

Е. В. Меняйло

НАЦИОНАЛЬНАЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ,
ДНЕПРОПЕТРОВСК

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РОСТА ШАРОВИДНОГО ГРАФИТА В ЧУГУНЕ

Наиболее близкой к рассматриваемой модели является «пузырьковая» гипотеза А.А. Горшкова, которая основана на образовании мелких газовых пузырьков, в полость которых растет графит. Однако продувка расплава аргоном и азотом не обеспечивает получение графита шаровидной формы, хотя пузырьки образуются.

Отличительной особенностью разработанной модели является использование теплофизических процессов нагрева, расплавления и перехода модификатора магния в парообразное состояние в дополнение к существующим гипотезам о химических процессах, связанных с удалением из расплава серы и кислорода.

Переход магния в парообразное состояние сопровождается поглощением значительного количества тепловой энергии из близлежащих слоев чугуна, образованием быстро затвердевшей сферической оболочки, внутри которой находится парообразный магний. Сформировавшийся комплекс является зародышем для последующего роста шаровидного графита.

Выведены расчетные формулы и установлены особенности процесса формирования сферической оболочки из быстро затвердевшего чугуна и парообразного магния, изменения их размеров в процессе модифицирования расплава и затвердевания отливки. Разработанная модель процесса зарождения и роста шаровидного графита в чугуне позволила объяснить:

- увеличение скорости ультразвуковых колебаний в расплаве после модифицирования магнием;
- отсутствие шаровидного графита при повышенном содержании вводимого магния;
- отсутствие шаровидного графита при длительной выдержке расплава после модифицирования;

- отсутствие шаровидного графита при модифицировании в автоклаве с давлением свыше 6 атм;
- лучшую глобулярность графита в нижней части отливки, по сравнению с ее верхней частью;
- отсутствие шаровидного графита при модифицировании чугуна, имеющего повышенную температуру;
- уменьшение плотности жидкого чугуна после модифицирования магнием;
- увеличение диаметра шаровидного включения при уменьшении скорости затвердевания и увеличении продолжительности кристаллизации отливки;
- причины понижения температуры солидус и отсутствия при этом уменьшения температуры ликвидус;
- причины повышенного содержания магния в тонком слое чугуна, прилегающем к графитовому включению, хотя магний не растворяется в железе и отсутствует в остальном объеме отливки.

Расчет показал, что количество тепла, поглощаемое каплей магния при ее нагреве до температуры кипения 1103°C , достаточно для быстрого охлаждения и затвердевания близлежащих объемов чугуна. Масса этого слоя чугуна в ~ 14 раз больше массы магния, введенного в расплав. Высокая упругость паров магния обуславливает устойчивость шаровидной формы образовавшегося комплекса. Давление пара магния внутри оболочки уравнивает сумму давлений столба металла в ковше, атмосферного и давления, обусловленного кривизной поверхности пузырька кипящего магния.

Исследование образцов чугуна $\text{Ø}35$ мм и толщиной 6 мм, залитых в медный разъемный кокиль, показало, что до модифицирования на поверхности микрошлифов пористость не обнаружена. После модифицирования при увеличении $1000\times$ отчетливо видны поры шаровидной формы. Различные уровни плоскости шлифа и поры шаровидной формы подтверждаются интенсивностью отраженных лучей в глубине поры и отсутствием фокуса на основной поверхности шлифа. При увеличении $1000\times$ в 18 полях зрения размер пор составлял от 3 до 5 мкм. Следует учесть, что небольшой размер полученных пор невозможно обнаружить при общепринятых методах подготовки шлифов с помощью алмазной пасты.

Исследование плотности 24 образцов чугуна до и после модифицирования с помощью метода гидростатического взвешивания образцов в четыреххлористом углероде и расчетными, по правилу аддитивности при изменении химиче-

ского состава чугуна, показало уменьшение плотности чугуна после модифицирования во всех экспериментах.

УДК 621.74.045:669.245.018:620.193.53

А. М. Михайловская

Запорожский национальный технический университет, Запорожье

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТАНТАЛА И РЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖАРОПРОЧНОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ЖС32-ВИ

В наше время изготовление наземных силовых и энергетических установок развивается в ракурсе результативного объединения двух критериев - снижение себестоимости изделия с сохранением уровня его эксплуатационных свойств и надёжности.

Представленная работа посвящена решению важной научной и практической задачи – оптимизации экономнолегированного состава сплава, обеспечивающего повышение его структурной и фазовой стабильности и коррозионной стойкости при сохранении уровня прочностных свойств.

Высокожаропрочный никелевый сплав ЖС32-ВИ полностью удовлетворяет требованиям, как материал рабочих лопаток. Однако данный сплав имеет очень высокую стоимость, в основном, за счет легирования очень дорогим и дефицитным элементом рением (4 % по массе), который делает применение сплава ЖС32-ВИ для рабочих лопаток стационарных газотурбинных установок экономически нецелесообразным.

Кроме высокой стоимости, сплав ЖС32-ВИ показывает структурную и фазовую нестабильность при долговременном влиянии высоких температур (1000...1100 °С), которые являются следствием образования значительного количества топологически плотноупакованных (ТПУ) фаз типа μ -фазы и двойных карбидов типа MeC, которые негативно влияют на показатели жаропрочности и пластичности.

Рений является одним из немногих элементов, которые повышают температуру плавления никелевых сплавов и оказывают наиболее заметное влияние на термостабильность γ -матрицы, тем самым существенно улучшая жаропрочные свойства металла.