

*Аспирант Васильев Д.Б.,
аспирант Кузнецов Д.Ю.,
канд. тех. наук, доцент Куберский С.В.,
студент Серегин М.Г.,
(ДонГТУ, Алчевск, Украина)
начальник группы непрерывной разливки
и внепечной обработки стали Пащенко А.В.,
(ЦЛК ОАО «АМК», Алчевск, Украина)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛЕ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ

Наведені результати досліджень впливу водню, на хід технологічного процесу безперервного лиття. Запропоновані рекомендації з підготовки метала до розливання.

Наличие растворенного водорода в стали является причиной ряда дефектов и увеличивает отбраковку металлопродукции. Эти дефекты являются следствием внутреннего давления, возникающего когда атомы водорода спариваются для образования стабильных молекул H_2 большего объема.

Негативным проявлением водорода в стали являются флокены, они появляются при температуре менее $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и приводят к трещинам в стальных конструкциях.

Влияние водорода проявляется уже при $1 - 2\text{ см}^3/100\text{ г}$, и с дальнейшим увеличением его концентрации механические свойства стали ухудшаются. При $5 - 10\text{ см}^3/100\text{ г}$ пластичность металла минимальная и не изменяется при дальнейшем увеличении содержания водорода. Следует иметь в виду, что водородное охрупчивание в стали имеет место в температурном интервале от $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1].

Различные источники подтверждают наличие связи между содержанием водорода в стали и прорывами на МНЛЗ. Эти прорывы имеют вид залипания и объясняются адсорбцией водорода в смазку кристаллизатора. Пузыри газа вызывают кристаллизацию смазки и увеличивают ее вязкость. Риск прорывов становится критичным, когда уровень водорода превышает 9 ppm или $9,7\text{ см}^3/100\text{ г}$, [2].

Основной задачей данной работы является исследование влияния водорода на технологические параметры непрерывной разливки и раз-

работка рекомендаций способствующих повышению эффективности процесса получения непрерывнолитых слябов.

Одной из основных проблем непрерывной разливки сталей на двухручьева слябовой криволинейной МНЛЗ №1 ОАО «АМК» является зависание слитка в кристаллизаторе и повышение в результате этого вероятности прорыва металла.

Для исследования влияния водорода на технологию непрерывной разливки и возникновение аварийных ситуаций была проведена статистическая обработка 171 плавки по данным разливочных журналов МНЛЗ №1. На основании данных таблицы 1 была построена зависимость процента аварийности от содержания водорода в металле (рис.1).

Таблица 1 – Процент аварийности в зависимости от содержания водорода в металле

Содержание водорода, ppm	Кол-во безаварийных плавков, шт	Кол-во аварийных плавков, шт	Процент аварийности, %
4,0÷4,4	4	1	20
4,5÷4,9	16	1	5,9
5,0÷5,4	28	5	15,2
5,5÷5,9	17	9	34,6
6,0÷6,4	6	9	60
6,5÷6,9	0	11	100
7,0÷7,4	2	11	84,6
7,5÷7,9	2	8	80
8,0÷8,4	4	8	66,7
8,5÷8,9	2	5	71,4
9,0÷9,4	1	4	80
9,5÷9,9	2	3	60
10,0÷10,4	1	4	80
10,5÷10,9	2	3	60
11,0÷11,4	0	2	100

Из рисунка 1 видно что содержание водорода в металле оказывает немаловажное влияние на ход технологического процесса. Подвисание слитка в кристаллизаторе и вероятность возникновения аварийных ситуаций возрастает с ростом содержания растворенного в стали водорода. Исходя из данных рисунка 1 при содержании водорода до 4,9 ppm количество аварийных плавков не превышает 10%, а дальнейшее повышение содержания водорода приводит к увеличению этого числа до 82%.

