

Как видно из рис.2, б, при заполнении формы с одним фиксированным значением β уровень сплава в верхней тонкостенной части формы 1 значительно превышает равновесный 2. Поэтому в конце заполнения формы металлоstaticкое давление расплава намного больше перепада давлений, действующего на расплав. Это вызывает опускание уровня сплава с последующими его колебаниями и образование дефектов отливок в виде спаев.

При заполнении формы с использованием трех последовательно включаемых диафрагм с рассчитанными по приведенной методике площадями ($\omega_{\partial 0}=3,36$ мм, $\omega_{\partial 1}=1,14$ мм, $\omega_{\partial 2}=2,87$ мм) обеспечивается плавное, без существенного фонтанирования заполнение всех элементов формы. Погрешность расчетных значений времени не превышает 10 %.

Данная методика может быть рекомендована при изготовлении отливок со значительными перепадами толщин стенок ($\frac{\omega_{i+1}}{\omega_i} < 0,5$ или $\frac{\omega_{i+1}}{\omega_i} > 0,6$).

Литература

1. Чуркин Б. С., Гофман Э. Б. Основы литейной гидравлики. Екатеринбург: Изд-во Свердл. инж.-пед.ин-та, 1992. – 236 с.

А. Г. Панчук, Э. Б. Гофман,
Е. А. Казанцева, О. Е. Обожина

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛЕННОСТИ И СОСТАВА МЕТАЛЛА В СТАЛЕРАЗЛИВОЧНОМ КОВШЕ ВО ВРЕМЯ ВЫПУСКА, РАСКИСЛЕНИЯ И РАЗЛИВКИ

Известно, что качество кипящего химически задушенного слитка во многом зависит от состава металла и в первую очередь от содержания кислорода и температуры металла.

С целью изучения поведения компонентов металла в процессе разливки, нами было проконтролировано около 40 плавок стали марки 08кп. Пробы отбирали из ковша по мере его наполнения, в начале разливки, а также перед наполнением изложниц по ходу состава. В таблице представлено изменение состава металла и шлака за время разливки.

Как видно из рис. 1, содержание марганца и кремния в стали с момента окончания раскисления до разливки первых слитков заметно снижается, что может быть связано с продолжительным усреднением состава металла. В конце разливки, когда в ковше остается 40–50 т металла, вновь наблюдается падение

концентрации тех же элементов, в то же время содержание кислорода увеличивается на 30–30 %. Такие изменения состава металла в конце разливки можно объяснить только влиянием находящегося в ковше шлака как источника кислорода.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о том, что состав металла в ковше в процессе разливки не остается стабильным, особенно по кислороду. Более того, обеспечить такие показатели без принятия специальных мер (например, продувкой металла в ковше инертным газом) довольно трудно. Следствием этого, при субъективной оценке интенсивности кипения металла в изложнице, являются значительные колебания расхода алюминия на химическое закупоривание и получение большой доли слитков с неблагоприятной структурой.

