

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.

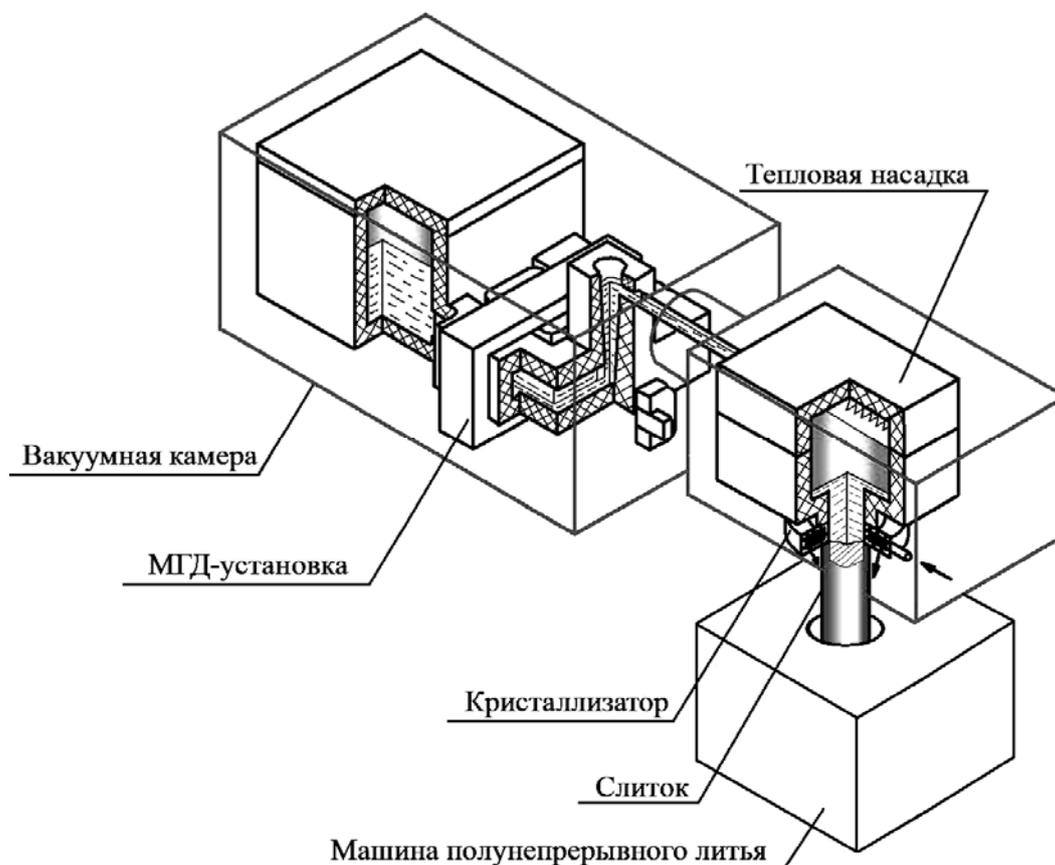


Рис. 1. Metallurgical complex for preparation of high-strength aluminum alloys and casting of them by the semi-continuous method

Technical characteristics of the experimental metallurgical complex for production of ingots from high-strength aluminum alloys by the semi-continuous method:

1. Vacuum MHD installation:

- useful capacity of the crucible, kg – 600;
- power, kW – not more than 100;
- temperature of the liquid metal, °C – not more than 800;
- working vacuum, kPa (mm Hg. st.) – 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, м³/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.

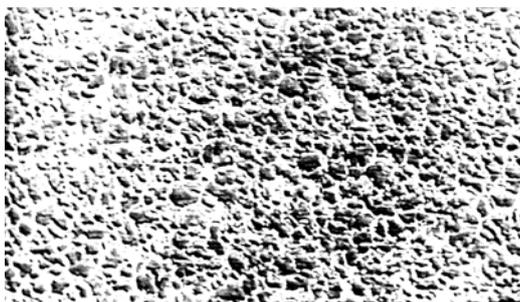


Рис. 2. Микроструктура слитка из высокопрочного алюминиевого деформируемого сплава типа 7075, $\times 100$

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.