

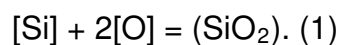
Воздействие «Фирам-процесса» на расплав чугуна.

(Э. Б. Тен., Л. З. Киселев, А. В. Козлов и др., ж. "Литейное производство" № 12, 1988 г.)

В литейных цехах, особенно при производстве чугунных отливок, широко применяется «Фирам-процесс», основанный на очистке жидкого металла сетчатым фильтром в процессе заполнения литейной формы. В качестве фильтра при этом используют тканую сетку из кремнеземного стекловолокна марки КС-11-ЛА. Рафинирующее действие такого фильтра связывали с удалением суспензированных в расплаве неметаллических фаз (НМФ) за счет сеточного и адгезионного эффектов, т. е. с механическим удержанием экзогенных шлаковых и песчаных частиц, размер которых превышает размер ячейки сетки, и экстракцией мелких эндогенных включений путем адгезии их к поверхности фильтрующего материала. Однако при такой трактовке механизма рафинирующего действия на расплав «Фирам-процесса» не удается объяснить экспериментально установленные ранее эффекты повышения поверхностного натяжения и снижения вязкости фильтрованного расплава чугуна, измельчения в нем графитовых включений и повышения дисперсности перлита при условии уменьшения содержания неметаллических включений, которые могли бы выполнять роль гетерогенных зародышей при кристаллизации.

Исследования показали, что при фильтровании металлических расплавов кроме указанных выше сеточного и адгезионного рафинирующих эффектов имеет место и раскислительный эффект, который проявляется в снижении содержания раскисленного кислорода. Повышение раскисленности расплава при фильтровании без дополнительного ввода раскислителя обусловлено тем, что в присутствии фильтрующего материала устраняются трудности гомогенного образования зародышей при выделении НМФ: реакция раскисления реализуется на поверхности фильтра, как на готовой подложке, и поэтому она протекает полнее.

Содержание кислорода, растворенного в расплаве чугуна, O_p при температуре фильтрования определяется реакцией его раскисления кремнием



При охлаждении жидкого чугуна в ковше после выпуска из печи равновесие реакции (1) смещается вправо. Поскольку содержание кремния в чугуне при этом не изменяется, расплав становится неравновесным, пересыщенным кислородом и создаются объективные предпосылки для реализации реакции (1). Но процесс этот связан с выделением в расплаве новой неметаллической фазы в виде включений SiO_2 и может протекать лишь при наличии подложки. Самопроизвольное, спонтанное их образование затруднено и возможно только в сильно пересыщенных расплавах. На готовых подложках продукты раскисления выделяются значительно легче и быстрее, но количества их в расплавах обычно недостаточно для полного снятия их пересыщения по кислороду. Поэтому процесс взаимодействия растворенного в жидком металле раскислителя и кислорода запаздывает во времени и пересыщенность расплава кислородом полностью не устраняется. Это обуславливает большее, чем следует из равновесия реакции (1), содержание O при температуре фильтрования.

В этих условиях роль готовой подложки выполняет поверхность фильтра. Кремнеземная сетка КС-11-ЛА

, используемая при «Фирам-процессе», по составу (94-96% SiO_2)

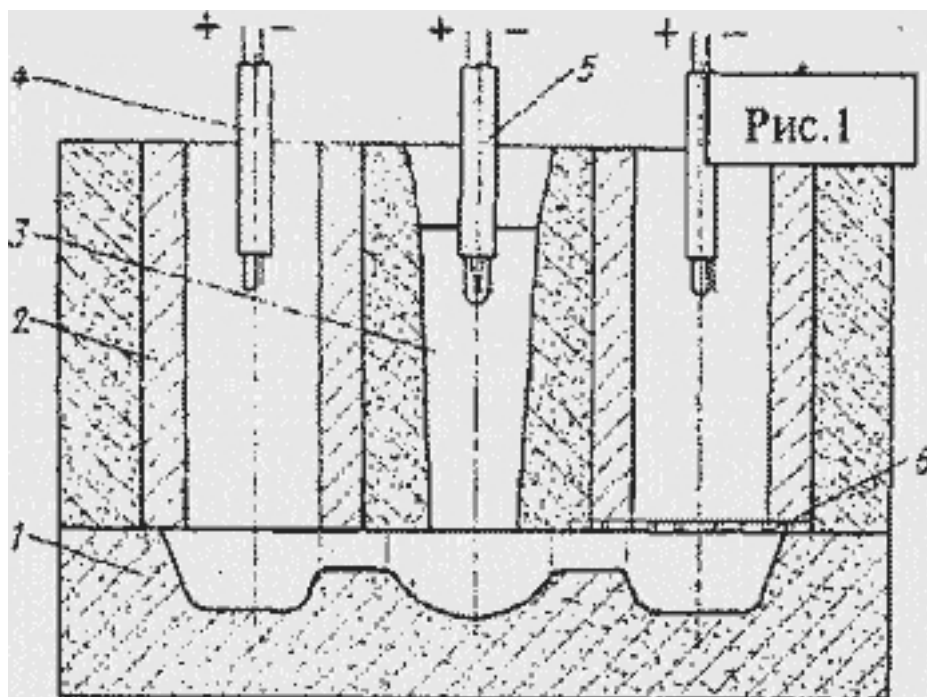
2) мало отличается от продукта раскисления чугуна кремнием и является готовой гомогенной подложкой. Поэтому для реализации реакции (1) на поверхности фильтра достаточно обеспечить доставку реагирующих компонентов - кислорода и кремния. Это достигается путем дробления потока металла на мелкие струйки и создания развитой поверхности контакта чугуна с фильтром при обтекании струйками фильтрующей среды.

