



*There is developed the technology of steel cast at MNLZ-3 with protection of metal stream against secondary oxidation in zone flushing bowl-crystallizer through closed-bottom quartz immersible thimbles. At cast of cord steel grades at MNLZ-3 the application of closed-bottom quartz immersible thimbles of type SKSB-79 enabled to decrease the density of metal-oxide impurities with diameter 5,5 mm by 29 %, and significance subshrinking liquidation by 14,2 and 25 %.*

Э. В. ИВАНОВ, А. В. ОЛЕНЧЕНКО, М. Е. КОНТАНИСТОВ,  
А. И. НОСОВЕЦ, РУП «БМЗ»

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРЯМОТОЧНЫХ И ГЛУХОДОННЫХ СТАКАНОВ НА ПОДУСАДОЧНУЮ ЛИКВАЦИЮ

УДК 669.187

Процесс затвердевания металла при непрерывной разливке имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать при выборе способов подвода металла в кристаллизатор. Среди них следует выделить большую протяженность жидкой фазы; высокую интенсивность охлаждения металла в кристаллизаторе; асимметричность условий затвердевания металла на радиальных машинах [1].

Методом гидравлического моделирования было исследовано влияние различных конструкций погружного стакана на характеристики потоков в жидкой лунке непрерывнолитых заготовок [2]. В результате исследований установлено, что в случае использования прямоточных стаканов направление потоков происходит от центра к стенкам, при использовании стаканов с горизонтальными отверстиями направление потоков обратное — от стенок к центру. В вертикальной плоскости по

сечению кристаллизатора отличие состоит в том, что у прямоточных стаканов по центру лунки распространяются нисходящие потоки, по периферии — восходящие, у стаканов с горизонтальными отверстиями картина обратная. Глубина проникновения нисходящих потоков при этом у прямоточных стаканов в 1,8 раза выше [2]. Схемы гидродинамической структуры течения воды в модели жидкой лунки в зависимости от конструкции погружного стакана представлены на рис. 1.

Для изучения влияния конструкции погружного стакана на макроструктуру и загрязненность стали неметаллическими включениями были использованы глуходонные (с керамическим дном) погружные стаканы с четырьмя боковыми стале-выпускными отверстиями марки СКСБ-79 производства Первоуральского динасового завода (АО "Динур").

Донная часть погружных стаканов имеет плоскую поверхность, боковые стале-выпускные отверстия расположены под углом  $15^\circ$  — верхний скос отверстий и  $25^\circ$  — нижний скос отверстий. Конструкции и геометрические размеры погружных стаканов марок СКСБ-79 и СКСБ-64 показаны на рис. 2.

Для сопоставительной оценки эффективности использования глуходонных стаканов испытания проводили параллельно с обычно применяемыми в настоящее время прямоточными кварцевыми погружными стаканами марки СКСБ-64 (производитель АО "Динур").

Физико-химические показатели кварцевых погружных стаканов марок СКСБ-79 и СКСБ-64 по данным технических условий и результатам испытаний огнеупорной лаборатории представлены в табл. 1.

Стаканы подсоединяли снизу к стаканам-дозаторам марок КГ-80 или ПУ-2 высотой 350 мм с помощью манипуляторов. Глуходонные стаканы устанавливали таким образом, чтобы стале-выпускные отверстия были направлены на углы крис-

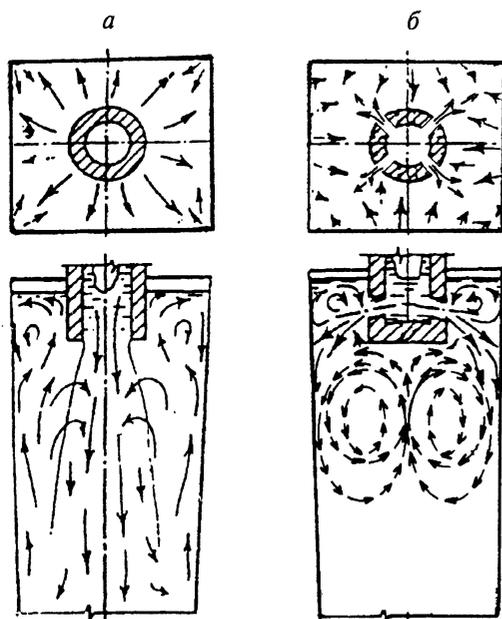


Рис. 1. Схема гидродинамической структуры течения воды в модели жидкой лунки: а — прямоточный стакан; б — глуходонный стакан

