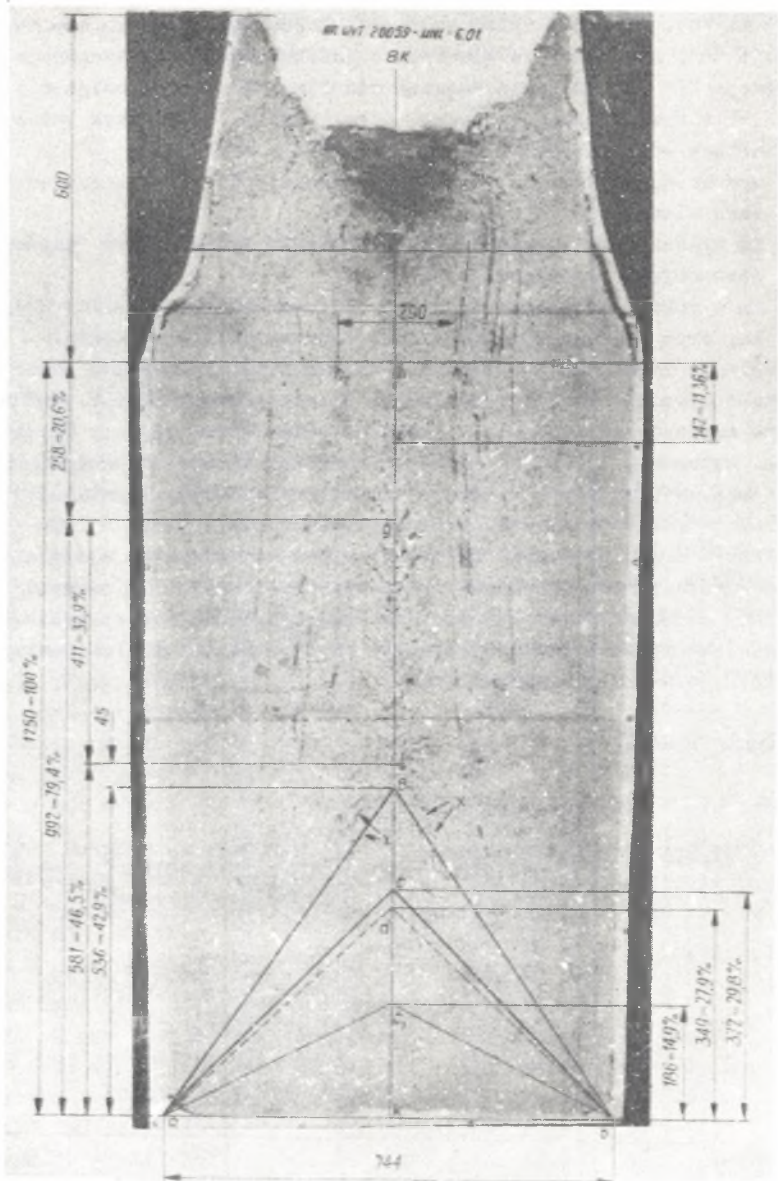
2. Badania własne^{x)}

2.1. Przebieg odlewania badanych wlewków

Analizę wpływu geometrycznego kształtu wlewnicy na rozkład i częstotliwość występowania segregacji "V", przeprowadzono na dwu wlewkach o masie 6,0 i 6,5 t. Oba te wlewki odlano z jednego wytopu i na jednej płycie odlewniczej, odpowiadają gatunkowi WNL.

Z rys. 1 i 2 widać, że korpus wlewka dwunastobocznego (rys. 2) jest wyższy o 260 mm od korpusu wlewka ośmiobocznego (rys. 1), stąd nadstawka wlewka ośmiobocznego musiała być napełniona do 100% jej wysokości, gdy tymczasem nadstawka wlewka z rys. 2 została niedopełniona o około 100 mm. Z tego powodu do nadstawki wlewka dwunastobocznego (rys. 2) użyto trzykrotnie więcej lunkierytu (egzotermicznego) niż do wlewka ośmiobocznego. Z przeprowadzonych przeliczeń wynika, że powierzchnia stopy wlewka ośmiobocznego jest o 19,7% większa od powierzchni stopy wlewka dwunastobocznego (rys. 2).

