

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 669.13

С.А. Балан, В.А. Ульянов, В.Е. Шигин

ВИБРОИМПУЛЬСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РАСПЛАВЫ ЧУГУНОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассмотрен метод внепечной обработки жидких чугунов, позволяющий повысить эксплуатационные свойства машиностроительных отливок. С использованием современных теоретических и экспериментальных методов изучены физико-химические процессы, протекающие при рафинировании и модифицировании расплава. Описаны режимы обработки расплавов упругими колебаниями высокой интенсивности.

Ключевые слова: кристаллизация, сплавы, вибрационное воздействие, упругие колебания, графитизация, неметаллические включения.

Известно, что кристаллическая структура сплава влияет на механические и специальные свойства литья за счёт анизотропии свойств по сечению отливок. При этом размер дендритной ячейки влияет на механические свойства литых сплавов гораздо сильнее, чем размер зерна. Увеличение скорости затвердевания почти всегда приводит к уменьшению расстояния между дендритными осями, что обычно сопровождается улучшением механических свойств. Технология получения высокопрочных высококачественных черных сплавов предусматривает как регулирование состава сплавов, наличием, в том числе, газовых и неметаллических включений, так и управление процессом затвердевания.

Таким образом, структура и свойства литых сплавов во многом определяются условиями их кристаллизации. В связи с этим большой практический интерес представляет возможность управления процессами кристаллизации сплавов и получения необходимых служебных свойств на основе сведений о влиянии различных воздействий на расплав [1, 2].

Вибрационная обработка чугуна в ковше может обеспечить широкие возможности по повышению качества отливок. Обработка жидкого чугуна в графитошамотных тиглях с частотой 30–70 Гц способствовала повышению прочности на 26 %, твердости - на 21% и увеличению плотности с 7087 до 7217 кг/м³. При определенном режиме воздействия (частота 50 Гц, амплитуда 0,14 мм, длительность обработки 120 с) включения графита принимали компактную форму.

Обобщая известные промышленные данные по использованию виброковшей для обработки чугуна, следует, тем не менее, обратить внимание на серьезные ограничения при использовании вибровоздействия для больших масс металла из-за больших динамических нагрузок на оборудование, возникающих в ходе обработки, и низкой интенсивности перемешивания жидкой ванны [3].

Известен способ обработки сплавов низкочастотными упругими колебаниями, при котором сплав с помощью волновода обрабатывается упругими колебаниями с частотой 38–100 Гц и амплитудой 0,5–1,5 мм.

Недостатками данного способа являются:

- невозможность использования массы расплава как фактора обработки;
- слабая дегазация расплава;

- неустойчивое явление кавитации;
- слабое бародинамическое воздействие [2].

Имеются исследования по применению воздействия на жидкие металлы в ковшах подобным способом, но с источником высокой интенсивности на основе электрогидроимпульсного эффекта [4, 5].

Суть метода заключается в следующем: выпущенный из печи жидкий чугун в ковше после замера температуры, удаления печного шлака и наведения новой шлакообразующей смеси доставляется на стенд обработки упругими колебаниями.

Установка для электрогидроимпульсной обработки расплава состоит из генератора импульсов тока (ГИТ) 1, механизма перемещения рычага 2, рычага 3 с закреплённым на его свободном конце электроразрядным генератором упругих колебаний (ЭРГУК) 5.

При высоковольтном пробое между положительным электродом 6 и верхней частью излучателя-волновода 7, введенного в разрядную камеру 5, часть энергии возникшего при этом гидропотока попадает на мембрану с волноводом 7, вызывая ее колебания. Эти колебания передается излучателем-волноводом в расплав 9 в ковше 8.