Химический состав металла и шлака в сталеразливочном ковше

Номер плавки	Состав, %								
	металла				шлака				
	C	Si	Mn	O	CaO	SiO ₂	FeO	MnO	Al ₂ O ₃
1	<u>0,07</u>	<u>0,014</u>	<u>0,33</u>	<u>0,048</u>	<u>49,51</u>	<u>17,47</u>	<u>12,67</u>	<u>7,74</u>	<u>2,92</u>
	0,07	0,011	0,44	0,043	21,20	21,11	15,04	10,07	6,39
2	<u>0,07</u>	<u>0,011</u>	<u>0,34</u>	<u>0,055</u>	<u>Н. св.</u>	<u>16,21</u>	<u>17,35</u>	<u>14,42</u>	<u>5,30</u>
	0,07	0,011	0,29	0,041	Н. св.	20,03	16,06	13,59	5,95
3	<u>0,09</u>	<u>0,012</u>	<u>0,042</u>	<u>0,037</u>	<u>40,58</u>	<u>12,02</u>	<u>18,55</u>	<u>8,13</u>	<u>3,26</u>
	0,08	0,011	0,035	0,045	34,94	16,40	19,16	7,87	9,87
4	<u>0,10</u>	<u>0,006</u>	<u>0,35</u>	<u>0,045</u>	<u>43,91</u>	<u>13,08</u>	<u>18,69</u>	<u>10,92</u>	<u>3,48</u>
	0,09	0,006	0,33	0,049	36,12	17,75	17,73	10,07	5,44
5	<u>0,08</u>	<u>0,007</u>	<u>0,40</u>	<u>0,045</u>	<u>41,45</u>	<u>16,91</u>	<u>19,47</u>	<u>18,34</u>	<u>7,01</u>
	0,07	0,006	0,30	0,046	28,57	20,92	18,75	13,67	7,40
6	<u>0,08</u>	<u>0,007</u>	<u>0,41</u>	<u>0,035</u>	<u>44,76</u>	<u>19,41</u>	<u>11,35</u>	<u>17,74</u>	<u>7,10</u>
	0,07	0,006	0,34	0,044	37,60	21,57	11,25	15,87	10,16
7	<u>0,10</u>	<u>0,007</u>	<u>0,43</u>	<u>0,040</u>	<u>45,58</u>	<u>21,93</u>	<u>19,42</u>	<u>11,61</u>	<u>5,93</u>
	0,09	0,006	0,38	0,042	35,34	22,29	13,76	12,88	9,02
8	<u>0,10</u>	<u>0,010</u>	<u>0,50</u>	<u>0,037</u>	<u>39,48</u>	<u>22,32</u>	<u>19,36</u>	<u>23,26</u>	<u>2,65</u>
	0,10	0,006	0,44	0,035	21,60	29,14	15,56	24,10	7,71
9	<u>0,10</u>	<u>0,011</u>	<u>0,36</u>	<u>0,044</u>	<u>51,70</u>	<u>16,91</u>	<u>13,91</u>	<u>9,12</u>	<u>3,75</u>
	0,08	0,009	0,36	0,046	25,53	22,42	15,14	4,86	7,95
10	<u>0,09</u>	<u>0,008</u>	<u>0,46</u>	<u>0,031</u>	<u>43,59</u>	<u>8,49</u>	<u>18,95</u>	<u>10,43</u>	<u>6,26</u>
	0,08	0,009	0,44	0,042	35,81	14,39	17,41	10,05	10,64
11	<u>0,10</u>	<u>0,009</u>	<u>0,51</u>	<u>0,031</u>	<u>37,32</u>	<u>21,46</u>	<u>15,86</u>	<u>12,66</u>	<u>3,84</u>
	0,09	0,007	0,51	0,047	31,14	20,52	14,83	13,87	7,84

Числитель – начало разливки, знаменатель – конец разливки

В значительной степени указанную проблему можно решить, если иметь оперативную информацию об окисленности металла в ковше при наполнении каждого слитка.

С целью получения объективной оценки окисленности металла, отправляемого на разливку, нами было предложено и опробовано устройство, по-

звляющее непрерывно контролировать активность кислорода в металле и его температуру во время выпуска и разливки. Управление раскислением металла в ковше осуществляется на основе информации об окисленности с учетом всех предшествующих этому моменту процессов.