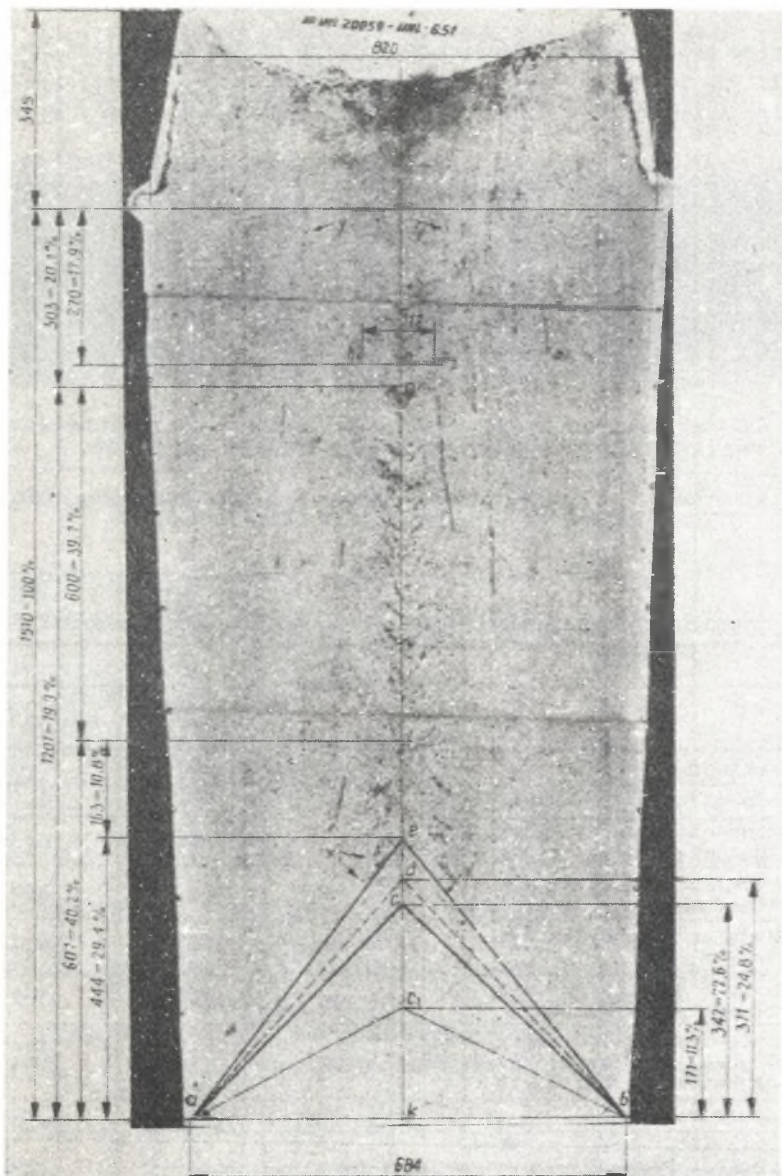
^{x)} Badania makroskopowe analizowanych wlewków wykonane zostały w laboratorium Huty Pokój, kierowanym przez dr J. Jurczyka.



Rys. 1. Odbitka Baumanna wlewka stali w gatunku WNL odlanego sposobem syfonowym do wlewnicy osmiobocznej, zbieżnej do dołu

$$Q = 6,0 \text{ t}; S_m = 1,62; Z_b = 2,24\%$$

Analiza wytopowa: C = 0,53%; Mn = 0,65%; Si = 0,25%; P = 0,022%; S = 0,024%;
Cr = 0,72%; Ni = 1,60%; Mo = 0,24%; Cu = 0,16%

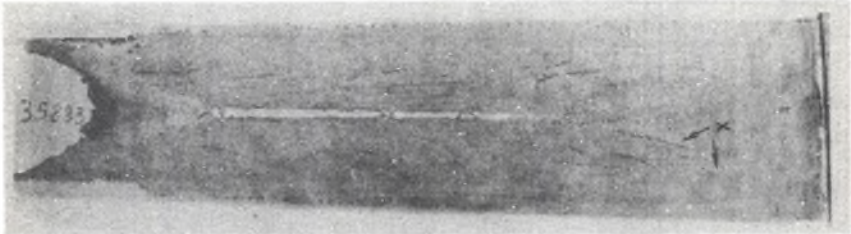


Rys. 2. Odbitka Baumanna wlewka stali w gatunku WNL, odlanego sposobem cyfrowym do wlewnicy dwunastobocznej, zbieżnej do dołu

$$Q = 6,5 \text{ t}; S_m = 2,01; Z_b = 4,50\%$$

Analiza wytopowa: C = 0,53%; Mn = 0,65%; Si = 0,25%; P = 0,022%; S = 0,024%
Cr = 0,72%; Ni = 1,60%; Mo = 0,24%; Cu = 0,16%

