

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ФИЗИЧЕСКИХ СПОСОБОВ МОДИФИЦИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

А.К. Скороумов¹, И.А. Пфетцер^{1, 2}, Д.Г. Черников¹

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

²Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Обоснование. Получение желаемых механических свойств и их улучшение у изделий аэрокосмической промышленности всегда была актуальной задачей в металлургии. В литейном производстве были предложены методы модификации расплавов. Среди физических способов модификации можно выделить электротокую, ультразвуковую, магнитно-импульсную и другие обработки расплавов металлов, но их сравнение между собой требует изучения.

Цель — провести сравнение физических методов модификации алюминиевого сплава А5 и выделить из них наиболее эффективный.

Методы. Были проведены эксперименты по воздействию магнитно-импульсной обработки (МИО) и электротокowej обработки (ЭТО), также был проведен литературный обзор с целью сбора информации для лучшего понимания механизма действия методов и экспериментальных данных для непосредственного сравнения их с полученными данными.

Для проведения МИО и ЭТО расплава алюминия использовали установку МИУ-10. МИО проводилась с различными энергиями воздействия: 0,5, 1 и 1,5 кДж на образцы и различным числом импульсов: 15, 25 и 70. ЭТО проводилась с энергией воздействия 1 кДж и числом импульсов $n = 10$.

Результаты. После исследования литературы были выяснены механизмы воздействия физических методов обработки на алюминиевый расплав. При ЭТО под действием силы Лоренца индуцированной электротокowymi импульсами, зародыши зерен смещаются с верхней поверхности расплава вниз, что способствует измельчению структуры [1].

При ультразвуковой обработке (УЗО) на кристаллизующийся сплав формируются вибрационные потоки жидкости, которые смывают кристаллические зародыши с фронта твердой фазы и разносят их по всему объему, а также происходит схлопывание пузырьков газа, запасенная энергия которых трансформируется в импульсы высокого давления и кумулятивные струи, что также способствует измельчению структуры слитка [2].

При МИО протекание импульсного тока по индуктору создает вокруг него переменное магнитное поле, вследствие этого возникают объемные электродинамические силы, которые способствуют измельчению структуры в слитке [3]. Схемы обработки представлены на рис. 1.

После проведения экспериментов при сравнении полученных образцов видно, что при УЗО структура получается более однородной. При ЭТО и МИО зернистая структура не настолько однородная, однако при МИО структура наиболее измельченная (рис. 2), что так же видно при количественном сравнении по размеру зерна и степени его измельчения (см. таблицу).

