THE RESEARCH OF IMPURITIES IN METALWARES FROM ALUMINIUM ALLOY 1010 UNDER CYCLIC DEFORMATION OF METAL IN THE SOLID-LIQUID STATE

A. Sergeeva¹, N. Lovizin², A. Sosnin³

DOI: http://doi.org/10.15350/L_26/8/20

Abstract

The results of research of impurity distribution in the volume of flat blanks from an aluminum alloy 1010. These metalwares were obtained by the cyclic deformation of metal in solid-liquid state. A scheme for the device of horizontal continuous casting had been shown. These device is allows to implement the complex process of combination of crystallization and deformation in the solid-liquid state. The paper shows that the combination of the horizontal continuous casting and deformation of metal in the solid-liquid state contributes to uneven distribution of impurities by volume of metalware. Also, areas of minimum and maximum amount of impurities were identified.

Keywords: aluminum alloys, microstructure, continuous casting, химический состав, crystallization, combination of processes.

В последние годы достаточное большое внимание уделяется разработкам технологий формообразования, основанных на деформировании металла в двухфазном состоянии, то есть в твердожидком. Основной причиной такого интереса к деформированию металла в твердожидком состоянии, является необходимость реализации сложного формообразования за один производственный цикл и при сниженных энергетических затратах [1]. При работе с твердожидкими расплавами необходимо учитывать изменение доли твердой фазы в расплаве и ее дисперсность.

Исследования, направленные на разработку технологий получения новых материалов на основе алюминия в последнее время становятся особенно актуальными. Одно из направлений таких исследований – это получение слитков с равномерной мелкозернистой внутренней структурой. Распределение химических элементов по объему полученных заготовок

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.

является одним из основополагающих факторов, определяющих механические свойства заготовок в целом, а также может являться источником развития внутренних дефектов и трещин по всему объему полуфабриката.

Данная работа направлена на исследование распределения химических элементов, составляющих сплав 1010, по объему полученных плоских заготовок, полученных в результате реализации сложного технологического процесса непрерывного горизонтального литья металлов совмещенного с циклическим деформированием металла, находящегося в твердожидком состоянии. Данные исследования проводятся с целью получения знаний о формировании внутренней структуры и распределения примесей заготовок из сплава 1010, 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 1010:

Таблица 1

Химический состав исследуемого сплава

Сплав	Содержание элементов, % (мас.)							
	Al, %	Fe, %	Si, %	Cu, %	Mn, %	Zn, %	Ti, %	примеси всего, %
1010	99,761	0,109	0,048	0,026	0,017	0,011	0,009	0,019

С целью реализации изучаемого процесса применялось устройство совмещения непрерывного горизонтального литья с циклическим деформированием металла в твердожидком состоянии [3]. Данное устройство позволяет совмещать процесс кристаллизации расплава и его деформирование в заданный профиль, в устройстве реализован двухручьевый горизонтальный выход металлоизделий в противоположные стороны от устройства.

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

Подвижный кристаллизатор состоит из четырех частей: двух боковых стенок-бойков (1) и двух горизонтальных плит (2). В верхней горизонтальной плите имеется окно (4) для подачи расплава, где происходит его охлаждение и продвижение в зону деформации. Достигая наклонной зоны 5 кристаллизатора, металл, находясь в твердожидком состоянии, подвергается воздействию со стороны стенок-бойков (1), которые движутся навстречу друг другу, в зоне 6 происходит завершение процесса формообразования заготовки и она продвигается наружу горизонтальными плитами (2) в момент, когда стенки-бойки расходятся в разные стороны друг

от друга. Работа стенок кристаллизатора обеспечивается эксцентриковыми валами 3. Такое движение горизонтальных плит способствует попеременному продвижению закристаллизовавшегося металла в боковых направлениях А и Б, как показано на рис. 1.

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

Рис. 2. Внешний вид металлоизделия из сплава 1010

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 сразу две заготовки по обе противоположные стороны от устройства. Внешний вид получаемых плоских заготовок представлен на рис.2.

Рис. 3. Схема поперечного сечения заготовки и областей, в которых проводился химический анализ

На рис. 2 представлено металлоизделие, имеющее ширину – 32 мм, толщину – 4 мм, длина исследуемой заготовки – 5.2 м. Химический анализ полученных металлоизделий позволил установить, что распределение химических элементов по объему неравномерное. Имеются области с наибольшим сосредоточением примесей, такие области расположены в краевых частях заготовок. На рис.3 представлена схема поперечного сечения заготовки с определением геометрических размеров областей, в которых проводился химический анализ металла. В таблице 2 представлен химический анализ исследуемых областей металлоизделия.

Таблица 2

Химический анализ исследуемых областей металлоизделия.

Сплав 1010, область заготовки	Содержание элементов, % (мас.)							
	Al, %	Fe, %	Si, %	Cu, %	Mn, %	Zn, %	Ti, %	примеси всего, %
A	99.651	0,145	0,082	0,071	0,041	0,008	0,001	менее 0,002
B	99.742	0,100	0,047	0,056	0,035	0,008	0,001	менее 0,002
C	99.953	0.023	0.012	0.007	0.003	0.001	-	менее 0,001
D	99.981	0.008	0.005	0.003	0.001	менее 0,001	-	менее 0,001
E	99.755	0,099	0,054	0,048	0,034	0,007	0,001	менее 0,002
F	99.683	0,128	0,071	0,068	0,039	0,008	0,001	менее 0,002

В микроструктуре металлоизделий отмечено повышенного количества примесей в областях, указанных на рис. 3 буквами А и F. За счет работы подвижных стенок кристаллизатора в металлоизделии твердая фаза перемещается в жидкой фазе, причем твердая фаза, образованная из химических соединений перемещается в направлении областей А и F. Центральной области металлоизделий свойственно преимущественное наличие чистого алюминия, в большей степени в осевой части плоских заготовок. Перераспределение химических элементов в процессе формообразования при твердожидком деформировании отмечено в работе [5].

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что совмещение непрерывного литья горизонтального типа с деформацией металла в твердожидком 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 № 2073586. Устройство для непрерывного литья и деформации металла/ Одинокое В.И. Оpubл.20.02.1997. Заявка №93052086/02.
- [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] Колочев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: Учеб. Для вузов. М.: МИСИС, 2001.