

УДК 669.715:62-412:621.74.047

Пужайло Л. П., Серый А. В., Поливода С. Л.

## **ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛИТКОВ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ДЕФОРМИРУЕМЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ ПОЛУНЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ**

Высокопрочные алюминиевые деформируемые сплавы являются одним из основных конструкционных материалов, используемых для получения силовых элементов самолетов, ракет, железнодорожных вагонов и других видов техники [1–4]. В Советском Союзе производство этих сплавов и полуфабрикатов из них было сосредоточено в России. В настоящее время в Украине отсутствует металлургическое производство заготовок из высокопрочных алюминиевых деформируемых сплавов.

Научные сотрудники Физико-технологического института металлов и сплавов Национальной академии наук Украины принимали участие в разработке оборудования и технологий получения высокопрочных алюминиевых деформируемых сплавов и изделий из них на многих заводах Советского Союза. С учетом полученного опыта сотрудниками института за последние 10 лет были выполнены ряд научно-технических тем по совершенствованию состава и свойств высокопрочных алюминиевых деформируемых сплавов, а также разработке нового оборудования и технологий получения сплавов и полуфабрикатов из них. За это время разработаны научные основы получения сплавов, создано новое экспериментальное оборудование для плавки, рафинирования, модифицирования, разливки и полунепрерывного литья слитков из этих сплавов, которые по своим техническим характеристикам и уровню качества получаемой продукции соответствуют мировому уровню техники и технологий в этой отрасли промышленности.

Целью работы является разработка технологии и оборудования для получения слитков высокопрочных алюминиевых деформируемых сплавов методом полунепрерывного литья.

Разработанный впервые в Украине комплекс оборудования и технологии для получения слитков из высокопрочных алюминиевых деформируемых сплавов методом полунепрерывного литья предназначен для:

- приготовления высокопрочных алюминиевых сплавов с расплавлением компонентов и одновременным электромагнитным перемешиванием сплава;
- нагрева и поддержания температуры жидкого сплава с его электромагнитным перемешиванием;
- вакуумного рафинирования жидкого сплава с его электромагнитным перемешиванием;
- модифицирования сплава с его электромагнитным перемешиванием;
- фильтрации сплава через пористый керамический фильтр;
- регулируемой программной электромагнитной разливки жидкого сплава в низкий кристаллизатор с тепловой насадкой;
- поддержания температуры жидкого сплава во время литья слитка в кристаллизатор;
- программной кристаллизации слитка.

Экспериментальный металлургический комплекс для получения слитков из высокопрочных алюминиевых деформируемых сплавов методом полунепрерывного литья (рис. 1) состоит из вакуумной магнетодинамической установки (МГД-установки) и машины полунепрерывного литья слитков. В вакуумной МГД-установке производится приготовление алюминиевого деформируемого сплава. Приготовление сплава включает расплавление шихтовых материалов, рафинирование сплава в вакууме, модифицирование сплава переходными металлами. Во время приготовления сплав нагревается с помощью индуктора и одновременно

перемешивается с помощью электромагнита. При этом достигается высокая скорость растворения компонентов шихты с высокой температурой плавления, высокая однородность химического состава сплава, низкое остаточное содержание водорода в сплаве, а также высокий процент усвоения модификаторов. Вакуумная МГД-установка является также дозатором жидкого сплава и осуществляет регулируемую электромагнитную разливку сплава в кристаллизатор машины полунепрерывного литья слитков. Машина снабжена кристаллизатором с сублимирующим покрытием, а также обогреваемой тепловой насадкой. Машина обеспечивает получение слитков без газовой и усадочной пористости с мелкокристаллической структурой и поверхностью, не требующей механической обработки слитков перед прессованием. Процесс литья слитков автоматизирован с использованием промышленного контроллера, преобразователей частоты, регуляторов мощности и другой электронной аппаратуры. Для футеровки вакуумной магнитодинамической установки используется волокнистый огнеупорный материал под название вологран, химический состав и технология получения которого разработаны сотрудниками ФТИМС НАН Украины.