Średnica obu wlewków w podnadstawkowej ich części jest nieznacznie różna (tabl. 1). To też zgodnie z równaniem Stefana czas zakrzepnięcia obu wlewków powinien wykazywać nieznaczne tylko odchylenia. Ponieważ do nad-



Rys. 3. Odbitka Baumanna wlewka stali w gatunku WNL odlanego sposobem syfonowym do wlewnicy ośmiobocznej, zbieżnej do dołu $Q = 6,0 \text{ t}$; $S_m = 1,62$; $Z_b = 2,24\%$

Analiza wytopowa: C = 0,53%; Mn = 0,65%; Si = 0,25%; P=0,022%; S=0,024%; Cr = 0,72%; Ni = 1,60%; Mo = 0,24%; Cu = 0,16%

Tablica 1

Technologiczna charakterystyka badanych wlewków i wlewnic

Lp.		Jednostka	Wlewek	
			8-boczny rys. 1	12-boczny rys. 2
1	Smukłość wlewka	-	1,62	2,01
2	Jednostronna zbieżność wlewka	%	2,24	4,50
3	Stosunek średnicy wlewka pod nadstawką do jego wysokości (1)	-	0,64	0,54
4	Średnica koła wpisanego w podnadstawkową część wlewka	mm	800	820
5	Średnica koła wpisanego w stopę wlewka	mm	744	684
6	Grubość ścianki wlewnicy na połowie jej wysokości	mm	125	175
7	Grubość ścianki wlewnicy w stopowej jej części (wysokość pogrubionej części)	mm	$\frac{175}{290}$	$\frac{195}{200}$
8	Ciężar wlewnicy	kG	5700	
9	Kryterium jakości wlewków <u>wysokość korpusu</u> prześwił stopy	-	1680	2,208

stawki wlewka z rys. 2 użyto zwiększoną ilość lunkierytu egzotermicznego, dlatego czas zakrzepnięcia dwunastobocznego wlewka był dłuższy niż wlewka z rys. 1, co spowodowało intensywniejszy rozwój segregacji "V". Dowodem tego jest układ linii wewnętrznych i zewnętrznych odwróconej segregacji "V" w głowie obu wlewków.

Według karty wytopowej, temperatura kąpieli przed spustem oznaczona termoparą Pt-PtRh wynosiła 1564°C.

Uwzględniając skład chemiczny wytopu, temperatura likwidusu wynosi 1488°C, a przegrzanie kąpieli 76°C, co przy syfonowym rozlewaniu stali nie jest wysokie.

W tabl. 1 podano technologiczną charakterystykę obu wlewków, a w tabl. 2 stwierdzony ich skurcz w stosunku do wymiarów wlewnicy. Charakterystyczne jest, że wlewek dwunastoboczny ma mniejsze wartości każdego rodzaju analizowanego skurczu niż analogiczny we wlewku z rys. 1. Logiczne zatem jest, że we wlewku z rys. 2 przynajmniej segregacje "V" muszą być silniej rozwinięte, a mogą w nim również występować mikroporowatości.

Tablica 2

Stwierdzony skurcz na korpusie wlewka 8 i 12 bocznego

Lp.	Rodzaj zaobserwowanego skurczu	Jedn.	Wlewek	
			8-boczny rys. 2	12-boczny rys. 3
1	Skurcz objętościowy korpusu wlewka	%	9,33	4,63
2	Skurcz liniowy na wysokości korpusu wlewka	%	3,85	1,31
3	Średni poprzeczny skurcz korpusu wlewka	%	5,70	3,37
4	Liniowy skurcz po średnicy			
	4.1. w podnastawkowej części wlewka	%	2,50	2,38
	4.2. w stopie wlewka	%	3,38	0,87

W poprzedniej naszej pracy wykazaliśmy, że smukłość i zbieżność wlewka oraz szybkość napełniania wlewnicy stała nie mają istotnego wpływu na wielkość skurczu objętościowego, liniowego i średnio poprzecznego krzepnącego wlewka [8]. Zatem stwierdzony mniejszy skurcz wlewka dwunastobocznego (tabl. 2), ma swą przyczynę w użyciu zwiększonej ilości egzotermicznego lunkierytu, co byłoby potwierdzeniem doświadczeń Neppera [4].

