

Изобретение относится к черной металлургии, в частности к составу стали преимущественно для разливки в изложницы и на МНЛЗ.

В настоящее время широко, выплавляются низкокремнистые кипящая и полуспокойная стали, отливаемые в слитки. Недостатком этих низкокремнистых сталей является то, что слитки кипящей и полуспокойной стали обладают высокой химической неоднородностью, недостаточной плотностью и пониженной пластичностью коркового слоя. Разливка этих сталей на МНЛЗ затруднена.

Известна жидкая низкокремнистая сталь [1], содержащая, мас. %:

углерод	0,12-0,19
марганец	0,35-0,65
кремний	0,05-0,17
хром	0-0,25
никель	0-0,25
медь	0-0,25
азот	0-0,008

Недостатками этой стали являются пониженная плотность и относительное удлинение металла коркового слоя слитков, обусловленные наличием газовых пузырей и каналов.

Задачей изобретения является разработка состава стали и способа ее производства путем дополнительного введения компонентов, позволяющих повысить плотность и относительное удлинение металла коркового слоя слитка.

Поставленная задача решается тем, что в жидкую низкокремнистую сталь содержащую углерод, марганец, хром, никель, медь, азот и железо дополнительно введены алюминий кислоторастворимый, водород, кислород активный и титан при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Углерод	0,03-1,5
марганец	0,05-2,5
кремний	0,001-0,11
хром	0,01-0,40
никель	0,01-0,40
медь	0,01-0,40
азот	0,001-0,030
водород	0,0001-0,0008
кислород активный	0,0001-0,004
алюминий	0,005-0,050
кислоторастворимый	
титан	0,001-0,050
железо	остальное.

Введение в жидкую низкокремнистую сталь комплекса указанных количеств алюминия кислоторастворимого, водорода, кислорода активного и титана предотвращает образование газовых пузырей в корковом слое слитка, что приводит к повышению плотности и относительного удлинения металла этого слоя.

Нижние пределы содержания углерода (0,03 %) и марганца (0,05%) приняты от значений, когда начинает проявляться влияние этих элементов на прочность стали. Верхние пределы содержания углерода (1,5%) и марганца (2,5%) ограничены величинами, когда резко уменьшается пластичность металла.

Нижний предел содержания кремния (0,001%) принят от величины, когда начинает заметно проявляться раскислительная способность этого элемента, а верхний предел (0,11%) ограничен значением, при превышении которого ухудшаются пластичность и свариваемость металла.

Нижние пределы содержания хрома, никеля и меди (0,01%) приняты от значений, при которых начинает проявляться влияние этих элементов на повышение коррозионной стойкости металла, а верхние пределы (0,040%) ограничены величиной, когда дальнейшее повышение их содержания становится экономически нецелесообразным.

Нижние пределы содержания азота (0,001 %), водорода (0,0001 %) и активного кислорода (0,0001 %) приняты от значений, при достижении которых проявляется влияние этих элементов на плотность и пластичность коркового слоя стального слитка. Верхние пределы содержания азота (0,030 %), водорода (0,0008 %) и кислорода активного (0,004 %) ограничены значениями, при превышении которых производство стальных слитков с плотным и пластичным корковым слоем становится практически невозможным.

Нижние пределы содержания алюминия кислоторастворимого (0,005 %) и титана (0,001 %) приняты от минимальных значений, при которых предотвращается появление газовых пузырей в корковом слое слитки при содержании газообразующих элементов (азота, водорода, кислорода активного), близких к их максимальным пределам в предложенном составе стали.

Верхние пределы содержания кислоторастворимого (0,050 %) и титана (0,050 %) ограничены значениями, при превышении которых резко ухудшается жидкотекучесть жидкой стали при разливке из-за увеличения степени ее вторичного окисления.

Известен способ производства низкокремнистой полуспокойной стали, включающий выплавку металла в сталеплавильном агрегате, выпуск его в ковш, раскисление марганцевыми и кремнийсодержащими ферросплавами в ковше и разливку в изложницы или на МНЛЗ [2].