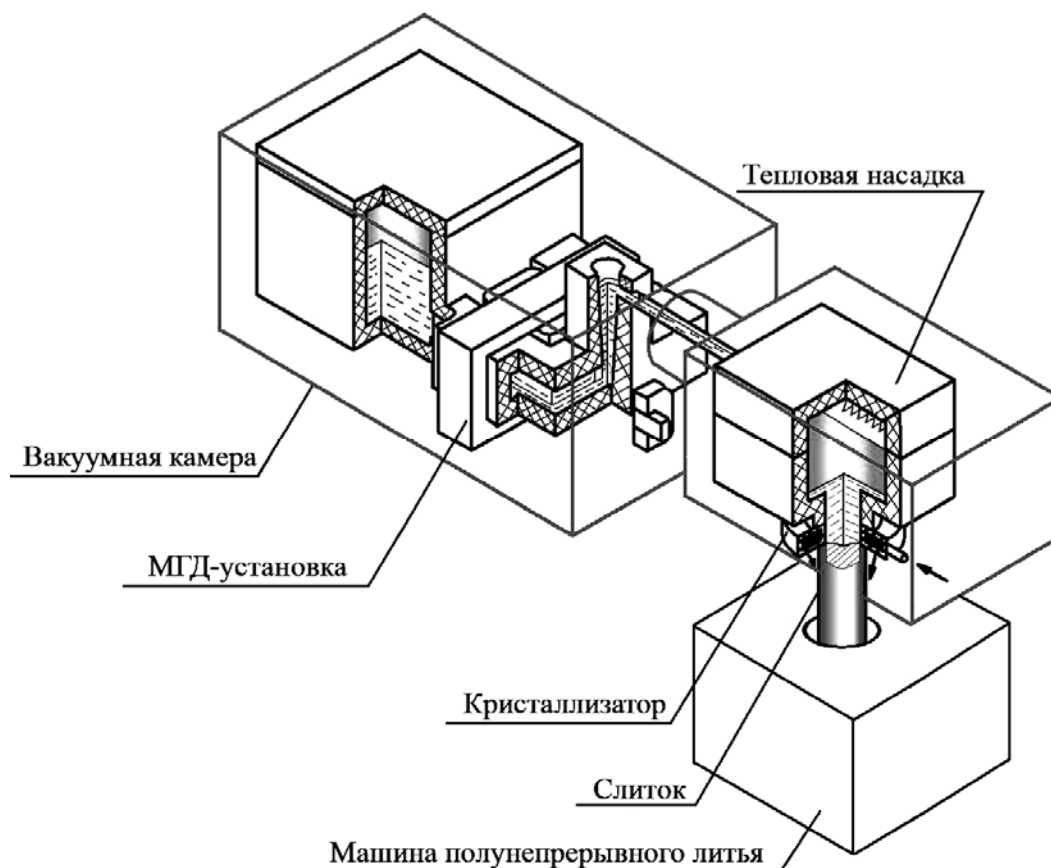


Рис. 1. Металлургический комплекс для приготовления высокопрочных алюминиевых деформируемых сплавов и литья из них слитков полунепрерывным способом

Техническая характеристика экспериментального металлургического комплекса для получения слитков из высокопрочных алюминиевых деформируемых сплавов методом полунепрерывного литья:

1. Вакуумная МГД-установка:

- полезная емкость тигля, кг – 600;
- мощность, кВт – не более 100;
- температура жидкого металла, °С – не более 800;
- рабочий вакуум, кПа (мм рт. ст.) – 0,133 (1).

2. Машина полунепрерывного литья слитков:

- диаметр слитков, мм – не более 500;
- длина слитка, мм – не более 4000;
- мощность, кВт – не более 20;
- количество оборотной охлаждающей воды, м<sup>3</sup>/час – не более 5.

Комплекс позволяет получать слитки круглого и прямоугольного сечения из высокопрочных алюминиевых сплавов на основе систем Al–Mg, Al–Mg–Zn, Al–Mg–Zn–Cu, Al–Li–Mg–Cu–Zr, а также новые сплавы, модифицированные Sc. Микроструктура слитка из высокопрочного алюминиевого деформируемого сплава системы Al–Mg–Zn–Cu типа 7075, изготовленного с использованием экспериментального металлургического комплекса, приведена на рис. 2.

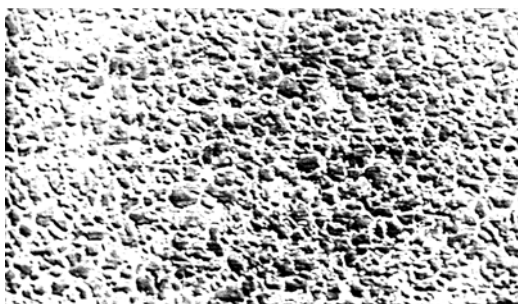


Рис. 2. Микроструктура слитка из высокопрочного алюминиевого деформируемого сплава типа 7075,  $\times 100$

Механические свойства пресованных полуфабрикатов из слитков, изготовленных с использованием экспериментального металлургического комплекса, после термической обработки достигают следующих значений:  $\sigma_s = 700\text{--}750$  МПа,  $\delta = 8\text{--}12$  %.

## ВЫВОДЫ

Проведенные в течение последних лет усовершенствования оборудования и технологий позволяют получать слитки из высокопрочных алюминиевых деформируемых сплавов с недендритной структурой, что дает возможность снизить в 4–6 раз усилие пресования полуфабрикатов и в 2–3 раза длительность гомогенизирующего отжига при пресовании, увеличить технологическую пластичность слитков в 1,5–2,0 раза, а также прочность деталей на 20–30 % и их пластичность в 1,3–1,8 раза.

В 2004 году институт изготовил и поставил комплекс подобного оборудования в Институт металлических материалов Китайской народной республики. По контракту с Министерством промышленной политики Украины институт разработал техническую документацию и изготавливает комплекс оборудования для получения слитков из высокопрочных алюминиевых сплавов типа В96Ц1 производительностью 500 т/год.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров Г. С. Интегральные пресованные конструкции из алюминиевых сплавов для самолетостроения / Г. С. Макаров // Цветные металлы. – 1999. – № 12. – С. 77–78.
2. Давыдов В. Г. О некоторых актуальных проблемах разработки алюминиевых сплавов и технологий для авиакосмического применения / В. Г. Давыдов // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. – 2001. – № 4. – С. 32–36.
3. Олиференко А. В. Перспективы применения алюминиевых сплавов для изготовления сварных кузовов пассажирских вагонов / А. В. Олиференко, Г. Г. Клочков // Машиностроение и инженерное образование. – 2007. – № 1. – С. 42–47.
4. Скорняков В. Вагонам из алюминия – зеленый свет / В. Скорняков // Металлы Евразии. – 2008. – № 1. – С. 44–46.