2.2. Kinetyka powstawania stożka sedymentacji

Na rys. 1 i 2 naniesiono wysokość zalegania stożka sedymentacji zgodnie z założeniami Marburga (c) oraz obliczoną według równania (1) (d). Literami "a", "b" na obu rysunkach zaznaczono zakres poziomego krzepnięcia od stopy wlewka [1]. Wysokość stożka sedymentacji obliczona według równania (1), ujmująca wpływ smukłości i zbieżności wlewka (d, rys. 1 i 2) odpowiada również doświadczeniom Matuschki i Skobło. Wpływ zatem różnej smukłości i zbieżności przy obu wlewkach przedstawia odcinek "cd" na pro-

stoj "ke". Widać, że parametry technologiczne nieznacznie zmieniają wartość ustaloną przez Marburga. Można jednak zauważyć, że stożek sedimentacji na obu rysunkach (1 i 2) zalega wyżej niż to wynika z badań Marburga lub zacytowanego równania (1). Ta dodatkowa strefa tworzy niejako trójkąt nakładający się na stożek "adb".

Pobocznie tego nowego, dodatkowego obszaru, poprowadzone przez wyraźne dolne ślady odwrotnej segregacji " V_1 ", lecz mające wierzchołek w pionowej osi wlewka, które na obu rysunkach oznaczono literą "x". Punkt przecięcia się obu tych pobocznic w pionowej osi wlewka oznaczono literą "c". Po przeprowadzeniu pomiarów stwierdzono, że wysokość "ke" na wlewkach z rys. 1 jest o 20,7% większa niż na wlewkach z rys. 2, przy czym powierzchnia stopy wlewka ośmiobocznego jest równocześnie o 19,7% większa niż wlewka dwunastobocznego. Wpływ więc powierzchni stopy wlewka, a tym samym ilości odprowadzonego ciepła w jednostce czasu z krzepnącego wlewka jest zupełnie wyraźny i spowodował, że segregacje "V" i " Λ_1 " na obu wlewkach zaczynają się na różnej wysokości, czyli powyżej punktu "e".

2.3. Kinetyka powstawania segregacji " Λ_1 "

Na obu rysunkach można zauważyć, że między punktami oznaczonymi literami "ef" istnieje segregacja w kształcie odwróconego stożka, lecz mająca wyraźnie wierzchołek w pionowej osi wlewka. Segregację tę oznaczono symbolem " Λ_1 ", dla odróżnienia od segregacji "V" lub " Λ ". Segregacja " Λ_1 " występuje powyżej stożka sedimentacji "e", a poniżej segregacji "V", oznaczoną na obu rysunkach literą "f". Mimo, że Marburg nie rozróżnia tej segregacji, stwierdzić ją można w jego pracy na rys. 27 [1, str. 171]. Zastanawiające natomiast jest, że wlewek Marburga [1, rys. 27] ma prawie podobną analizę jak wlewek z rys. 1 i 2. Możemy zaznaczyć, że w badanych dotychczas przez nas wlewkach czysto węglowej stali podobnej strefy również nie stwierdziliśmy [5, 7, 8]. Można dalej spostrzec (rys. 1 i 2), że nasilenie linii odwrotnej segregacji " V_1 " między punktami "e" i "f" na wlewkach z rys. 1 jest większe niż na wlewkach z rys. 2. Przypuszczamy, że zjawisko to można łączyć z szerokością stopy wlewka, ilością i szybkością odprowadzonego ciepła przez płytę podwlewnicową z krzepnącego wlewka, z szybkością postępującego krzepnięcia od stopy i ścian wlewnicy oraz liniowym skurczem na wysokości korpusu wlewka (tabl.2, lp. 2).