Таким образом, при «Фирам-процессе» имеются благоприятные термодинамические и кинетические условия для реализации на поверхности фильтра реакции раскисления расплава чугуна кремнием. Следствием этого процесса является снижение содержания растворенного в расплаве кислорода, т. е. повышение степени раскисленности чугуна.

Экспериментально раскислительный эффект «Фирам-процесса» выявляли путем измерения активности кислорода методом ЭДС. В качестве датчика активности кислорода использовали твердый электролит из ZrO_2 , стабилизированный Y_2O_3 , с электродом сравнения 90% Mo и 10% MoO

2) . Активность кислорода рассчитывали по измеренным в процессе заполнения форм значениям температуры и ЭДС активометра.

Чугун плавил в индукционной тигельной печи. В разовой форме с полостями (рисунок 1), футерованными шамотным припасом 2, через общий стояк 3 сифонной заливкой получали по две отливки - одну из фильтрованного и другую из нефильтрованного чугуна.



Принятая схема разливки обеспечивает минимальное вторичное раскисление чугуна и позволяет четче выявить рафинирующий эффект фильтрования. Фитеро-вальную кремнеземную сетку 6 из кремнеземного волокна с ячейками 1,65 x 1,65 мм устанавливали в разъем формы. Датчики активности 4 опускали в расплав сверху в полость каждой отливки, а термомпару 5 - в полость массивного стояка. Одновременно отбирали пробы для определения общего содержания кислорода O_2 , которое анализировали вакуум-плавлением на приборе RO-17 фирмы Leco (США).

Полученные экспериментальные значения активности кислорода в нефитеро-ванном (значения в числителе) и фитеро-ванном (значения в знаменателе) чугунах приведены ниже (во всех составах чугуна содержится 0,8-1,1 % Mn; 0,08-0,1 % S; 0,15-0,2% P).

Состав чугуна, %

Активность кислорода

C

Si

a 0 ·10 -4 %

2,93

1,71

5,51/3,38

3,23

1,86

4,73/2,86

2,95

1,75

3,81/2,16

3,05

1,8

4,2/2,91

Статистическая обработка полученных данных показала, что измерения активности кислорода в двух вариантах выполнены с одинаковой точностью и средние значения в них различаются закономерно. Используя экспериментально полученные значения активности кислорода в чугуне, оценивали эффективность «Фирам-процесса» в устранении пересыщенности расплава кислородом. Об этом судили по изменению степени пересыщения. В нефiltroванном чугуне степень пересыщения $\alpha = 58 \dots 121$, в фильтрованном $\alpha = 19 \dots 46$. При однократном фильтровании чугуна α уменьшается на 49-67%.

О рафинирующем воздействии «Фирам-процесса» судили также по изменению общего содержания кислорода в чугуне. При фильтровании чугуна оно уменьшается на 30%. Ниже приведено изменение содержания кислорода в нефiltroванном (значения в числителе) и фильтрованном (значения в знаменателе) чугунах ($O_{св}$ - свя-занный кислород). Содержание кислорода, %: 0,0100/0,007 O

o
; 0,0031/0,002 O

D
; 0,0069/0,005 O

св
.

По изменению содержания O_p и $O_{св}$ оценивали роль адгезионного и раскислительных эффектов рафинирующего действия «ФИРАМ-процесса». Согласно расчетам количество O в нефильтрованном чугуна составляет 0,0025-0,004%, в фильтрованном - 0,0014-0,0028%, а равновесное содержание его на порядок меньше - 0,0003%.

Одинарный фильтр из кремнеземной тканой сетки задерживает ~40% растворенного в чугуна сверх равновесия кислорода и ~30% кислорода, связанного в неметаллические включения.

Факт очистки жидкого чугуна от кислорода является доказательством более глубокого рафинирующего воздействия «Фирам-процесса», чем это представлялось прежде. При этом повышение степени раскисленности чугуна достигается без загрязнения расплава продуктами раскисления. Выявленный новый механизм фильтрационной очистки чугуна позволяет объяснить закономерности изменения физических свойств и структуры чугуна при его фильтровании. *Поверхностное натяжение фильтрованного чугуна на 70-110 МН/м выше, чем нефильтрованного. Повышение степени раскисленности чугуна без дополнительного загрязнения расплава продуктами раскисления способствует снижению его вязкости.*

Достижимое при «Фирам-процессе» повышение степени раскисленности чугуна эквивалентно вводу в расплав 0,03- 0,1 % Al, Ca или церия, являющихся сильными модификаторами. Этим, очевидно, объясняется тот факт, что фильтрованный чугун имеет короткие и завихренные включения графита и дисперсную перлитную матрицу. *В этом смысле может идти речь также о модифицирующем воздействии «Фирам-процесса» на расплав чугуна.*

Таким образом, при «Фирам-процессе» рафинирующий эффект обусловлен не только сеточным и адгезионным, но и раскислительным эффектом, который проявляется в снижении содержания O_p без дополнительного ввода в расплав раскислителя и загрязнения жидкого металла продуктами раскисления -

ОКСИДНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ.

Предпосылкой этого является пересыщенность расплава чугуна кислородом из-за трудности гомогенного зарождения центров кристаллизации продуктов раскисления и дефицита гетерогенных зародышей. Поэтому при пропускании расплава через фильтр последний не только улавливает суспензированные в жидком чугуне включения, но и выполняет роль готовой подложки для выделения продуктов раскисления из пересыщенного расплава непосредственно на поверхности фильтра. Близость природы фильтра и продукта раскисления обеспечивает более полное протекание реакции раскисления и соответственно снижение содержания O

р
. При этом модифицирующее действие «Фирам-процесса» является следствием рафинирования расплава чугуна от O

р

.

[Вернуться в раздел "Техническая информация"](#)