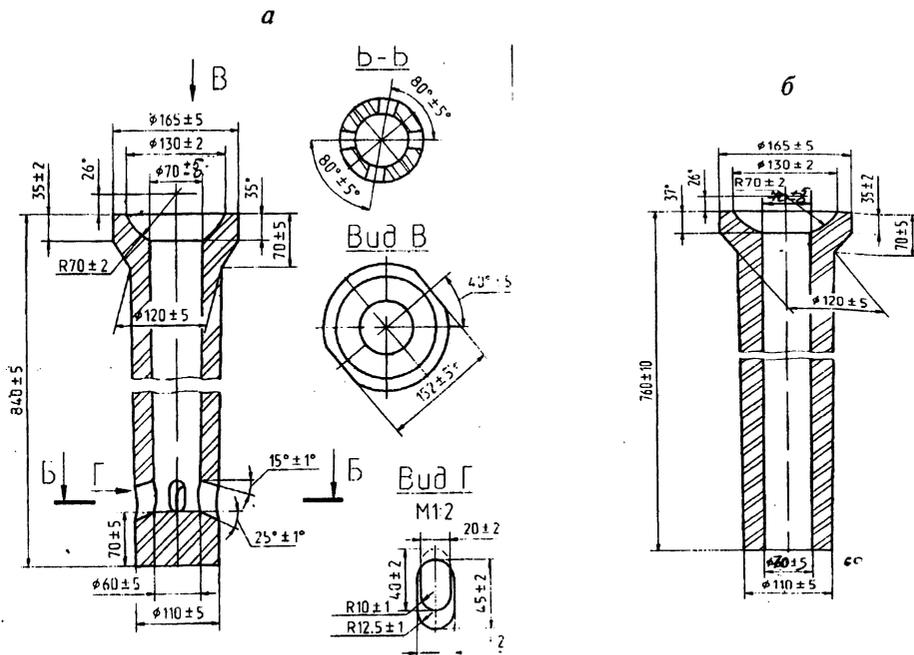


Рис. 2. Чертеж погружного стакана марки СКСБ-79 и СКСБ-64: а — глухонный стакан; б — прямоточный стакан

Таблица 1. Физико-химические показатели кварцевых погружных стаканов

Марка погружного стакана	Массовая доля, %		Пористость открытая, %	Средняя масса изделия, кг
	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
СКСБ-64	$\frac{98}{99,0}$	$\frac{0,2}{0,2}$	$\frac{18,0}{17,0}$	8,5
СКСБ-79	$\frac{98}{98,8}$	$\frac{0,2}{0,2}$	$\frac{18,0}{17,0}$	10,9

Примечание: числитель — данные ТУ 1539-003-00188162-96; знаменатель — данные результатов испытаний огнеупорной лаборатории.

таллизатора. Разогрев стаканов двух видов производили факелом газовых горелок, подведенных к нижнему краю стаканов, по существующей технологии разогрева. Продолжительность разогрева стаканов составляла от 40 мин до 1 ч 30 мин непосредственно перед началом разливки.

Эксплуатация глухонных стаканов в начальный момент разливки была связана с некоторыми трудностями, вызванными с заплескиванием металла на углы кристаллизатора, что приводило к подвисанию слитка. По ходу работы шлаковая смесь равномерно распределялась по мениску металла. Разливку серии плавков №34697—34702 производили с помощью глухонных стаканов на 1, 3, 4-м ручьях, а на 2-м ручье был установлен прямоточный стакан.

Содержание углерода в точках отбора проб с литой заготовки (рис. 3) опытной и сравнительной плавки приведено в табл. 2, а распределение углерода по сечению слитка показано на рис. 4.

Из таблицы видно, что разница содержания углерода в центре литой заготовки по отношению к периферии ниже на плавке, разлитой с применением глухонных погружных стаканов. Коэф-

фициент ликвации, определяющийся как отношение содержания углерода центр — периферия (пробы № 1—5), составил 1,097 на опытной плавке и 1,263, 1,473 — на сравнительных. Подсадочная ликвация на опытной плавке снизилась на 14,2 и 25% соответственно.

