THE RESEARCH OF THE SURFACE STRUCTURE OF METALWARES WHICH
WERE OBTAINED FROM ALLOY AD (1015) UNDER CYCLIC DEFORMATION
OF METAL IN THE SOLID-LIQUID STATE

A. Sergeeva¹, N. Lovizin², A. Sosnin³

DOI: http://doi.org/10.15350/L_26/8/19

Abstract

The paper presents the results of research of surfaces of metalware from aluminum alloy AD (1015). The metalwares were obtained by cyclic deformation of metal in the solid-liquid state. The scheme of device was presented in the paper. That device allows realizing of complex process of combination of crystallization and deformation of metal in solid-liquid state. Its operation was examined. The features of surface of flat metalwares had presented in this paper. Also, the advantages of combination of continuous casting and deformation metal in solid-liquid state were substantiated.

Keywords: aluminum alloys, microstructure, continuous casting, mechanical properties, crystallization, combination of processes.

Конструкционные материалы на основе алюминия и алюминиевых сплавов широко используются в различных отраслях промышленности, оборонной промышленности, автомобилестроении, авиации, строительстве и электротехнике и т.д. Алюминий – металл высоких технологий, на его основе создаются новые материалы и новая техника, которые радикально и благоприятно изменяют условия жизнеобеспечения человека и способствуют решению глобальных мировых проблем [1].

Исследования, направленные на получение новых материалов на основе алюминия в последнее время становятся особенно актуальными. Одно из направлений таких исследований – это получение слитков с равномерной мелкозернистой внутренней структурой и высоким качеством поверхности. Качество поверхности влияет не только на потребительские

---

¹Anastasia Sergeeva, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Deputy Director of Science of FSBIS Institute of machinery and metallurgy of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Director of Institute of Scientific and Technical Innovation (Resident Skolkovo), Russia.

²Nikolay Lovizin, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory, FSBIS Institute of machinery and metallurgy of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia.

³Alexander Sosnin, Candidate of Engineering Sciences, Researcher, FSBIS Institute of machinery and metallurgy of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia.

свойства металлоизделий. Дефекты поверхности могут снижать механические свойства заготовок в целом, а также являться источником развития внутренних дефектов и трещин по всему объему полуфабриката.

Данная работа направлена на исследование структуры поверхности плоских заготовок из сплава АД (1015), полученных в результате реализации сложного технологического процесса непрерывного вертикального литья металлов совмещенного с циклическим деформированием металла, находящегося в твердожидком состоянии. Данные исследования проводятся с целью получения знаний о формировании структуры поверхностных слоев плоских заготовок из сплава АД (1015), полученных в условиях совмещения нескольких технологических процессов для разработки технологий по получению перспективных длинномерных металлоизделий с улучшенными свойствами за короткий производственный цикл.

Химический состав сплава, из которого выполнены исследуемые заготовки, определялся с помощью спектрометра энергодисперсионного рентгеновского флуоресцентного EDX-8000 (Shimadzu, Япония). В таблице 1 приведен состав сплава, который в соответствии с ГОСТ 4784-97 [2] можно отнести к сплаву АД (1015):

Таблица 1

Химический состав исследуемого сплава

Сплав	Содержание элементов, % (мас.)							
	Al, %	Fe, %	Si, %	Cu, %	Mn, %	Zn, %	Ti, %	примеси всего, %
АД (1015)	99,011	0,012	0,067	0,048	0,050	0,091	0,038	0,149

Устройство, реализующее процесс совмещения непрерывного литья с циклическим деформированием металла в твердожидком состоянии [3], относится к устройствам непрерывного литья вертикального типа. Данное устройство позволяет совмещать процесс кристаллизации расплава и его деформирование в заданный профиль, в устройстве реализован вертикальный выход металлоизделия в колодец расположенный под устройством.

На рис.1 представлено устройство, реализующее процесс циклически повторяющегося внешнего воздействия на расплав, находящийся в твердожидком состоянии.

Обжимные стенки 1 состоят из вертикального участка 2 и наклонного участка 3. Две боковые стенки 4, совершающие возвратно-поступательное движение вверх-вниз, обеспечивая продвижение готового металлоизделия вниз. Обжимные стенки оснащены системой охлаждения, а также обеспечивают ограничение внутренней области кристаллизатора и поверхностями 2 осуществляют деформацию кристаллизующегося расплава. Подробное описание работы устройства приведено в работе [4].

Организованный подобным образом кристаллизатор с подвижными стенками позволяет в пределах его внутреннего объема интенсифицировать не только охлаждение и процессы связанные с массопереносом, но и

осуществлять циклическое деформирование расплава в твердожидком состоянии, а также формировать заготовку и выводить ее вниз под устройство. Внешний вид получаемых плоских заготовок представлен на рис. 2.

Рис. 1. Схема устройства, реализующего процесс циклически повторяющегося деформирования металла в твердожидком состоянии

Рис. 2. Внешний вид металлоизделия из сплава АД (1015)

Из рис. 2 видно, что на полученных металлоизделиях имеются поверхностные дефекты в виде мелких трещин. Исследование микроструктуры поверхностных слоев позволило установить природу возникновения таких дефектов поверхности заготовок. На рис. 3 а,б,в представлены фотографии поверхностных слоев металлоизделий в долевом, поперечном и высотном направлениях соответственно.

Рис. 3. Микроструктура поверхности плоских заготовок из сплава АД (1015): а) – в долевом направлении, б) – в поперечном направлении, в) – в высотном направлении

Анализируя полученную структуру, можно сделать вывод о том, что при совмещении непрерывного литья с циклическим деформированием металла в твердотекучем состоянии, у полученных заготовок в поверхностном слое формируется смешанная структура с интерметаллидными включениями в межзеренных границах. Необходимо отметить, что наличие мелких трещин на поверхности заготовок может порождаться наличием рекристаллизованных зерен. Рекристаллизация способствует снижению прочностных характеристик и в условиях больших степеней деформаций может приводить к выкрашиванию определенных микрообъемов металла, а также образованию микротрещин и трещин на поверхности заго-

товок. Такие дефекты снижают потребительские свойства, однако устраняемы при жестком контроле температурных режимов систем охлаждения [5], а именно настрой систем охлаждения таким образом, чтобы в зоне деформирования и на выходе заготовок из устройства температура металла была ниже температуры рекристаллизации.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что совмещение непрерывного литья вертикального типа с деформацией металла в твердотекучем состоянии, при тщательно отрегулированном процессе охлаждения, позволяет получать длинномерные изделия с достаточно высокими потребительскими свойствами за короткий производственный цикл. Изучение совмещения указанных технологий требует тщательного изучения, так как может служить основой для разработки новых перспективных технологий получения инновационных материалов.

References:

- [1] Бровман М.Я. Совмещенные процессы непрерывного литья и прокатки. Саарбрюккен (Германия): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 626 с.
- [2] Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки. ГОСТ 4784-97. Введ. 2000-07-01. М.: Издательство стандартов, 1997. 10с.
- [3] Патент РФ № 2116158. Устройство для получения непрерывнолитых деформированных заготовок / Стулов В.В, Одинокое В.И. Оpubл.27.07.1998. Заявка №96111894/02.
- [4] Сергеева А.М., Ловизин Н.С., Соснин А.А, Одинокое В.И. Исследование структуры и механических свойств металлоизделий из сплава АД0, полученных с помощью новой технологии непрерывного литья// Перспективные материалы. № 4. 2016. С. 13-18.
- [5] Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: учеб. для вузов. М.: МИСИС, 2001. 413 с.