Произведенный таким способом металл имеет пониженную плотность и пластичность в корковом слое слитков, что вызвано образованием в этом слое газовых пузырей и при кристаллизации металла.

Согласно изобретению, задача, касающаяся способа, решается тем, что сталь дополнительно раскисляют алюминием и титаном до получения содержания кислорода активного ниже равновесных с углеродом при атмосферном давлении и температуре кристаллизации стали значений, при этом минимально допустимое содержание алюминия и титана определяют по следующей зависимости:

$$\Sigma (Al + 0,4 Ti) = \frac{2,23 \cdot 10^{-5}}{0,0004 + 0,0013C - 1,26 H - 0,0074N}$$

где С, Н, N, Al и Ti - содержание углерода, водорода, азота, алюминия кислоторастворимого и титана соответственно.

Серию опытных плавов стали предложенного и известного составов согласно таблице 1 проводили в лабораторном конвертере емкостью 1,5 т. После окончания продувки кислородом жидкий металл сливали из конвертера в сталеразливочный ковш. В процессе выпуска плавки в ковш присаживали следующие ферросплавы и материалы для обеспечения заданного содержания углерода, марганца, кремния, хрома, меди, азота, кислорода, никеля, алюминия и титана: термоантрацит, ферромарганец, азотированный марганец, силикомарганец, феррохром, отходы никеля и меди, чушковый алюминия и ферротитан. Изменение содержания водорода в стали обеспечивали путем регулирования расхода природного газа через донные фурмы по ходу плавки.

Готовую сталь разливали сифоном на слитки массой 800 кг.

Из полученных слитков вырезали поверхностный слой металла толщиной 10 мм и изготавливали образцы кубической формы для измерения плотности и плоские образцы для испытаний на растяжение.

Результаты испытаний коркового слоя металла слитков приведены в таблице 2.

В таблице 3 представлены данные о способе производства низкокремнистой стали.

Приведенные данные показывают, что в корковой зоне слитка из стали предложенного состава и полученной по предложенному способу достигнуты более высокие параметры плотности и пластичности по сравнению со сталью известного состава и полученной по известной технологии.

Т а б л и ц а 1

Химический состав сталей

Сталь	Номер плавки	Содержание компонентов, мас. %											
		C	Mn	Si	Cz	Ni	Cu	N ₂	H ₂	Кислород активный	Al р-ств	Ti	Fe
Предложенного состава	1	0,02	2,5	0,001	0,01	0,40	0,01	0,001	0,0008	0,004	0,005	0,050	ост.
	2	0,20	0,60	0,08	0,07	0,03	0,10	0,006	0,0004	0,0015	0,022	0,004	ост.
	3	1,5	0,05	0,11	0,40	0,01	0,40	0,030	0,0001	0,0001	0,050	0,001	ост.
Известная	4	0,15	0,48	0,06	0,10	0,03	0,08	0,005	-	-	-	-	ост.

Т а б л и ц а 2

Результаты испытаний коркового слоя слитков

Вид стали	Номер плавки	Плотность металла, г/см ³	Относительное удлинение образцов, δ ₅ %
Предложенного состава	1	7,6	41
	2	7,6	32
	3	7,5	15
Известная	4	6,3	9

Таблица 3

Данные по способу производства низкокремнистой жидкой стали

Способ производства стали	Номер плавки	Содержание газообразующих элементов в жидкой стали, %			Суммарное содержание алюминия и титана $\Sigma(\text{Al} + 0,4 \text{ T})$, %		Содержание активного кислорода, %	
		углерод	азот	водород	рассчитанное по предложенной зависимости	фактическое	расчетное равновесное с углеродом при температуре кристаллизации и давлении 0,1 МПа	фактическое
Предложенный	1	0,03	0,001	0,0008	0,0029	0,0250	0,037	0,0040
	2	0,20	0,006	0,0004	0,0236	0,0236	0,009	0,0015
	3	1,5	0,030	0,0001	0,0194	0,0504	0,001	0,0001
Известный	4	0,18	0,005	0,0003	нет	нет	0,010	0,011