Из рисунка видно, что распределение углерода в центральной области литой заготовки более равномерное на плавке №34164 (опытная), чем на плавках №22205, 22224 (сравнительные).

С целью оценки эксплуатационных свойств глухонных стаканов провели испытания при

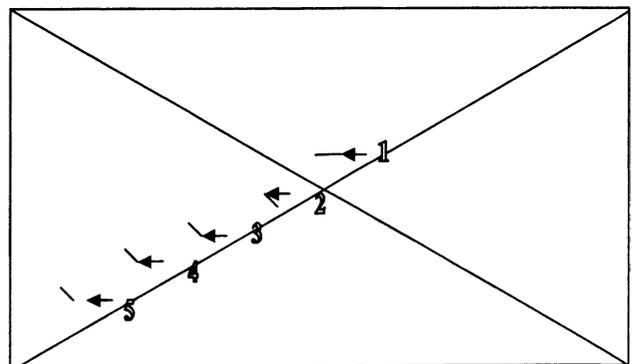


Рис. 3. Точки отбора проб с литой заготовки

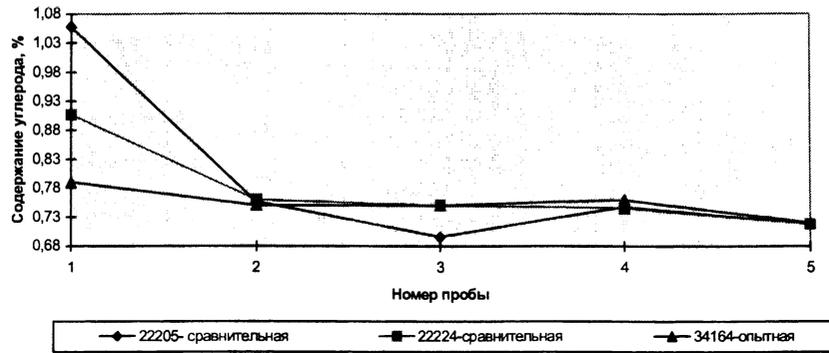


Рис. 4. Распределение содержания углерода в пробах с литых блоков опытной и сравнительной плавки стали марки 70К

Таблица 2. Содержание углерода по сечению литого блока размером 250x300мм

№№ п/п	Номера отбора проб					Номер плавки	Коэффициент ликвации С
	1	2	3	4	5		
1	1,058	0,756	0,696	0,748	0,718	22205 (сравнительная)	1,473
2	0,907	0,760	0,750	0,745	0,718	22224 (« »)	1,263
3	0,79	0,75	0,75	0,76	0,72	34164 (опытная)	1,097

разливке кордовых марок стали при следующих условиях:

- содержание марганца и алюминия в разливаемом металле составляло соответственно от 0,48 до 0,61% и от 0,001 до 0,003%;

- температура металла в промежуточном ковше находилась в пределах 1484—1510°С.

Результаты исследований показали, что в период испытаний стойкость глуходонных и прямоточных стаканов была сопоставима и соответствовала серийности разливки. Средняя стойкость глуходонных стаканов составила 2,7 плавки (при максимальной серийности разливки 4 плавки, минимальной — 2 плавки). Продолжительность эксплуатации погружных стаканов — от 2 ч 34 мин до 4 ч 59 мин.

Основными видами износа глуходонных кварцевых стаканов явились размывание внутреннего канала и сталевыпускных отверстий, износ в зоне шлакового пояса.

Отмечены также случаи прокозления между донной вставкой и стенками погружного стакана в верхней части и на всю высоту донной вставки. Отложений неметаллических включений на поверхности внутреннего канала стаканов не отмечалось. Данные по износу глуходонных стаканов марки СКСБ-79 приведены в табл. 3.

