

Д. А. Дюдкин, С.Е. Гринберг, С. Н. Маринцев, А. В. Грабов, С. А. Мотренко

ВЛИЯНИЕ КАЛЬЦИЯ НА КАЧЕСТВО ТРУБНОЙ СТАЛИ

На ОАО "Тагмет" сталь выплавляют в 290-т мартеновских печах, работающих скрап-процессом, с выпуском металла в два ковша.

После выпуска плавки ковша с металлом обрабатывают на двухпозиционном ковше-печи фирмы Даниели, оборудованном трайб-аппаратами для ввода порошковой проволоки, а также алюминиевой катанки.

После доведения металла на ковше-печи по химическому составу и температуре и обработки на последнем этапе кальцийсодержащей (силикокальциевой или алюмокальциевой) проволокой металл отливают сифонным способом в круглые трубные слитки массой 1,2...2,0 т.

Следует отметить, что в последнее время в связи с разработкой сероводородсодержащих газовых месторождений к качеству труб для оборудования скважин и газопроводов предъявляют повышенные требования по содержанию вредных примесей и неметаллических включений, влияющих на физико-химические свойства металла и коррозионностойкость.

Известно [1] влияние микродобавок в сталь на снижение содержания в ней серы за счет повышения степени раскисления стали и рафинировочного шлака ковша-печи и более полного использования сульфидной емкости шлака.

Установлено [2, 3], что присадка кальция позволяет получать содержание серы в стали на уровне 0,005 % и менее. Ввод кальция [4] способствует благоприятному распределению фосфидной эвтектики в стали.

Введение в раскисленную алюминием сталь кальция в необходимом количестве, определяемом содержанием в ней кислорода, серы и алюминия [3], способствует трансформации неметаллических включений, превращению твердых алюминатов в легкоплавкие алюминаты кальция глобулярной формы.

Исходя из изложенного, на ОАО "Тагмет" разработана и внедрена в производство технология микролегирования трубных, бурильных и обсадных коррозионностойких сталей 32Г2, 20СА и др. присадкой нормированного количества порошковой кальцийсодержащей проволоки, задаваемой трайб-аппаратом со скоростью 3...3,5 м/с с последующим перемешиванием в течение 3...5 мин с целью усреднения химического состава и обеспечения всплывания неметаллических включений.

Для исследования влияния кальция на трансформацию неметаллических включений в жидкой стали на трех плавках стали марки 20СА с практически одинаковым химическим составом по содержанию основных элементов, алюминия и вредных примесей (серы и фосфора) погружными пробницами по стандартной методике были отобраны пробы металла после постановки ковша под установку ковш-печь и после обработки металла перед отдачей ковша на разливку.

Плавки доводили на ковше-печи по химическому составу и температуре по обычной технологии. При этом металл одной плавки не обрабатывали кальцийсодержащей проволокой, другой обрабатывали силикокальциевой проволокой, а третьей — алюмокальциевой. Технологические показатели по исследованным плавкам приведены в табл. 1.

Из отобранных проб изготовили шлифы для исследования состава неметаллических включений металлографическим способом по 30-ти полям зрения. Следует отметить, что размерный анализ включений не производили, так как вследствие быстрого затвердевания пробы включения формируются небольшого размера.

Полученные данные по неметаллическим включениям приведены на рис. 1. На всех трех плавках в пробах металла по прибытию ковша на ковш-печь неметаллические включения представлены скоплениями алюминиевой шпинели и сульфидных эвтектик, расположенных в виде пленок по границам зерен.

Таблица 1 – Технологические показатели плавков

плавка	проволока	расход Са, кг/т	Массовая доля Са в готовой стали, %	Химсостав готовой стали, %			Массовая доля S в стали перед обработкой на ковше-печи, %
				С	S	P	
1	—	—	<0,0005	0,21	0,012	0,010	0,016
2	Силикокальциевая	0,185	0,0025	0,23	0,012	0,010	0,017
3	Алюмокальциевая	0,175	0,0024	0,22	0,013	0,011	0,018

В металле плавки 1 после обработки на ковше-печи крупные скопления оксидов практически не встречаются, вероятно, они успели всплыть и ассимилироваться шлаком, а выделившиеся оксиды типа

алюминатов представлены более мелкими скоплениями. Сульфиды не изменились и выделились в виде эвтектических колоний. После обработки стали силикокальциевой проволокой в металле вместо скоплений шпинели выделяются единичные глобулярные оксиды со светящейся точкой, свидетельствующие о принадлежности их, по-видимому, к типу алюмосиликатов кальция ($n\text{SiO}_2 \cdot m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot r\text{CaO}$). Сульфиды третьего типа выделяются в виде единичных угловатых включений.

После обработки стали алюмокальциевой проволокой существенно изменилась природа оксидов. Отсутствуют выделения шпинели, а оксиды выделяются в виде единичных глобулярных включений типа алюминатов кальция ($n\text{CaO} \cdot m\text{Al}_2\text{O}_3$). Отсутствуют строчечные выделения сульфидов. Они выделяются в виде компактных эвтектик или единичных включений третьего типа.