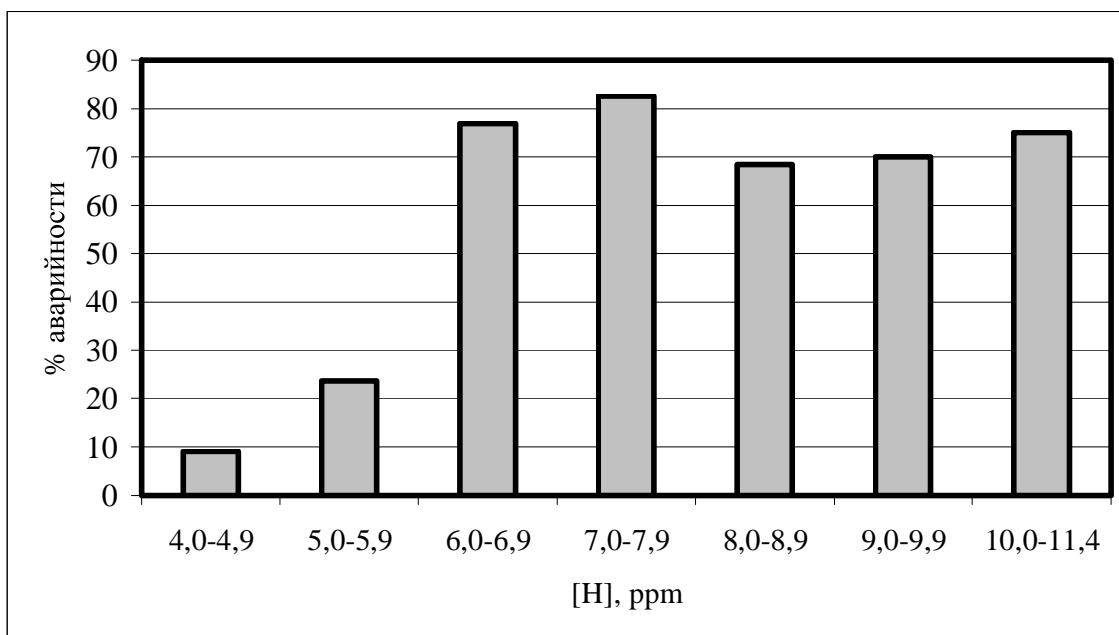


Рисунок 1 – Влияние [H] на возникновение аварийных ситуаций при непрерывной разливке

Таким образом, повышенное содержание водорода существенно ухудшает технологические параметры процесса и необходимо принимать меры для предотвращения насыщения им металла.

Известно, что основным источником водорода при производстве стали являются шлакообразующие материалы и в первую очередь известь. Кроме того, глубокое раскисление стали на установке печь-ковш (УПК) и наличие известково-алюминиевого шлака будет способствовать повышенному поглощению водорода из атмосферы, так как основные шлаки имеют высокую газопроницаемость [3].

Наличие такого шлака характерно технологии внепечной обработки металла на ОАО «АМК». С целью глубокой десульфурации металла и шлака их раскисляют большим количеством алюминия в виде чушек, гранул, катанки и алюмофлюса.

Для исследования поведения водорода в ходе подготовки металла для непрерывной разливки было проанализировано 30 плавов марки 1006 (табл. 2), и построены зависимости содержания водорода в промежуточном ковше МНЛЗ от количества вводимых шлакообразующих и раскислителей при внепечной обработке стали на УПК (рис.2,3).

