

Таблица 2 – Неметаллические включения в листе вакуумированной стали 08ГТ

№ плавки	Неметаллические включения по ГОСТ 1778			
	Сульфиды	Оксиды	Силикаты хрупкие	Нитриды титана
№ 1	1,0	0,5	0,5	0,5
	1,0	0,5	3,0	0,5
	1,0	0,5	1,0	0,5
№ 2	1,0	0,5	0,5	0,5
	1,0	0,5	0,5	0,5
	1,0	1,0	3,0	0,5

Применение технологии выплавки стали в большегрузных 350 – тонных конвертерах, современных методов ковшевой обработки, включающей вакуумирование стали, и разливки на МНЛЗ позволило существенно повысить качество листового проката стали для эмалированных химических реакторов и, в первую очередь, поверхности заготовок, предназначенной для эмалирования.

УДК 621.74

Бялик Г.А.¹, Наумик В.В.², Гонтаренко В.И.³, Мохнач Р.Э.⁴, Егорченков А.А.⁵

¹ канд. техн. наук, доцент ЗНТУ, Запорожье

² д-р. техн. наук, профессор ЗНТУ, Запорожье

³ канд. техн. наук, профессор ЗНТУ, Запорожье

⁴ зав. лаб. кафедры ЭЭА. ЗНТУ, Запорожье

⁵ студент ЗНТУ, Запорожье

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ ЛИТОЙ УГЛЕРОДНОЙ СТАЛИ С НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ

Известно, что неметаллические включения являются микроконцентраторами напряжений в стали. Эндогенные включения образуются в процессе раскисления стали и разделяются на первичные и вторичные, большая часть последних остается в твердом металле.

Коэффициенты теплового расширения большинства неметаллических включений значительно меньше аналогичного показателя литой стали. Следовательно, при охлаждении металла в непосредственной близости от включений возникают зоны напряженного состояния, способствующие зарождению трещин.

Изучение микромеханизма зарождения и распространения трещин вследствие малых размеров включений, которые не превышают десятки микрометров, сопровождается значительными трудностями при непосредственном исследовании образцов стали под микроскопом в процессе их разрушения.

В данной работе для исследования начальных стадий зарождения и распространения трещин использовали поляризационно-оптический метод определения напряженного состояния на прозрачных моделях. Традиционно при этом методе используют уменьшенные модели деталей и узлов машин и строительных конструкций. При выполнении данной работы использовали увеличенные модели неметаллических включений в масштабе 200:1.

В качестве модельных материалов для стали выбрали органическое стекло и полиэтилен, для включений – алюминиевые сплавы и латунь. Критериями подобия служили коэффициент Пуассона и твердость по Виккерсу.

Для практической реализации моделирования разработали и изготовили специальную установку, состоящую из образца в виде физической модели включения и окружающей включение металлической матрицы, электромеханического нагружающего устройства, светодиодного осветителя модели, поляризатора, анализатора, видеокамеры для визуализации напряженного состояния на дисплее компьютера около неметаллического включения в виде изоклинов и изохромов.

Система измерения напряжений состояла из упругого элемента с тензодатчиками, цифрового многофункционального прибора для измерения нагрузки и деформации, пружинного динамометра для калибровки тензодатчиков. Визуализация напряжений в непосредственной близости от неметаллических включений показала, что при прочих равных условиях определяющим фактором, влияющим на зарождение трещин, является геометрическая форма. Наиболее опасными являются включения с острыми углами, вокруг которых возникают высокие локальные напряжения. Оптимальной формой является глобулярная, возле которых напряжения значительно меньше. Разрушению модельных образцов предшествовала локальная пластическая деформация, зафиксированная на соответствующих диаграммах растяжения. Установили, что локальная пластическая деформация в непосредственной близости от глобулярного включения в два раза превосходила аналогичный показатель для остроугольного включения.

В качестве раскислителей при выплавке стали обычно применяют алюминий, кремний и марганец (последние в виде ферросплавов). Включения соответствующих окислов образуются в расплаве при снижении температуры.

Формирование неметаллических включений начинается после конечного раскисления алюминием с образованием суспензии мелких кристаллов корунда в расплавленной стали.

Термодинамические и термокинетические расчеты показали, что включения корунда зарождаются гомогенно вследствие значительных пересыщений в непосредственной близости от введенного в сталь алюминия. Конвективными потоками включения корунда разносятся по всему объему расплавленного металла. При этом создаются условия для формирования по гетерогенному механизму комплексных включений сложного состава, содержащих окислы алюминия, кремния и кальция.

Вторичные включения приобретают оптимальную глобулярную форму, если их температура плавления ниже температуры разливки стали. К таким включениям относятся кальциевые алюмосиликаты, в частности $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ и $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, имеющие температуру плавления 1535 и 1180 °С соответственно. Если связать содержание кремния в стали, которое существенно изменяется в пределах марочного состава, с формой неметаллических включений, можно уточнить необходимую присадку соответствующих ферросплавов для получения комплексных оксидных включений глобулярной формы.

Разработан экспрессный метод анализа, позволяющий определить содержание кремния непосредственно перед разливкой металла.

УДК 669.168

Мельник С.Г.

д-р техн. наук, ведущий научн. сотр. ФТИМС НАНУ, Киев

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ПРИ ПОЛИРЕАГЕНТНОЙ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ И ДВОЙНОМ ПЕРЕПЛАВЕ НИЗКОСЕРНИСТОЙ КОНВЕРТЕРНОЙ СТАЛИ

Неметаллические включения исследовали на низкоуглеродистой стали для коррозионно-стойкого оборудования и труб, устойчивых к коррозионному растрескиванию в сероводородной среде. Состав стали следующий, %: 0,16–0,22 С; 0,15–0,35 Si; 0,50–0,80 Mn; 0,03–0,10 Al; не более 0,020 P; не более 0,004 S; остальное Fe. Сталь необходима для нефтехимической промышленности.

Технологию выплавки стали разрабатывали в условиях кислородно-конвертерного цеха, оборудованного большегрузными конвертерами, установками внепечной обработки стали и машинами непрерывного литья заготовок. В качестве передельного чугуна применяли десульфурованный обработанный гранулированным магнием чугун. Продувку металла в конвертере осуществляли технически чистым кислородом с расходом до 1500 м³/мин. через 5 – сопловую водоохлаждаемую фурму. Из конвертера в сталеразливочный ковш емкостью 350 т выпускали углеродистый полупродукт, содер-