Kinetykę powstawania segregacji (" Λ_1 ") można przyjąć podobną jak dla normalnej segregacji w kształcie odwróconego stożka "V" z tym, że powstaje ona w rdzeniu wlewka na froncie krzepnięcia, powyżej tworzącej "aeb", w wyniku spotkania się poziomego, przyspieszonego frontu krzepnięcia idącego od bocznych ścian wlewnicy z poziomym przyspieszonym frontem krzepnięcia, idącym od stopy wlewka (obszar "a c₁be") oraz obecności w rdzeniu tej części wlewka cieczy wzbogaconej już w likwaty. Jako dowód powyższej tezy załączamy rys. 3, w którym smuga oznaczona literą "x" ułożyła

się po tworzącej stożka sedymentacji, jako wyraźne rozdzielenie poziomego frontu krzepnięcia, idącego od stopowej części ścianki wlewnicy od poziomego frontu krzepnięcia idącego od stopy wlewka, który utworzył stożek sedymentacji.

Wyraźną różnicę w wysokości zalegania w rdzeniu wlewka segregacji "A₁" między wlewkiem z rys. 1 i 2 (odcinek "ef" na obu rysunkach) tłumaczyć należy:

- użyciem egzotermicznego lunklierytu do wlewka z rys. 2 dla opóźnienia czasu jego krzepnięcia,
- stwierdzonym mniejszym skurczem na wlewku dwunastobocznym, przy czym liniowy jego skurcz na wysokości wlewka jest trzykrotnie mniejszy niż na wlewku ośmiobocznym (tabl. 2), co prawie odpowiada stosunkowi odcinków "ef" z rys. 1 i 2.

W rdzeniu pionowego krzepnięcia, powyżej stożka sedymentacji "e" obszar "ef" podlega prawu przyspieszonego pionowego krzepnięcia, gdyż znajduje się wewnątrz, wewnętrznych linii odwróconej segregacji "V".

2.4. Zakres występowania segregacji "V"

Odcinki "fg" na rys. 1 i 2 podają zakres występowania "V" segregacji w obu wlewkach. Zauważyć można, że odcinki "kg" na obu rysunkach wyrażają tę samą procentową wartość w stosunku do wysokości korpusu wlewka, co jest zgodne z badaniami Roguesa. Można wykazać, że odcinki "fg" na obu rysunkach są proporcjonalne do odcinków "ke" lub smukłości analizowanych wlewków. Rozwarcie natomiast segregacji "V" na wlewku z rys. 2 jest większe, co wiązać należy z wielkością stwierdzonego liniowego skurczu na wysokości wlewka (tabl. 2). Istnieje zatem związek między wysokością zalegania w rdzeniu wlewka segregacji "V" a wysokością utworzonego stożka sedymentacji.

2.5. Rdzeń pionowego przyspieszonego krzepnięcia

Z układu wewnętrznych linii odwróconej segregacji "V" na obu wlewkach widać, że rdzeń pionowego przyspieszonego krzepnięcia wlewka:

- ośmiobocznego osiągnął dokładnie poziom nadstawki (rys. 1 punkty h_1 i h_2). Szerokość tego rdzenia (V_t) wynosi 200 mm, co stanowi 25% przekroju wlewka w podnadstawkowej jego części,
- dwunastokątnego nie osiągnął nadstawki, a zakończył się o 270 mm poniżej nadstawki (rys. 2, punkty h_1 i h_2). Szerokość rdzenia (V_t) na tym poziomie wynosi 117 mm, co stanowi 14,5% przekroju wlewka na tej wysokości.

Wynika z tego, że krzepnięcie wlewka z rys. 2 zakończyło się poziomym krzepnięciem. Dodatkowym dowodem na tę tezę jest zarys wewnętrznych linii odwróconej segregacji "V", idących od głowy wlewka do punktów " h_1 i h_2 ", które oznaczono literą "Y" na rys. 2.

Wlewki, w których rdzeń pionowego przyspieszonego krzepnięcia nie osiąga nadstawki, posiadają większą skłonność do występowania bardziej rozwiniętego obszaru segregacji "V", a takim jest wlewek dwunastoboczny.