Таблица 2 – Расход материалов при обработке стали марки 1006 на УСП

№ плав-ки	[H], ppm	(CaO), кг	Al _{кат-ка} , кг	Al _{флюс} , кг	Al _{гран} , кг	Al _{чуш} , кг
1	3,7	2000	350	550	-	304
2	4,8	2100	377	590	140	320
3	4,7	2000	345	700	-	220
4	4,5	1600	225	500	-	220
5	4,5	2100	320	700	90	213
6	5,8	1800	410	600	40	134
7	5,8	2700	460	550	90	200
8	5,4	2550	360	800	140	192
9	5,6	2650	440	690	175	285
10	5,0	2100	270	360	130	224
11	5,9	1800	320	670	161	130
12	5,7	2350	305	550	125	224
13	5,5	1800	368	550	-	252
14	5,7	1900	475	750	90	255
15	5,8	2700	445	540	140	130
16	5,3	2600	340	880	-	203
17	5,1	2350	410	400	30	100
18	5,3	2300	480	600	60	210
19	5,7	1900	320	600	-	194
20	5,7	2150	365	550	60	133
21	5,1	2200	340	650	120	229
22	5,2	2150	490	800	90	298
23	5,4	2050	370	700	60	246
24	6,6	2100	410	550	60	190
25	6,6	2150	500	900	60	141
26	6,3	2000	330	600	60	128
27	6,3	2400	400	650	60	261
28	6,1	2400	350	600	30	170
29	7,1	2700	490	650	90	222
30	7,4	2900	357	950	105	208

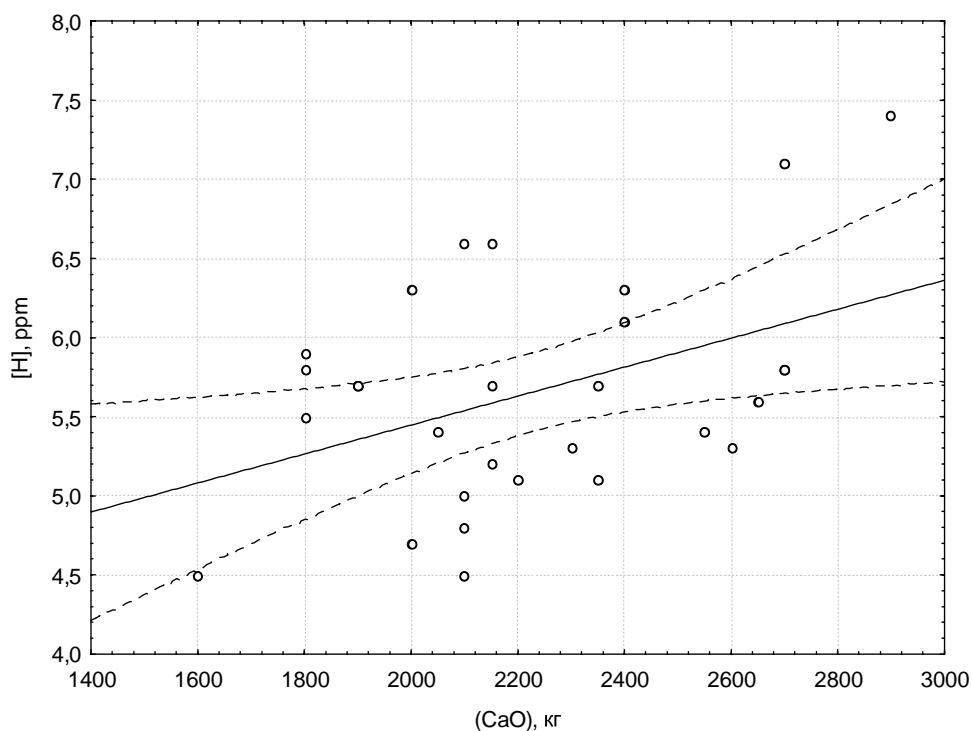


Рисунок 2 – Зависимость содержания [H] в металле от расхода извести на УКП (коэффициент корреляции $r = 0,4240$)