При оценке износа прямоточных и глуходонных кварцевых стаканов в зоне шлакового пояса и внутреннего канала были получены сопоставимые результаты. Прямоточные стаканы погружали в

Таблица 3. Данные по износу глуходонных стаканов марки СКСБ-79 при разливке кордовых марок стали

Стойкость стаканов, плавки	Длительность эксплуатации	Рамеры сталевыпускных отверстий			Остаточная толщина стенок в зоне шлакового пояса			Примечания
		макс-мин . сред. мм	износ, %	износ, мм/т годн. стали	макс-мин . сред. мм	износ, %	износ, мм/т годн. стали	
2	2 ч 34 мин	ширина	$\frac{28-26}{27}$	12	0,05	$\frac{20-18}{19}$	28	0,09
		высота	$\frac{50-47}{48}$	11	0,09			
3	3 ч 55 мин	ширина	$\frac{29-27}{28}$	16	0,05	$\frac{19-18}{18}$	28	0,007
		высота	$\frac{50-47}{48}$	11	0,06			
4	4 ч 59 мин	ширина	$\frac{27-26}{26}$	8	0,02	$\frac{17-15}{16}$	40	0,07
		высота	$\frac{47-45}{46}$	4	0,02			
Средние значения		ширина			0,04			0,08
		высота			0,06			

Примечание: величина износа, %, рассчитана по максимальным значениям износа стаканов.



Рис. 5. Внешний вид глуходонного стакана после разливки четырех плавков стали 70К

Таблица 4. Плотность неметаллических включений и подусадочная ликвация катанки диаметром 5,5 мм

Номер п/п	Номер плавки	Марка стали	Катанка диаметром 5,5 мм										
			глуходонные стаканы						прямоточные стаканы				
			подусадочная ликвация, балл			плотность включений			подусадочная ликвация, балл			плотность включений	
			мин.	макс.	сред.	вкл/см <sup>2</sup>	обл. С	мин.	макс.	сред.	вкл/см <sup>2</sup>	обл. С	
1	33956	70К	1,5	4	2,5	479	0	1	1,5	1,3	695	0	
2	34697	70К	1,5	2	1,6	–	–	2	3	2,5	444	0	
3	34698	70К	1,5	1,5	1,5	221	0	2	3	2,3	300	0	
4	34699	70К	1,5	2	1,66	223	0	1	2	1,58	324	0	
5	34700	70К	2	3	2,5	–	–	1,5	3	2,4	–	–	
6	34701	70К	1,5	1,5	1,5	341	4	1	2	1,3	–	–	
7	34702	70К	1,5	2	1,66	–	–	1,5	2	1,83	–	–	
Среднее значение			1,6	2,3	1,8	316,0		1,4	2,4	1,9	440,8		

металл на высоту от 90 до 130 мм от верхнего края отводных отверстий.

Внешний вид глуходонного стакана после разливки четырех плавков в серии стали 70К (длительность эксплуатации стаканов 4 ч 59 мин) показан на рис. 5.

Как видно из табл. 3, износ глуходонных кварцевых стаканов в зоне шлакового пояса составлял от 7 до 10 мм на сторону стакана (или от 28 до 40 %). Остаточная толщина стенок составляла соответственно от 15 до 18 мм. Размыв сталевыпускных отверстий по высоте окон — от 7 до 9 мм (от 8 до 16 %), по ширине — от 2 до 5 мм (от 4 до 11 %).

Средняя скорость износа глуходонных стаканов в зоне шлакового пояса составила 0,08 мм/т, средняя скорость размыва сталевыпускных отверстий по высоте окон — 0,06 мм/т, по ширине — 0,04 мм/т.

Средняя плотность неметаллических включе-

ний в катанке диаметром 5,5 мм плавков, разливаемых на глуходонных погружных стаканах, равна 316 вкл/см<sup>2</sup>, а сравнительных (прямоточных) — 440,8 вкл/см<sup>2</sup>, т.е. снижение плотности включений составило 29% (табл. 4).

### Выводы

Разработана технология разливки стали через глуходонные погружные кварцевые стаканы марки СКСБ-79. Установлено, что стойкость глуходонных погружных кварцевых стаканов марки СКСБ-79 аналогична стойкости прямоточных марки СКСБ-64. Применение погружных кварцевых стаканов при разливке кордовых марок сталей привело к снижению подусадочной ликвации в литой заготовке на 14,2 и 25%, а также средней плотности неметаллических включений в катанке диаметром 5,5 мм — на 29%.