

## ВЛИЯНИЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СТРУКТУРУ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

Ю.М. КУСКОВ, Г.Н. ГОРДАНЬ, Л.Т. ЕРЕМЕЕВА, И.Л. БОГАЙЧУК, Т.В. КАЙДА  
ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ. 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Исследовано влияние магнитно-импульсной обработки на структуру присадочного наплавочного материала – дроби из высокохромистого чугуна. Установлено влияние магнитно-импульсной обработки на измельчение структуры металла дроби, на количественный состав фаз и параметры их кристаллической решетки. Получаемые в результате магнитно-импульсной обработки новые свойства дроби не передаются наплавленному металлу. Библиогр. 5, табл. 2, рис. 3.

*Ключевые слова:* электрошлаковая наплавка, токоподводящий кристаллизатор, дробь, наплавленный металл, магнитно-импульсная обработка

В ИЭС им. Е.О. Патона разработан способ электрошлаковой наплавки и переплава в токоподводящем кристаллизаторе [1]. При этом способе можно применять компактные (электроды большого сечения — стержни, прутки, пластины; проволоки, ленты и т.п.), дискретные (дробь, порошки, стружка и т.п.) и жидкие наплавочные материалы.

Перспективным, как показала практика и теоретические исследования, следует считать применение в электрошлаковом процессе дискретной присадки. Наиболее распространенным дискретным присадочным материалом, нашедшим промышленное применение при наплавке, является дробь [2]. Ее можно получать по различным технологическим схемам [3]. Главным условием возможности ее применения в качестве наплавочной присадки являются оптимальные размер и форма гранул, их низкая газонасыщенность, высокая плотность металла.

При электрошлаковом процессе в результате плавления наплавочного материала формируется жидкая металлическая ванна, которая по своему объему относительно более соизмерима с объемом ванны, имеющей место при литье, чем, например, по сравнению со сварочной ванной, образующейся при дуговой сварке плавлением. Поэтому многие положения, относящиеся к поведению жидкого металла при литье, можно с достаточной степенью приближения отнести и к электрошлаковому металлу.

Это, в частности, относится к установленному в литейной практике факту влияния свойств шихтовых материалов на свойства жидкого металла и, в конечном итоге, на качество получаемых отливок. Эта взаимозависимость получила название «наследственность», и в настоящее время

данное научное направление активно развивается школой В.И. Никитина и его коллег [4]. Главной особенностью структурной наследственности авторы этого направления считают следующую закономерность: «целенаправленно воздействуя на структуру шихтовых металлов, можно, пройдя жидкое состояние, уловить отклик (след) структурной или иной информации на различных стадиях получения отливок».

Закладка такой информации в шихтовые материалы может осуществляться разными способами. Одним из таких способов, по классификации В.И. Никитина, является твердофазная обработка, позволяющая получать неравновесные структуры, насыщенные дислокациями, с тонкой мозаичной структурой. К ней относятся термообработка, обработка давлением, электролитическая обработка, физические обработки — магнитная, ультразвуковая, лазерная и др.

В настоящей работе выполнены исследования по оценке влияния специальной обработки дискретного наплавочного материала — дроби на структурные изменения как самих гранул, так и наплавленного металла, полученного при их расплавлении в шлаковой ванне.

В качестве способа воздействия на дискретную присадку была выбрана магнитно-импульсная обработка (МИО).

Такой выбор обработки был обусловлен тем, что исследования [5], проведенные в МГТУ им. Н.Э. Баумана и МГТУ (Московский государственный горный университет), показали значительное повышение эффективности некоторых традиционных методов упрочнения и защиты поверхностей деталей машин при дополнительном применении МИО.

