

УДК 620.183.2; 330.341

Бялік Г. А.¹

Гонтаренко В. І.²

Бажміна Е. А.³

¹канд. техн. наук, доцент ЗНТУ

²канд. техн. наук, профессор ЗНТУ

³старш. викладач ЗНТУ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ЛИТОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ, ВЫПЛАВЛЕННОЙ В ИНДУКЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ МАЛОЙ ЕМКОСТИ

В настоящее время в условиях единичного и мелкосерийного производства получили распространение индукционные печи малой емкости (60 кг и менее). Разливка металла из этих печей, как правило, производится ковшами емкостью от 5 до 10 кг. Условия выплавки и разливки стали при этом значительно отличаются от аналогичных показателей в более крупных плавильных агрегатах. В первую очередь следует отметить высокую скорость охлаждения стали и связанное с этим сокращение времени пребывания металла в жидком состоянии.

Для конечного раскисления стали обычно используют алюминий, реже – комплексное раскисление алюминием в сочетании с редкоземельными (РЗМ) и щелочноземельными (ЩЗМ) элементами. При этом вначале алюминий переводит кислород из активной формы в пассивную, затем щелочноземельные и редкоземельные элементы нейтрализуют вредное влияние серы, связывая последнюю в комплексные включения, расположенные дезориентировано относительно границ литых зерен.

Термодинамические и термокинетические расчеты показали, что при разливке стали малыми ковшами и раскислении алюминием не все первичные включения глинозема успевают удалиться из расплава за счет всплывания. Значительная часть этих включений неизбежно останется в твердом металле. Известно, что это остроугольные включения, неблагоприятные с точки зрения зарождения и распространения трещин.

При раскислении стали силикокальцием образуются комплексные включения силикатов кальция. Плотность указанных включений в среднем на 25% меньше плотности включений глинозема, что способствует их более быстрому удалению из стали. Избыток силикокальция расходуется на частичную десульфурацию и модифицирование стали. На основании анализа термодинамических и термокинетических рас-

четов логично было предположить, что для раскисления малых объемов стали целесообразно применять лигатуры, содержащие щелочно-земельные элементы без предварительного раскисления алюминием.

Для проверки теоретических расчетов в ЗНТУ на кафедре «Машины и технология литейного производства» были проведены опытные плавки стали 20Л в 60-кг индукционной электропечи с кислой футеровкой. Масса шихты составляла 30 кг. После расплавления металла и доведения химического состава до заданного сталь разливали фракционно в песчано-глинистые формы для получения литых образцов ковшами емкостью 10 кг. Конечное раскисление фракций производили в ковшах соответственно алюминием, силикобарием и силикокальцием. Литые образцы после термообработки (нормализации и высокого отпуска) испытывали на ударную вязкость. Показатели ударной вязкости стали, раскисленной силикокальцием, значительно превосходили аналогичные показатели металла, раскисленного силикобарием и алюминием.

На световых металлографических микроскопах изучали немаллические включения и микроструктуру опытного металла, стали, раскисленной алюминием, были обнаружены скопления включений глинозема неправильной и остроугольной формы, в стали, раскисленной силикокальцием наблюдались комплексные включения силикатов кальция глобулярной формы, равномерно распределенные в объеме металла, в стали, раскисленной силикобарием – включения глобулярной и неправильной формы.

При исследовании микроструктуры литой стали установили, что в стали, раскисленной алюминием, на фоне ферритной структуры встречались остроугольные включения перлитной составляющей. В стали, раскисленной силикобарием и силикокальцием наблюдали эффект модифицирования: равномерное распределение перлитной составляющей и уменьшение размеров литого зерна.

После термической обработки сталь, раскисленная силикокальцием и силикобарием, характеризовалась мелкозернистой и равномерно распределенной феррито-перлитной микроструктурой. В стали, раскисленной алюминием, перлитная составляющая распределялась неравномерно, образуя локальные скопления.

Исследовали макроизломы образцов опытного металла после испытаний на ударный изгиб. В центральной зоне образцов стали раскисленной алюминием и силикобарием выявлены зоны кристаллического макроизлома. Излом стали, раскисленной силикокальцием, был волокнисто-вязким по всему сечению.