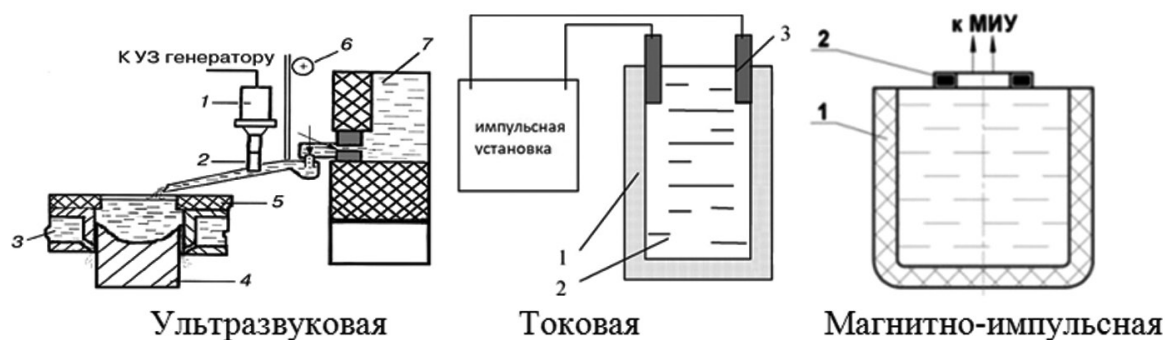


Рис. 1. Схемы различных методов обработки расплава

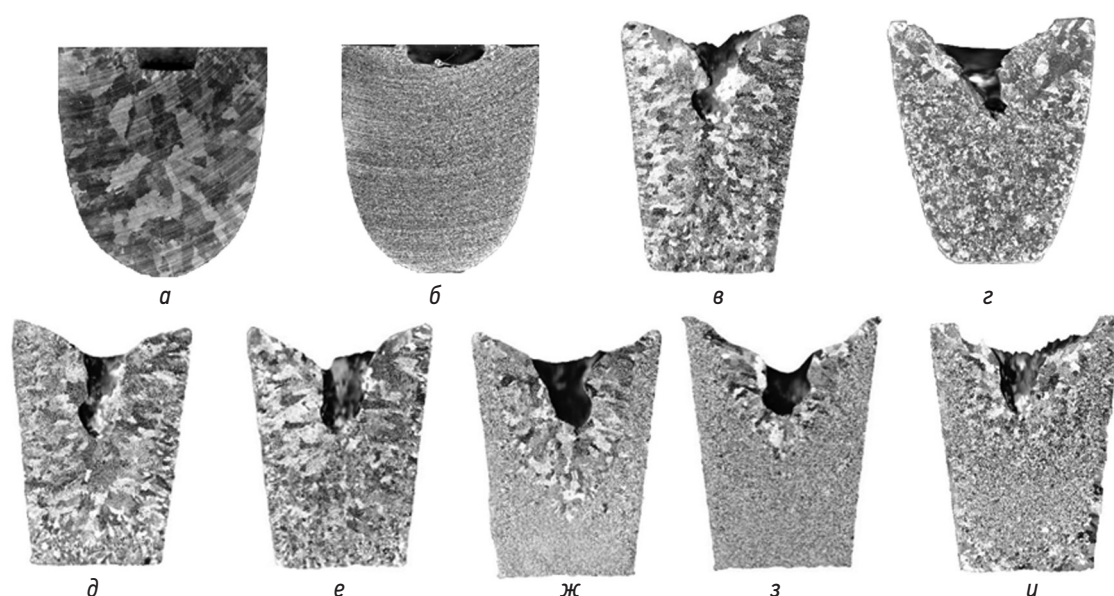


Рис. 2. Структуры слитков *а)* — без обработки [2]; *б)* — обработанный УЗО [2]; *в)* — модифицированный солями натрия; *г)* — обработанный ЭТО; *д)* — без обработки; *е)* обработанный МИО ($n = 15$, $w = 0,5$ кДж); *ж)* — обработанный МИО ($n = 25$, $w = 1$ кДж); *з)* — обработанный МИО ($n = 25$, $w = 1,5$ кДж); *и)* обработанный МИО ($n = 70$, $w = 1$ кДж)

Таблица. Результаты измельчения структуры отливок при воздействии различными методами обработки расплава

Вид обработки		Средний размер зерна, мм	Измельчение %
Магнитно-импульсная обработка	Образец Д	4,91	—
	Образец Е	3,66	25,4
	Образец Ж	1,33	73
	Образец З	0,54	89
	Образец И	0,88	82
	Образец В	3,00	38
Электротоковая обработка		2,00	59
Ультразвуковая обработка		0,22	66

Выводы. Были проведены исследования влияния МИО, ЭТО и УЗО на структуру и свойства алюминиевого сплава марки А5. Установлено, что МИО способствует измельчению зерен отливок до 10 раз, что благоприятным образом отражается на физических и механических свойствах.

Данный способ обладает значительными преимуществами перед другими, что делает его одним из самых перспективных для промышленного внедрения, так как обладает наибольшей степенью измельчения зерна, а также имеет дистанционный характер воздействия и не имеет погружных элементов, подверженных износу и способных «загрязнять» рабочий расплав.

Ключевые слова: магнитно-импульсная обработка расплава; физическая модификация расплава; ультразвуковая обработка; токовая обработка.

Список литературы

- Li J., Ma J., Gao Y., Zhai Q. Research on solidification structure refinement of pure aluminum by electric current pulse with parallel electrodes // Mater Sci Eng. 2008. Vol. 490, No. 1–2. P. 452–456. DOI: 10.1016/j.msea.2008.01.052
- Эскин Г.И. Влияние кавитационной обработки расплава на измельчение структуры слитков легких сплавов // Труды V Международной научно-практической конференции «Прогрессивные литейные технологии». Москва, 2009. С. 44–48.
- Прокофьев А.Б., Беляева И.А., Глушников В.А., и др. Магнитно-импульсная обработка материалов (МИОМ): монография. Самара: Изд-во СНЦ, 2019. 140 с.

Сведения об авторах:

Андрей Константинович Скороумов — студент, группа 1321-220302D, институт авиационной и ракетно-космической техники; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: andreyskoroumov@mail.ru

Илья Александрович Пфетцер — аспирант, группа 1-ОАД-22-2, факультет машиностроения, металлургии и транспорта; Самарский государственный технический университет; инженер-конструктор ОНИЛ-41, кафедра обработки металлов давлением, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: pfettser.2-mmt-4@yandex.ru

Дмитрий Геннадьевич Черников — научный руководитель, кандидат технических наук, доцент кафедры обработки металлов давлением; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: 4ernikov82@mail.ru