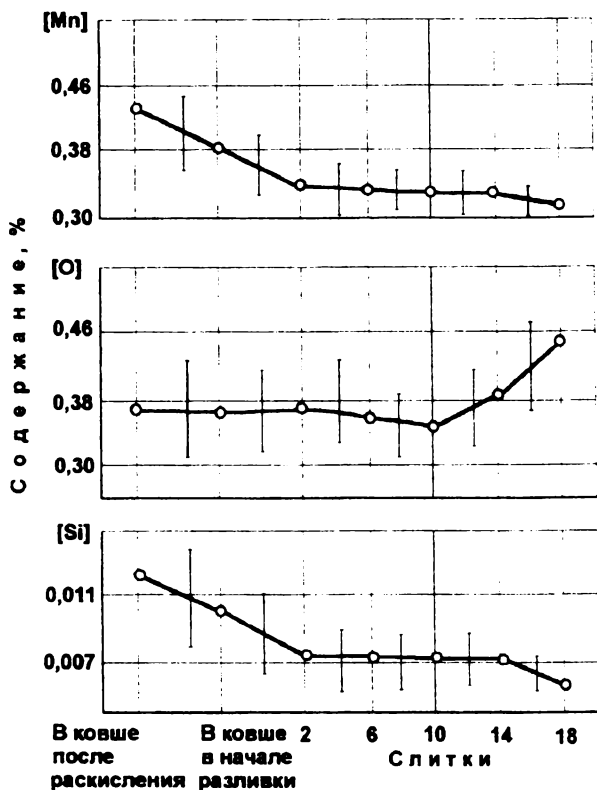


Рис. 1. Изменение содержания марганца, кислорода и кремния в металле

Устройство (рис. 2), выполненное в виде огнеупорного блока, устанавливалось в нерабочий сталеразливочный стакан на огнеупорной обмазке. В качестве датчиков активности кислорода в металле использовали твердые электролиты на основе Al_2O_3 с добавками ZrO_2 и TiO_2 . Электродом сравнения служил спектрально чистый графит. Для защиты огнеупорного датчика от термического удара при попадании в ковш первых порций металла, а также от механического воздействия использовали два стальных стакана.

Установку блока осуществляли одновременно с закреплением рабочего сталеразливочного стакана, и после кратковременной сушки стакана и блока

под горелкой ковш был готов к принятию металла. Запись ЭДС с датчиков производилась с помощью прибора КСП-4 через экранированный кабель.

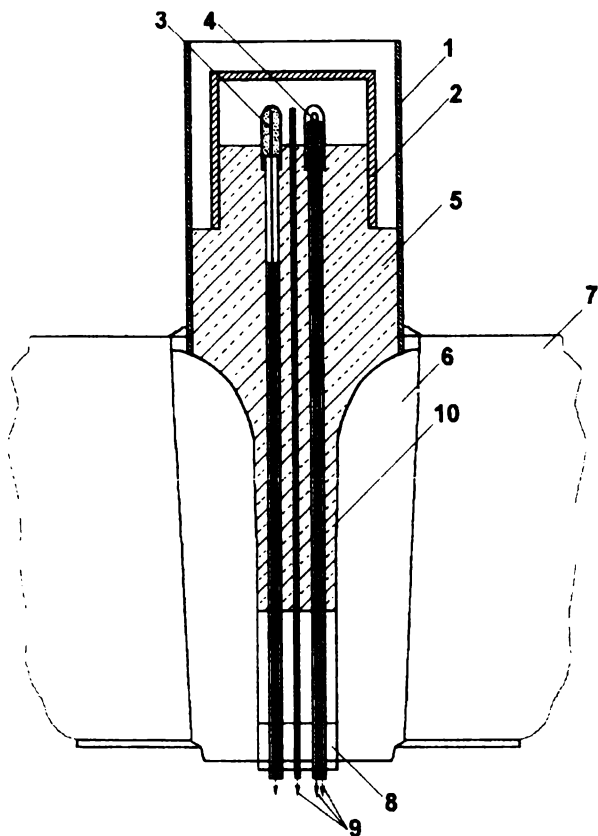


Рис. 2. Устройство для замера окисленности и температуры металла в ковше: 1, 2 – металлическая защита; 3, 4 – датчики окисленности и температуры; 5 – огнеупорный блок; 6 – сталеразливочный стакан; 7 – футеровка ковша; 8 – металлическая пробка; 9 – токоотводы; 10 – огнеупорная обмазка

На рис. 3, 4 приведены диаграммы, записанные во время выпуска стали 08кп. На диаграмме (см. рис. 3) видно, что датчик окисленности металла начал работать через 20 с от начала выпуска, что свидетельствует о возможности получать информацию об активности кислорода уже первых порций металла. После ввода ферромарганца на 2-й минуте от начала слива металла, ЭДС с достигнутого исходного значения 340 мВ плавно снизилась до 170 мВ, а затем по мере

поступления новых порций металла увеличилась до уровня 260 мВ и на этом уровне сохранялась до начала разливки.