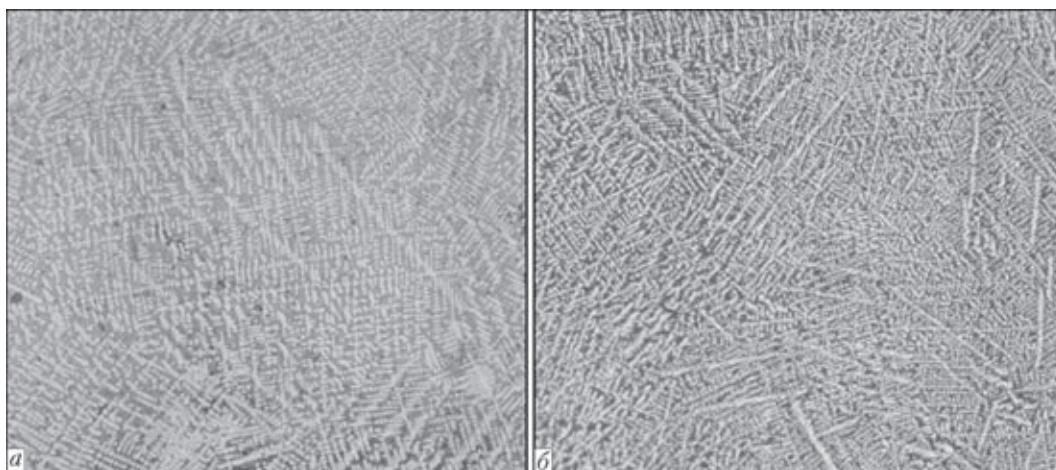


Рис. 1. Микроструктура ( $\times 400$ ) металла дробы: *a* — исходной; *б* — подвергнутой МИО

**Сравнительная оценка традиционных методов упрочнения деталей машин при применении МИО, %**

Оксидирование .....	130
Фосфатирование.....	120
Хромирование .....	140
Борирование .....	126
Плазменное напыление .....	167
Диффузионное хромирование.....	142
Обработка взрывом.....	166
Прокатывание .....	156
Наклеп .....	120
Закалка изотермическая .....	136
Закалка ступенчатая.....	128
Закалка с обработкой холодом при $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ .....	150
Термомеханическая обработка .....	170

Для наплавки в токоподводящем кристаллизаторе диаметром 180 мм применяли дробь из высокохромистого чугуна (25...28 % Cr), полученную распылением жидкой струи металла воздухом [3]. Фракционный состав дробы — 0,8...2,5 мм. Наплавки выполняли с использованием двух партий дробы: одна — необработанная, вторая была подвергнута МИО по технологии МГГУ\*. Технологические параметры наплавки в обоих случаях были одинаковы.

Дробинки обеих партий, а также наплавленный металл, полученный при их использовании, исследовали с помощью оптической металлографии, рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализов.

Приборное обеспечение было следующим: рентгеноспектральный анализ — Camebax SX

**Таблица 1. Фазовый состав и параметры кристаллических решеток металла дробинки в исходном состоянии и после МИО**

Фаза	Без МИО		После МИО	
	мас. %	параметр, Å	мас. %	параметр, Å
Аустенит	69,74	a:3,6253	53,49	a:3,6126
Мартенсит	29,31	a:2,8976 c:2,9092	45,51	a:2,8967 c:2,9043

\* МИО выполнена под руководством канд. техн. наук В.Г. Ивахника.

— 50; рентгеноструктурный анализ — Дрон Ум-1; оптическая металлография — микроскопы «Neophot-32» и «Versamet»; твердомер Н-400 фирмы «Лесо».

**Результаты металлографических исследований металла дробы.** При металлографическом исследовании и МРСА установлено, что структура дробинки, как обработанной МИО, так и необработанной, дендритная. Дендриты сформированы зернами аустенита, а в междендритном пространстве расположена мартенситная составляющая структуры. Обработка МИО приводит к измельчению структуры металла дробы в среднем до 50 % (рис. 1). Это следует как из визуальной оценки, так и измерения дендритного параметра (расстояние между осями второго порядка соответственно 7,59 и 4,0 мкм), выполненного линейным методом при помощи микроскопа «Versamet». Наблюдается некоторое отличие в показателях микротвердости необработанного и обработанного металла —  $HV0,1$  5500 и 5960 МПа соответственно. Распределение легирующих элементов по сечению дробинки и их химический состав металла до и после обработки практически остаются неизменными.

