

УДК 669.16.162.

Г.В. Геллер (5 курс, каф. СиС), А.А. Казаков, д.т.н., проф.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСКИСЛЕНИЯ СТАЛИ КРЕМНИЕМ И МАРГАНЦЕМ

Работа посвящена исследованию процессов раскисления как отдельными раскислителями (кремний и марганец), так и исследованию комплексного раскисления.

Раскисление является заключительной операцией перед разливкой, которая в значительной мере определяет свойства готового металла. Задачами раскисления являются:

1. снижение растворимости кислорода присадками элементов - раскислителей, характеризующихся большим химическим сродством к кислороду, чем железо, до уровня, обеспечивающего получение плотного металла;
2. создание условий для наиболее полного удаления образующихся продуктов раскисления из жидкой стали, а также формирование благоприятной морфологии неметаллических включений, остающихся в готовом металле.

По увеличению раскислительной способности элементы можно расположить в следующей последовательности: Mn, Si, Al. Существуют различные способы оценки раскислительной способности элементов, которые выражают одну и ту же термодинамическую сущность. В частности, с увеличением раскислительной способности равновесная остаточная активность кислорода, соответствующая одинаковым остаточным активностям элементов - раскислителей, уменьшается. Если продуктом раскисления является чистый оксид  $R_mO_n$ , то его активность  $a_{R_mO_n} = 1$ . В общем случае следует учитывать сложность образующегося оксида  $FeO \cdot R_mO_n$ .

Марганец является сравнительно слабым раскислителем. При введении марганца в сталь образуются продукты раскисления, состоящие из FeO и MnO. Концентрация MnO зависит от содержания марганца в металле и температуры. В соответствии с диаграммой состояния FeO-MnO продукты раскисления в зависимости от содержания марганца образуют жидкие или твердые растворы.

В работе был произведен расчет остаточной концентрации кислорода при охлаждении жидкой стали с одной температуры (1600°C), при которой марганец и кислород находятся в равновесии, до другой более низкой (1550°C). В этом случае будут образовываться вторичные неметаллические включения. При введении в сталь  $[Mn\%] = 0,7$  содержание кислорода снизилось до  $[O\%] = 0,029$ .

Кремний - более сильный раскислитель, чем марганец. Поэтому при введении в расплав, находящийся при температуре 1600°C,  $[Si\%] = 0,9$ , содержание кислорода уменьшилось до  $[O\%] = 0,019$ .

В практике сталеварения широко применяют комплексные раскислители, представляющие собой сплавы двух или нескольких компонентов (силикомарганец). Преимущества, связанные с применением комплексных раскислителей, обусловлены двумя обстоятельствами: существенным улучшением термодинамических условий раскисления и более благоприятными кинетическими условиями зарождения, укрупнения и удаления неметаллических включений. Если в сплаве правильно подобрано соотношение содержаний

Mn и Si, то при раскислении данным сплавом образуются крупные жидкие частицы включений. Было установлено, что наилучшее соотношение между концентрациями марганца и кремния изменяется от 4 до 7. В этом случае образуются жидкие хорошо укрупняющиеся и быстро покидающие металл включения окислов.

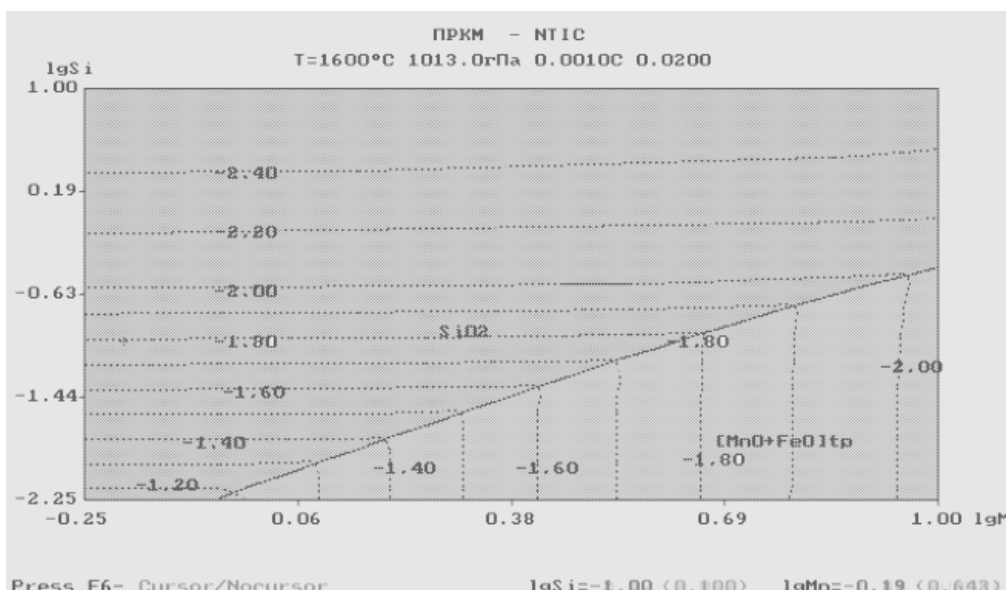


Рис.1. Результаты расчета ПРKM для системы Fe-Mn-Si-O при 1600°C.

Диаграмма состояния многокомпонентной многофазной системы (Fe-Mn-Si-O), без учета шлаковой фазы, представляющая собой поверхность растворимости компонентов в металле (ПРKM), была рассчитана по программе, используемой в учебном курсе «Физико-химические основы производства стали». На рис.1 приведены результаты расчета ПРKM для системы Fe-Mn-Si-O при 1600°C без учета шлаковой фазы.

Из этих результатов следует, что в зависимости от состава стали значительно меняется структура ПРKM, и реализуются различные фазовые равновесия. При этом с понижением температуры меняется положение ПРKM, в том числе происходит смещение фазовых границ в сторону расширения областей существования одних фаз и ущемление других, вплоть до их полного исчезновения, а также появляются новые фазовые области.

Таблица 1

	МАРГАНЕЦ	КРЕМНИЙ
Раскисление отдельными элементами-раскислителями	[O%] = 0,029 [Mn%] = 0,7	[O%] = 0,019 [Si%] = 0,9
Комплексное раскисление. Расчет ПРKM без учета шлаковой фазы.	[O%] = 0,006 [Mn%] = 3,6 [Si%] = 0,9	[O%] = 0,016 [Mn%] = 2,4 [Si%] = 0,1
Комплексное раскисление. Расчет ПРKM с учетом шлаковой фазы, проведенный Г.Г. Михайловым.	[O%] = 0,004 [Mn%] = 3,6 [Si%] = 0,9	[O%] = 0,011 [Mn%] = 2,4 [Si%] = 0,1

Из табл. 1 видно, что комплексное раскисление стали значительно эффективней, чем раскисление отдельными элементами. Однако это можно наблюдать только при задании лигатуры строго определенного состава. По данным табл. 1 видно, что соотношение  $[Mn]/[Si] = 4-7$  ( $[Mn\%] = 3,6, [Si\%] = 0,9$ ) является самым оптимальным, что и было подтверждено нашими расчетами. Значение содержания кислорода в стали после раскисления ( $[O\%] = 0,006$ ), немногим отличается от результатов раскисления, полученных Г.Г. Михайловым ( $[O\%] = 0,004$ ).