Należy odpowiedzieć na pytanie dlaczego wewnętrzna struktura wlewka ośmiobocznego jest lepsza niż wlewka dwunastobocznego. Zgodnie z naszymi badaniami decydujący wpływ na wysokość tworzącego się stożka sedymentacji ma szerokość stopy wlewka [5]. Również z prac Kohna i Marburga wynika, że im szersza jest stopa wlewka, tym krzepnięcie dołu wlewka postępuje szybciej, na skutek intensywniejszego odprowadzenia ciepła. Stwarza to korzystniejsze warunki dla dodatkowego podniesienia wysokości tworzącego się stożka sedymentacji (obszary "adbe"). Pionowe, przyspieszone krzepnięcie rdzenia wlewka obejmuje prawie jednakowe procentowe obszary:

- a. ośmioboczny (rys. 1) - $100,0 - 42,9 = 57,1\%$ wysokości korpusu wlewka,
- b. dwunastoboczny (rys. 2) - $100,0 - 29,4 + 17,9 = 52,7\%$ wysokości korpusu wlewka.

W jednostkach bezwzględnych występują jednak różnice.

Prześwit podnadstawkowego przekroju obu wlewków jest prawie ten sam (tabl. 1), dlatego zakończenie krzepnięcia obu wlewków na poziomie nadstawki powinno odbyć się prawie w tym samym czasie. Z kolei powodowałoby to, że szybkość krzepnięcia rdzenia obu wlewków powinna być wyraźnie różna i większa dla wlewka dwunastobocznego. W przypadku jednak wlewka dwunastobocznego z rys. 2 użycie do nadstawki egzotermicznego lunkierytu wywołało dodatkowy ujemny skutek, tj. opóźnienie krzepnięcia rdzenia tego wlewka, z równoczesnym zakończeniem w podnadstawkowej części wlewka - krzepnięciem w kierunku poziomym (rys. 2, punkt "g"). Szybkość krzepnięcia rdzenia wlewka z rys. 2 musiała osiągnąć wartości mniejsze niż we wlewku z rys. 1, co spowodowało, że warstwa pozostałej cieczy, przylegająca bezpośrednio do frontu krzepnięcia wzbogacała się w składniki segregujące, wywołujące powstawanie segregacji "V" w większym natężeniu jakościowym i ilościowym.

Z punktu widzenia makroskopowej oceny obu wlewków, dwunastoboczny wlewek z rys. 2 jest gorszy gdyż:

- a. stożek sedymentacji osiągnął zaledwie poziom 29,4% wysokości korpusu wlewka,
- b. strefa segregacji "V" jest silniej rozwinięta i obejmuje większą liniową przestrzeń wlewka,
- c. szerokość rdzenia przyspieszonego pionowego krzepnięcia (V_t) jest prawie dwukrotnie mniejsza niż we wlewku z rys. 1, nie osiągając swym szczytem korpusu nadstawki,
- d. skurcz objętościowy i liniowy jest przynajmniej dwukrotnie mniejszy niż we wlewku z rys. 1.

Zgodnie z badaniami Marburga ocenę jakości wlewka przeprowadzić można, obliczając krytyczną jego smukłość (tabl. 1, lp. 3). W wyniku przeprowa-

dzonych badań na wlewkach z rys. 1 i 2 należy stwierdzić, że tak zwana krytyczna smukłość nie daje prawidłowej kwalifikacji makrostruktury wlewka.

Wykazano poprzednio, że decydujący wpływ na makrostrukturę wlewka ma prześwit stopy wlewka, dlatego stosunek wysokości korpusu wlewka do prześwitu jego stopy powinien być miarą jakości wlewka lub kryterium jakości wlewka (tabl. 1, lp. 9).

Sprawdzono i pomierzono, że gdyby korpus wlewka z rys. 2 zakończył się na poziomie linii " h_1 h_2 " to jego kryterium jakości wynosiłoby 1,813 a normalna smukłość miałaby 1,68 czyli tylko większa niż smukłość wlewka z rys. 1 (tabl. 1, lp. 1).

Prawdopodobnie kryterium jakości wlewka nie powinno być większe niż 1,70, lecz jest to zagadnienie wymagające szczegółowych badań na większej licznie wlewków.

3. Zakończenie i wnioski

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu smukłości i zbieżności wlewka na kinetykę krzepnięcia stali oraz obszar występowania w rdzeniu wlewka segregacji "V".