Попытка корректировки окисленности металла присадкой алюминия массой 22 кг на 3-й минуте от начала выпуска не привела к снижению активности кислорода, так как, видимо, основная его доля окислилась за счет шлака и атмосферы воздуха. Следовательно, судя по диаграмме, на данной плавке (длительность выпуска 4 мин) степень использования алюминия металлом очень низкая.

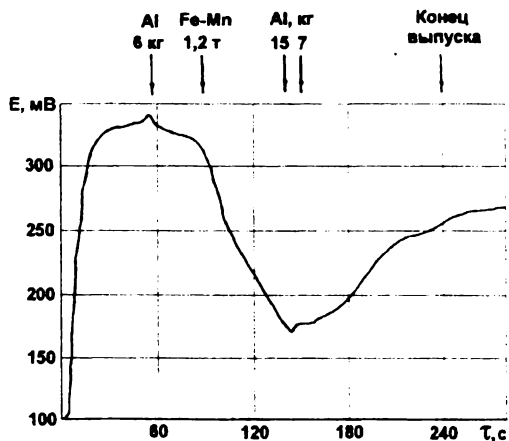


Рис. 3. Диаграмма записи ЭДС на плавке с коротким выпуском металла

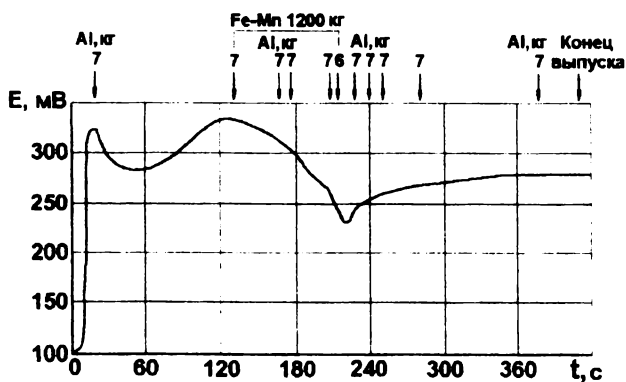


Рис. 4. Диаграмма записи ЭДС по ходу выпуска металла

Диаграмма изменения окисленности металла во время выпуска другой шлавки (см. рис. 4) дает несколько иные сведения о степени использования алюминия, присаживаемого в ковш. За время слива металла из конвертера в течение 6 минут 45 секунд было введено в ковш около 80 кг алюминия, из которых только первые добавки (35 кг) оказали раскисляющее воздействие на металл – на 1-й и 3-й минутах от начала выпуска. Алюминий, введенный позднее, реагировал в основном с кислородом шлака и атмосферы.

Причинами преобладающего окисления алюминия после выпуска более половины металла в ковш по нашим наблюдениям являются:

1) увеличение количества шлака в ковше за счет раскисления и воронкообразования (по нашим данным, приблизительно в 2 раза);

2) уменьшение степени перемешивания металла падающей струей.

Поэтому чем раньше (примерно до 1/2 высоты наполнения ковша) присаживается алюминий, тем с меньшим количеством шлака он взаимодействует и, следовательно, более полно используется для раскисления металла.

Таким образом, при необходимости корректировки окисленности металла (о чем можно надежно судить по показаниям датчиков кислородно-концентрационных элементов) алюминий следует вводить только в начале выпуска, тогда необходимость в больших расходах алюминия просто отпадет.

Непрерывный замер окисленности металла в ковше во время разливки позволяет управлять процессом химического закупоривания слитков и избежать субъективных ошибок в оценке количества вводимого в изложницу алюминия, а следовательно, увеличить долю качественных слитков.

**А. В. Афонаскин,
Б. С. Чуркин,
Т. Ю. Бажова**

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКИСЛЕНИЯ СТАЛИ 30ХМЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННОЙ АРМАТУРЫ, РАБОТАЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Известно, что на хладноломкость промышленных сталей существенно влияет количество и морфология неметаллических включений [1, 2]. От применяемых раскислителей и технологии раскисления стали зависят типы неметаллических включений, индекс загрязненности стали и гранулярность структуры. Одним из путей повышения хладнотойкости стали является бескремнистое раскисление алюминием, при этом важно определить оптимальное количество