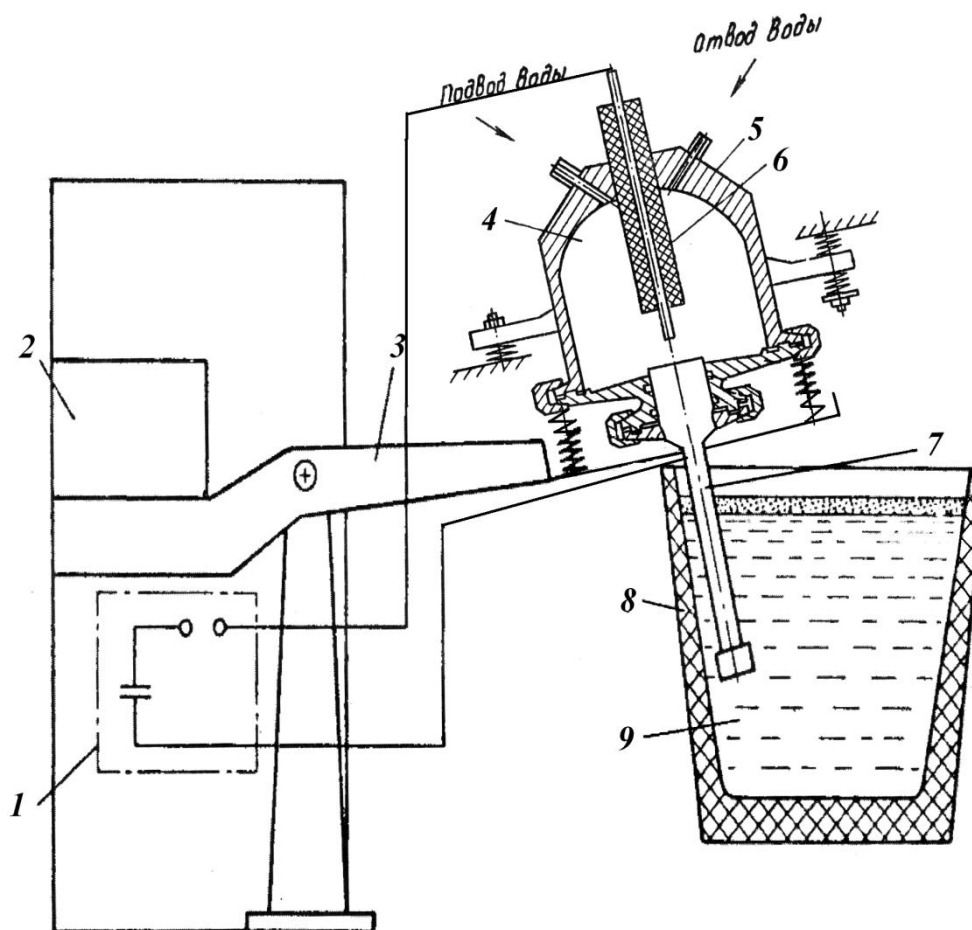


Рис. 1. Установка виброимпульсной обработки расплава:

1 – генератор импульсов тока (ГИТ); 2 – механизм перемещения рычага; 3 – рычаг;
4 – полость заполненная прокачиваемой водой; 5 – электроразрядный генератор упругих колебаний (ЭРГУК); 6 – электрод; 7 – волновод; 8 – ковш; 9 – расплав

После заполнения разрядной камеры 5 водой 4 подают от генератора импульсных токов 1 на положительный электрод 6 импульсы тока высокого напряжения (20-50 кВ) с заданной частотой следования (1-5 имп/с). При высоковольтном пробое водного промежутка между оконечностью положительного электрода 6 и верхней частью излучателя-волновода 7 (являющегося отрицательным электродом) возникают явления, характеризующие электро-

гидравлический эффект в ограниченном объеме. Ударные волны и мощные гидротоки взаимодействуют с мембраной и верхним торцом волновода-излучателя 4 и через последний передаются в расплавленный металл. Акустическое поле в расплаве приводит к возникновению локальных акустических давлений за счет распространения импульса сжатия. Взаимодействие фронта ударной волны с различными неоднородностями расплава приводит к возникновению локальных разрывов сплошности, возникновению кавитационных полостей, способствующих дегазации расплава. Интенсификации дегазации и усиление гидротоков направленных к мениску способствует созданию более благоприятных условий для всплывания и ассимиляции шлаковым покровом неметаллических включений [6].

С помощью пьезоаксельрометров типа ИС-313 определены графики перемещения активных участков мембраны. Так, при амплитуде перемещения 2 мм в течение 1 мс скорость перемещения мембраны изменяются до 6 м/с при ускорениях до 1000 g при разряде в 2-3 кДж. При этом давление в жидкости у волновода достигает 200 МПа. Помимо регистрации на осциллографе С8-2, сигналы от аксельрометров были обработаны на аппаратуре "Брюль и Кьер", что позволило определить, частотный спектр. Основные гармоники для указанных выше энергетических и конструктивных параметров изменялись в пределах 0,8-3,4 кГц. Максимальные частоты достигают 9,5 кГц.

