

зерен феррита стали 45Л модифицированной наночастицами, в литом состоянии, имеют ширину от 2 до 3 микрон, в тоже время у исходной стали 45Л такой процент зерен имеет ширину от 2 до 8 микрон.

Модифицирование приводит к диспергированию зерен феррита в литом состоянии в 2,3-2,4 раза и повышению однородности структуры в 1,7-2,4. После отжига размер зерен феррита уменьшается в 1,2-2,4 раза, а перлита - в 1,2-1,5 раза, при этом однородность структуры увеличивается в 1,2-1,8 раза.

УДК 669.162.275:669-154

**Ю. Д. Бачинский, В. Б. Бубликов, В. Д. Бачинский, С.Н. Медведь**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

### **КИНЕТИКА ПЛАВЛЕНИЯ FeSiMg ЛИГАТУР В ЖИДКОМ ЧУГУНЕ**

Применение традиционных FeSiMg лигатур для внутрiformенного модифицирования не всегда рационально по причине недостаточно быстрого их растворения, особенно в начальном периоде заливки, что недопустимо при производстве тонкостенных отливок. Поэтому, очевидна актуальность изучения механизмов межфазного взаимодействия и кинетических режимов плавления FeSiMg лигатур в жидком чугуне для разработки на основе полученных закономерностей новых быстроплавящихся сплавов, повышающих эффективность модифицирующей обработки в предкристаллизационном периоде.

Экспериментально исследовали скорость плавления ферросилиций-магниевых лигатур ФСМг6 и ФСМг7, химический и фазовый состав которых представлен в таблице. Исследуемые лигатуры отличались массовой долей магния (6,6 и 7,5 %) и кремния (45,6 и 55,3 %) соответственно. Фазовый состав лигатуры ФСМг6 состоял из лебоита, FeSi, Mg<sub>2</sub>Si, а лигатуры ФСМг7 с повышенной массовой долей магния и кремния – из лебоита, кремния и Mg<sub>2</sub>Si. В лигатурах также в небольшом количестве присутствовала фаза Si-P3M-Ca. Основное структурное отличие между исследуемыми лигатурами состояло в наличии разных тугоплавких фаз с температурой плавления ~1410 °С – FeSi в ФСМг6 и кремния в ФСМг7.

Таблица – Химический и фазовый состав исследованных лигатур

Лига- тура	Массовая доля элемента, %					Количество фазы, %				
	Mg	Ca	P3M	Si	Fe	FeSi <sub>2</sub>	FeSi	Si	Mg <sub>2</sub> Si	Si-P3M-Ca
ФСМг6	6,6	0,54	0,95	45,6	46,3	62,12	19,36	-	17,77	0,75
ФСМг7	7,5	0,45	0,72	55,3	36,0	49,68	-	24,69	23,21	2,42

Подготовленные и взвешенные образцы лигатур размером ~15×15×15 мм погружали в жидкий чугун с температурой 1400 °С и выдерживали определенное время (от 1,5 до 5,0 с). После выдержки образец извлекали из расплава чугуна и охлаждали на воздухе. Массовую скорость плавления (г/с) определяли по потере массы образца за единицу времени его пребывания в жидком чугуне.

При температуре 1400 °С проходило относительно равномерное плавление образцов лигатуры ФСМг6. За время выдержки в расплаве 1,7 с скорость плавления достигла 2,07 г/с и затем в интервале времени выдержки 2,2...4,5 с составляла 2,62 г/с. Толщина зафиксированного на поверхности образцов слоя, косвенно характеризующего размер зоны плавления, изменялась в пределах 0,43...0,83 мм. Химический состав зоны плавления в образцах, выдержанных в жидком чугуне 1,7; 2,2; 2,9 с отличался незначительно, мас. %: 3,21...3,82 Mg; 24,51...26,7 Si; 68,6...70,3 Fe. В зоне плавления образца, находившегося в расплаве чугуна 4,3 с, зафиксирована более высокая массовая доля кремния (32,00 %) и пониженная массовая доля железа (62,57 %), что косвенно может свидетельствовать об ускоренном плавлении остатка образца. Следует отметить, что после выдержки 2,9 с наблюдаются участки нарушения сплошности плавящегося слоя, а после выдержки 4,3 с слой на поверхности образца состоит из отдельных крупных фрагментов, что свидетельствует об ускоренном режиме плавления остатка образца. Лигатура ФСМг6, в составе которой тугоплавкая фаза представлена FeSi, плавится относительно равномерно.

В то же время лигатура ФСМг7, в составе которой тугоплавкой фазой является кремний, в начальный период межфазного взаимодействия при выдержке 2,3 с плавится в 1,8 раза быстрее. Очевидно, это объясняется действием механизма диффузионного плавления фазы кремния с температурой плавления ~1410 °С, которая, в результате диффузионного переноса кремния из лигатуры в чугун и железа из чугуна в лигатуру, переходит в более легкоплавкий лебоит (FeSi<sub>2</sub>) с температурой плавления 1220 °С.

Таким образом, применение лигатуры ФСМг7, в которой тугоплавкой фазой является кремний, по сравнению с лигатурой ФСМг6, в которой тугоплавкой фазой

является FeSi, обеспечивает значительное повышение эффективности модифицирования в начальном периоде межфазного взаимодействия.

УДК 669.131.622:669.74

**А.П. Белый**

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

## **ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОТВОДА ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ ЧУГУННЫХ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ**

Производство чугуновых прокатных валков сопряжено повышенным браком по горячим и холодным трещинам. На вальцелитейных заводах нормируемый брак составляет 7-10%. Образование напряжений и трещин в отливках обусловлено литейными напряжениями, которые равны сумме внутренних напряжений трех видов механических (усадочных), обусловленных торможением усадки формой и стержнем; термических, возникающих из-за разницы скоростей охлаждения отдельных частей отливки; и фазовых, возникающих в результате неодновременного протекания фазовых превращений в сплаве.

Напряжения могут быть временными и остаточными. Временные напряжения существуют до тех пор, пока действуют внешние силы. Остаточные напряжения существуют в отсутствие внешних сил и уравниваются в объеме отливки. Так, из-за наличия остаточных напряжений отливки чугуновых прокатных валков перед эксплуатацией должны проходить естественное старение (вылеживаться) от 3 до 6 месяцев в зависимости от размера. Для исключения естественного старения и уменьшения остаточных напряжений валки подвергают термической обработке (отпуск), что обуславливает увеличение затрат газа или электроэнергии.

Разработана технология, обеспечивающая исключение термической обработки чугуновых прокатных валков. Ее особенность заключается в теплоизоляции литейной формы от окружающей среды в определенный момент времени. Экспериментальная проверка результатов исследований на валках, отлитых на двухместном поддоне, показала, что по сравнению с серийным валком, опытный имел на ~35% меньший уровень остаточных напряжений. Выполнены исследования микроструктуры в бочках валков, нижней и верхней шейки. Результаты экспериментальных исследований использовали в математической модели процесса затвердевания вал-