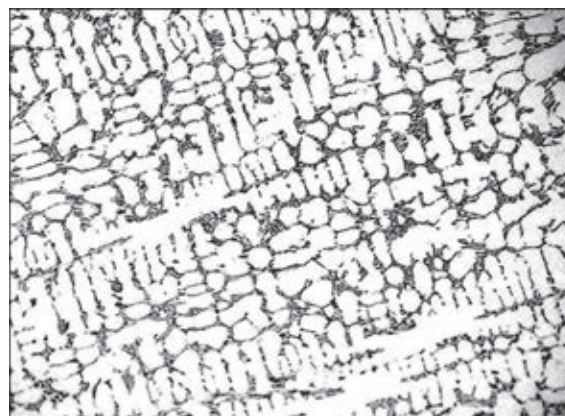


Рис. 2. Микроструктура ( $\times 200$ ) наплавленного высокохромистого чугуна

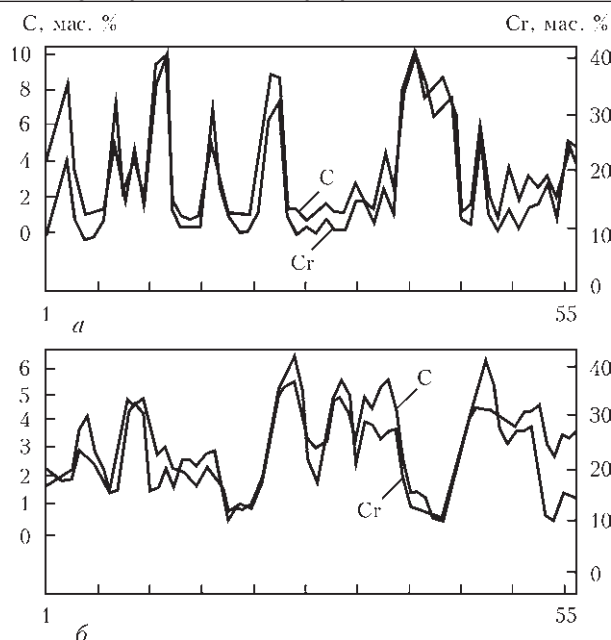


Рис. 3. Распределение Cr и C в металле, наплавленном дробью: а — в исходном состоянии; б — подвергнутом МИО

Рентгеноструктурный анализ позволил установить количественный состав фаз металла наплавочной присадки до и после ее обработки МИО, а также рассчитать параметры их кристаллических решеток. Согласно полученным результатам МИО приводит к изменению этих показателей (табл. 1).

**Результаты исследований наплавленного металла.** Микроструктура металла, наплавленного обоими типами дроби, представляет собой аустенитную матрицу с расположенными в ней, как в продольном, так и поперечном направлениях, карбидами  $(CrFe)_7C_3$ , а также хромисто-карбидную эвтектику (рис. 2).

Распределение легирующих элементов (рис. 3) и фазовый состав (табл. 2) металла, наплавленного дробью, в исходном состоянии и после МИО практически не меняются.

Таким образом, магнитно-импульсная обработка дискретной наплавочной присадки в виде дроби, хотя изменяет ее свойства в лучшую сторону, но эти изменения не сохраняются в наплавленном металле.

По-видимому, после прохождения металла дроби через температуру точки Кюри и дальнейшем его расплавлении, все положительные изме-

Таблица 2. Фазовый состав металла, наплавленного дробью, обработанной и необработанной МИО

Фаза	Без МИО	После МИО
	мас. %	мас. %
$\gamma$ -Fe	65,63	66,54
$\alpha$ -Fe	20,97	22,8
Карбид $(CrFe)_7C_3$	13,4	10,65

нения, определяемые магнитным воздействием на металл присадки, исчезают. Следует отметить, что ранее в работе [4] магнитная обработка шихты представлена как гипотетически возможная, без подтверждения положительного влияния этого способа воздействия на шихту при отливке реальных изделий. Полученные результаты исследований позволяют рекомендовать МИО для наплавленного металла. Целесообразность такого технологического решения подтверждается и исследованиями, выполненными в работе [5].

### Выводы

1. Установлено, что МИО позволяет существенно изменять свойства наплавочной дискретной присадки, но эти изменения не сохраняются в наплавленном металле.

2. Представляет интерес исследовать иные способы (не магнитные) воздействия на присадку с целью улучшения качества наплавленного металла.

3. Полученные результаты исследований позволяют рекомендовать МИО для наплавленного металла. Целесообразность такого технологического решения подтверждается и исследованиями, выполненными в работе [5].

1. Kuskov Yu.M. A new approach to electroslag welding // Welding J. – 2003. – № 4. – P. 42–45.
2. Ксендзык Г.В., Кусков Ю.М. Чугунная дробь – новый вид присадочного материала для электрошлаковой наплавки // Теоретические и технологические основы наплавки. Наплавочные материалы; под. ред. И.И. Фрумина. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона. – 1978. – С. 80–84.
3. Затуловский С.С., Мудрук Л.А. Получение и применение металлической дроби. – М.: Металлургия, 1988. – 183 с.
4. Никитин В.И., Никитин К.В. Наследственность в литых сплавах. Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 2005. – № 1. – 476 с.
5. Кантович Л.И., Малыгин Б.В., Первов К.М. Повышение ресурса инструмента и деталей горных машин методом магнитной обработки // Горное оборудование и электромеханика. – 2007. – № 1. – С. 13–16.

Поступила в редакцию 20.03.2015

### ИЗНОСОСТОЙКИЙ ЛИСТ

В ИЭС разработаны технологический процесс и оборудование для наплавки листов толщиной от 5 до 30 мм и с толщиной наплавленного слоя от 3 до 17 мм. Для этих целей создана специализированная наплавочная установка АД-380. Она состоит из тележки с двумя наплавочными головками, перемещающейся по направляющей, и двух столов для крепления стального листа размером 3000×1500 мм.