W wyniku przeprowadzonej analizy wykazano, że:

- a. wysokość tworzącego się stożka sedymentacji jest uzależniona od prześwitu stopy wlewnicy oraz od ilości odprowadzonego ciepła krzepnięcia stali przez płytę podwlewnicową w jednostce czasu (punkt "e", rys. 1 i 2),
- b. ilość odprowadzonego ciepła krzepnięcia przez płytę podwlewnicową w jednostce czasu ma większy wpływ na wysokość tworzącego się stożka sedymentacji niż smukłość i zbieżność wlewka, co na rys. 1 i 2 przedstawiają odpowiednie odcinki:
cd - wpływ smukłości i zbieżności wlewka,
ce - wpływ ilości odprowadzonego ciepła krzepnięcia,
- c. stwierdzono, że suma wysokości stożka sedymentacji i strefy zalegania segregacji "V" i " Λ_1 " w rdzeniu wlewka jest wielkością stałą, z czego wynika, że im szersza jest stopa wlewka, tym mniejszy jest obszar strefy segregacji "V" we wlewkach,
- d. w badanych wlewkach stali chromo-niklowo-molibdenowej stwierdzono występowanie segregacji w kształcie odwróconego stożka " Λ_1 " lokalizującej się nad stożkiem sedymentacji a poniżej początku występowania segregacji "V". Wierzchołek tej segregacji umieszczony jest w osi wlewka
- e. Egzotermiczna zasypka lunkierytowa użyta do wlewka z rys. 2 spowodowała intensywniejsze rozwinięcie się segregacji "V",
- f. rozwarcie segregacji "V" związane jest z liniowym skurczem wlewka wzdłuż jego wysokości (tabl. 2),

g. analizowane wlewki są dowodem, że nawet prawie dwukrotne zwiększenie zbieżności wlewka nie dało w końcowym efekcie spodziewanej poprawy wewnętrznej jego struktury, gdyż odbyło się to kosztem zmniejszenia prześwitu stopy wlewka.

LITERATURA

- [1] Marburg E. - Journal of Metals, 1953, nr 2, str. 157-172.
- [2] Kohn A. - Centre d'Étude Supérieures de la Siderurgie, 1958, zeszyt 1, str. 1-52.
- [3] Roques C., Martin P. - Revue de Métallurgie, 1960, nr 12, str. 1091-1103.
- [4] Nepper M., Laubin M. - Revue de Métallurgie, 1968, nr 1, str. 25-34.
- [5] Hansel Wł., Mazanek T. - Hutnik, 1969, nr 7-8, str. 337-346.
- [6] Matuschke B. - Berg und Hüttenmännische Monatshefte, 1958, nr 1, str. 1-12.
- [7] Hansel Wł., Mazanek T. - Hutnik, 1970, nr 1, str. 3-13.
- [8] Hansel Wł., Mazanek T. - Hutnik, 1970, nr 3, str. 115-121
- [9] Skobło S.Ja. - Stal, 1962, nr 3, str. 219-223.
- [10] Gulajew B.B., Sołniew Ju.P. - Izwiestija Akademii Nauk SSSR, Mietałły, 1965, nr 5, str. 27-40.

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ИЗЛОЖНИЦЫ НА ВЫСОТУ КОНУСА СЕДИМЕНТАЦИИ И ЗОНЫ УСКОРЕННОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ СЛИТКА

Р е з ю м е

Проведены исследования влияния формы изложницы на высоту конуса седиментации и зоны ускоренного вертикального затвердевания слитка. Доказано, что:

1. Высота конуса седиментации зависит от просвета хвостовой части слитка. Она всегда больше половины диаметра хвостовой части слитка.
2. Зона нахождения сегрегации "V" в оси слитка тесно связана с высотой созданного конуса седиментации.

THE INFLUENCE OF THE MOULD SHAPE ON THE HEIGHT
OF SEDIMENTATION CONE AND THE SPHERE OF ACCELERATED
PERPENDICULAR INGOT SOLIDIFICATION

S u m m a r y

The investigations of the influence of the mould shape on the height of sedimentation cone and the sphere of accelerated perpendicular ingot solidification were carried out.

It was stated that:

1. The height of the sedimentation cone depends on the inside diameter of the mould foot and it is always bigger than the half of this foot section.
2. The area of the segregation "V" in the mould axis is very closely connected with the height of the formed sedimentation cone.