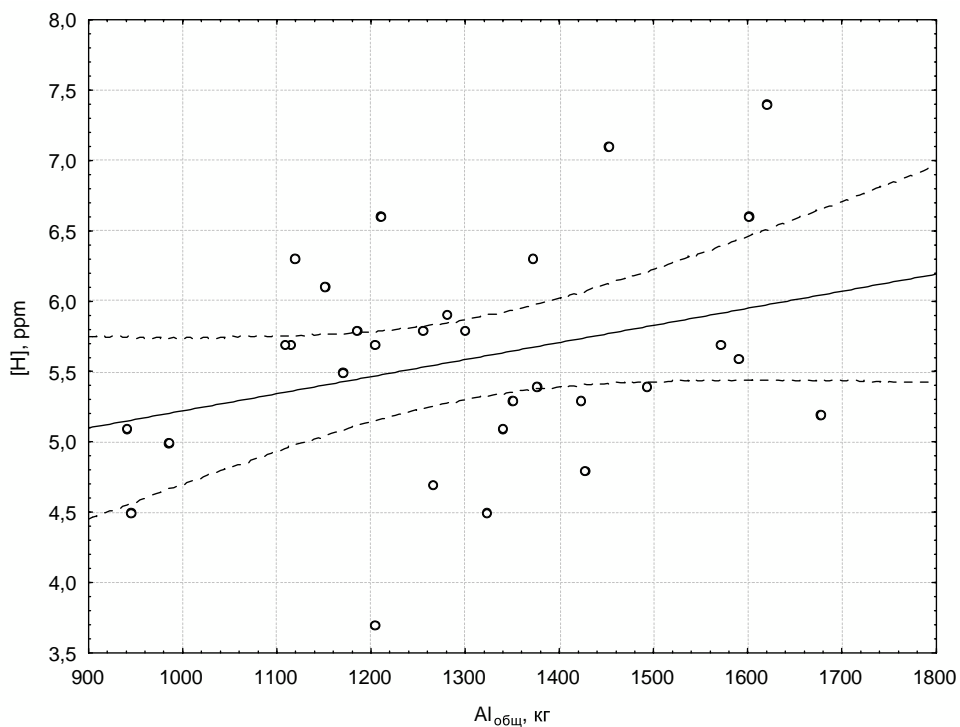


Рисунок 3 – Зависимость содержания водорода в стали от количества вводимых алюмосодержащих материалов, (коэффициент корреляции $r = 0,3085$)

Статистическая обработка результатов позволила установить зависимости содержания водорода в стали от:

- количества присаживаемой извести,

$$[H] = 3,6153 + 0,0009 * (CaO);$$

- количества вводимых алюмосодержащих материалов,

$$[H] = 4,005 + 0,0012 * [Al_{общ}];$$

Проведя анализ найденных зависимостей можно сделать вывод, что содержание водорода в металле существенно повышается с увеличением расходов извести и алюмосодержащих материалов.

Для предотвращения насыщения металла водородом необходимо принимать меры по снижению содержания влаги в извести, а также минимизировать расход алюмосодержащих материалов применяемых для раскисления металла.

Приведены результаты влияния водорода на ход технологического процесса непрерывной разливки. Даны рекомендации по подготовке металла к разливке.

Results of influence of hydrogen on a course of technological process continuous casting are presented. Recommendations on preparation of metal to casting are given.

Библиографический список.

1. Смирнов А.Н. и др. Теория и практика непрерывного литья заготовок. / А.Н. Смирнов, А.Я. Глазков, В.Л. Пилюшенко В.Л. и др. – Донецк: ДонГТУ, ООО «Лебедь», 2000. – с. 97-99.

2. LMr. P.J. Zakowski, Mr. L.V. Brannon, Mr. D.C. Mooney, Mr. W. Stolncker and Mr. R.P. Stone. "Application of direct hydrogen measuring system for process evaluations", *Proceedings Steelmaking Conference 1989*, 72, pp 393 – 400.

3. Дюдкин Д.А. и др. Производство стали на агрегате ковш-печь. / Д.А. Дюдкин, С.Ю. Бать, С.Е. Гринберг, С.Н. Маринцев. – Донецк: ООО «Юго-Восток, ЛТД», 2003. – С. 60-61.