Таким образом, установлено, что при микролегировании стали на ковше-печи порошковыми проволоками (алюмокальциевой и силикокальциевой) изменяется природа неметаллических включений. В металле исчезают скопления шпинели и выделяются единичные глобулярные оксиды состава $n\text{CaO} \cdot m\text{Al}_2\text{O}_3$ или $n\text{SiO}_2 \cdot m\text{Al}_2\text{O}_3$ в зависимости от применяемых раскислителей. Претерпевает изменения и сульфидная фаза: отсутствуют протяженные сульфидные эвтектики, в структуре металла выделяются единичные сульфиды третьего типа, хорошо деформируемые (силикокальциевая проволока) или мелкие эвтектики второго типа (алюмокальциевая проволока).

Количество оксидов при вводе алюмокальциевой проволоки меньше, чем при вводе силикокальциевой проволоки.

Изучение проб катаного металла (по ГОСТовской методике) позволило установить, что при обработке жидкой стали кальцийсодержащей проволокой произошло снижение количества, размера и состава неметаллических включений.

Размер включений уменьшился: сульфидов — на 0,5 балла, оксисульфидов — на 0,3 балла, силикатов недеформируемых — на 0,25 балла.

При обработке стали силикокальциевой проволокой изучили влияние удельного расхода силикокальция на балл неметаллических включений.

Установлено, что с увеличением удельного расхода силикокальция наблюдается тенденция к снижению балла включений по силикатам недеформируемым, оксидам твердым, оксисульфидам и, особенно, сульфидам.

В то же время, с увеличением расхода силикокальция наблюдается увеличение балла силикатов пластичных и, незначительно, силикатов хрупких. Это объясняется тем, что при обработке стали указанным видом проволоки в расплав также вводится и кремний. Образующиеся силикаты не успевают удалиться в шлаковую фазу к моменту разливки.

В связи с изложенным, опробована и внедрена а производство обработка стали порошковыми проволокам, не содержащими кремний — алюмокальциевой и железокальциевой. При использовании вышеуказанных проволок увеличение балла силикатов не наблюдается.

В случае использования силикокальциевой проволоки с большим удельным расходом силикокальция (0,7...1,0 кг/т стали) применяется двухстадийный ввод проволоки, что способствует снижению количества и размера силикатных включений. Такой ввод порошковой силикокальциевой проволоки успешно используется для снижения загрязненности стали неметаллическими включениями на ряде металлургических предприятий СНГ.

Обработка стали кальцийсодержащей проволокой способствовала улучшению качества труб. Данные по качеству труб приведены в табл. 2. Следует отметить, что для корректного сопоставления качества труб в табл. 2 представлены данные по одним и тем же плавкам, при производстве которых металл одного ковша обрабатывали кальцийсодержащей проволокой, а металл другого ковша не обрабатывали.

Таблица 2 – Данные по качеству труб

Ковши	Отходы, %			Брак, %			2-й сорт, %		Общие потери, %
	внутр. плены	наружи, плены	прочие	наружи, плены	прочие	внутр. плены	наружи, плены	Прочие	
Обработанные силикокальциевой проволокой	0,46	1,42	0,42	0,48	0,05	0,95	0,38	0,02	4,18
Без обработки проволокой	0,70	1,17	0,52	0,03	1,06	0,73	0,79	0,66	5,71

Из приведенных данных следует, что при обработке стали кальцийсодержащей проволокой снизились отходы по внутренним пленам на 0,24 %. Внутренние плены определяются качеством металла и состоянием прокатного оборудования, а так как данные приведены по плавкам, которые прокатывались на одном и том же оборудовании, то, очевидно, что качество металла повысилось. Наружные плены

определяются в основном качеством поверхности изложниц и условиями разливки.

Брак труб по вине металла снизился на 0,56 %, перевод во вторые сорта — на 0,83 %, а общие потери снижены на 1,53 %.

При обработке трубной стали алюмокальциевой проволокой брак труб и перевод во второй сорт по внутренним пленам на большом массиве плавки составил 0,63 % против 0,94 % на плавках без обработки.

Таким образом, установлено благотворное влияние обработки стали кальцием на качество и выход годного труб.

По результатам механических испытаний при вводе порошковой проволоки с удельным расходом до 1 кг/т (по силикокальцию) улучшились свойства стали: предел текучести — на 12,8 % (отн.), относительное удлинение — на 18,5 %, а также значение ударной вязкости на образцах с круглым и острым надрезом увеличились на 13,0 и 20,0 % соответственно, что связано с изменением количества, размера и состава неметаллических включений, как указывалось выше.

Полученные данные свидетельствуют о возможности существенного повышения качества металла при обработке расплава кальцийсодержащим порошковыми проволоками при регламентированном их вводе, в соответствии с поставленной задачей и с учетом конкретных параметров состояния металла. Наличие различных вариантов кальцийсодержащих наполнителей проволок позволяет расширить марочный сортамент обрабатываемых сталей и повысить эффективность их использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дюдкин Д. А., Онищук В. П., Гринберг С. Е. и др. Оптимизация работы ковша-печи Молдавского металлургического завода // *Металл и литье Украины*. 2000. № 1...2. С. 26...28.
2. Бойко Б. С., Ларионов А. А., Саркиц И. Г. и др. Комплексная технология производства листового проката для труб большого диаметра // *Металл и литье Украины*. 1998. № 5...6. С. 44...46.
3. Дюдкин Д. А. Особенности комплексного воздействия кальция на свойства жидкой и твердой стали // *Сталь*. 1999. № 1. С. 20...25.
4. Овчинников Н. А. Разработка и освоение технологии ввода кальция в сталь в процессе ее разливки. Автореф. канд. дисс., Донецк, 1988. 22 с.