Применение различных систем пружинных подвесок разрядной камеры позволяет увеличить эффективность воздействия без дополнительных энергетических затрат.

Предположительно, что под влиянием упругих колебаний, создаваемых ЭГ - эффектом в расплаве, возникают кавитационные явления. В образующиеся кавитационные пустоты проникает растворенный водород. При замыкании кавитационных пузырьков водород не успевает раствориться в жидком металле и образует газовые пузырьки. В результате зародыши молекулярного водорода соединяются в комплексы с оксидными включениями и по мере роста газовых пузырьков адсорбируются на их поверхности и всплывают вместе. Таким образом, процесс дегазации и очистки металла идет одновременно.

Структура и свойства серого чугуна определяются процессом графитизации, от которого зависят не только количество и характер графитовых включений, но в значительной степени и структура матрицы.

Макроструктурные исследования проводились на круглых литых образцах диаметром 80 мм.

Эксперименты над расплавом СЧ 21-40 в 3 т ковше позволили снизить наличие газов в литом металле на 61% при трехминутной обработке упругими колебаниями. Кроме того, отмечалось 13-15% измельчение литого зерна в литом металле. При шестиминутном воздействии измельчение литого зерна достигало 27% при появлении в матрице наряду с пластинчатым графитом хлопьевидного. Размер дендритной ячейки уменьшался с 42, 4 до 15, 4 мкм. Жидкотекучесть же расплава возрастает на 6-8%.

При применении карбида кальция в процессе вибрационного перемешивания уже за три минуты содержание серы снизилось с 0,15% на порядок. Без карбида кальция почти в два раза.

В табл. 1 приведены механические свойства сплавов СЧ 21-40 отлитых по обычно технологии и с электрогидроимпульсной обработкой расплава в 3 ковше.

Таблица 1

Механические свойства отливок серого чугуна без и с электрогидравлической обработкой расплава с частотой 3 имп/с и энергии в импульсе 2 кДж

Время обработки, мин	Предел прочности при растяжении, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Твердость по Бринеллю, НВ
Без воздействия	208 - 218	375 - 415	170 - 240
3	228 - 237	436 - 441	195 - 256
6	241 - 255	440 - 453	222 - 260

Таким образом, электрогидроимпульсная обработка расплава серого чугуна позволяет провести дегазацию расплава при макроструктурных изменениях повысить механические свойства литья.

Библиографический список

1. **Ефимов, В.А.** Технологии современной металлургии / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. – М.: Новые технологии, 2004. – 782 с.
2. **Ефимов, В.А.** Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. – М.: Металлургия, 1995. – 272 с.
3. **Попова, Э.А.** Особенности кавитационных процессов при воздействии на жидкие среды упругих колебаний низких частот / Э.А. Попова [и др.] // Расплавы, 1998. №3. С. 7–13.
4. **Скворцов, А.А.** Влияние внешних воздействий на процессы формирования слитков и заготовок / А.А. Скворцов, А.Д. Акименко, В.А. Ульянов. – М.: Металлургия, 1991. – 160 с.
5. **Гущин, В.Н.** Методы исследования и разработка градиентных промышленных технологий управления тепломассообменными процессами при разливке и формировании непрерывнолитых и стационарных заготовок / В.Н. Гущин, В.А. Ульянов; НГТУ. – Нижний Новгород, 2006. – 141 с.
6. Пат. SU 1580671 B22D27/00. Обработка металла (расплава) в жидком или вязком состоянии в литейных формах / В.М. Грабовый, К.П. Фоменко, В.А. Ульянов. 10.12.1996. Источник доступа <http://www.findpatent.ru/patent/158/1580671.html>

*Дата поступления
в редакцию 04.06.2015*

S.A. Balan, V.A. Ulyanov, V.E. Shigin

VIBROIMPULSIVE AFFECTING FUSIONS OF CAST-IRONS

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

The method of out-of-furnace treatment of liquid cast-irons is considered, allowing to promote operating properties of the machine-building founding. With the use of modern theoretical and experimental methods physical and chemical processes aleak at an affinage and retrofitting of fusion are studied. The modes of treatment of fusions are described by resilient vibrations of high intensity.

Key words: crystallization, alloys, oscillation influence, resilient vibrations, graphitization, nonmetallics.