

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ СЕРЕБРЯНОЙ ЗАГОТОВКИ

Кушнерова Е.Ю., Белецкий А.В., Горбатенко В.П., Бредихин В.Н.,
Присяжная Л.Е. (ДонНТУ, ДонНИПИЦМ, г.Донецк, Украина)

The work studies the macrostructure peculiarities of silver alloy billets produced by vertical continuous casting unit. Different modes of strip casting are realized, that allowed setting the effect of such process parameter, as molten metal temperature, on average diameter of microstructure grains of continuous cast silver of Sp 99,99 grade.

Введение. По оценкам экспертов в мире к середине 90-х годов XX в. накоплено примерно 630?640 тыс. тонн серебра, основная часть которого (550 тыс. тонн) содержится в ювелирных и декоративных изделиях, столовом серебре и церковной утвари. В слитках находится около 45 тыс. тонн, в виде монет и медалей – 40 тыс. тонн серебра [1].

Однако в XX?XXI веке более 70 % серебра расходуется уже на промышленные цели, т.е. из металла, служившего главным образом для производства монет, украшений и бытовой утвари, серебро превратилось в «промышленный» металл [2].

Главным потребителем серебра с конца XIX века являлась фото- и кинематография, рентгенография и другие отрасли использования фотоматериалов. Однако начиная со второй половины XX века Широко используется серебро в электротехнике, электронике, радиотехнике и связанных с ними отраслях машиностроения. Важным потребителем серебра являются ракетная, космическая и авиационная техника, военно-морской флот, производство серебряно-цинковых и серебряно-кадмиевых аккумуляторов - первичных источников тока. Большое количество серебра используется для изготовления припоев, в химической промышленности и в химическом машиностроении [1].

Чистое серебро в виде тончайшей проволоки служит материалом для филигранного производства и насечки по стали. Оно также является материалом для дорогих художественных эмалевых изделий, идет на аноды при серебрении. Серебро служит главным компонентом в серебряных твердых ювелирных припоях, которыми спаиваются не только серебряные, но и медные и латунные изделия. Эти припои отличаются наиболее высокими качествами.

К металлургическому качеству продукции на основе серебра, к допустимым отходам и потерям серебра в производстве предъявляются более жесткие требования, чем к переработке благородных металлов и сплавов. Поэтому обработка серебра сосредоточена, как правило, только на специализированных предприятиях цветной металлургии. Кроме того, имеется централизованная система планирования расхода драгоценных металлов, обеспечения производства оборотными фондами драгоценных металлов, планирование сбора отходов и их переработки, контроля эффективности мероприятий по борьбе с потерями и неэкономическим использованием драгоценных металлов [3].

Современные требования, предъявляемые к качеству серебряных заготовок, определяют необходимость качественного заготовительного литья. Таким образом, в настоящее время процесс производства серебряных заготовок требует более глубокого и детального изучения с целью улучшения качества заготовок, сокращения потерь благородного металла и увеличения выхода годной готовой продукции.

Задача исследования. В данной работе были изучены особенности структуры серебряных заготовок, полученных с помощью установки вертикального непрерывного литья СС 3000 (производство Германии).

Основная часть исследований. Исследовали влияние технологических параметров процесса непрерывного литья на качество литых полуфабрикатов из серебра марки Ср 99,99, химический состав которого представлен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав серебра (ГОСТ 6836-2002)

Марка	Ag, % не менее	Примеси, % не более					
		Pb	Fe	Sb	Bi	Cu	Всего
Ср 99,99	99,99	0,003	0,004	0,001	0,002	0,008	0,01

При непрерывном литье серебра плавку проводили в инертной среде (аргон) индукционной печи установки СС 3000 в графитовом тигле. Для литья профиля полосы 100?5 мм использовали медный водоохлаждаемый кристаллизатор с графитовой формообразующей вставкой.

В ходе эксперимента варьировали один технологический параметр процесса производства серебряной полосы - температуру расплава металла. Перемешивание расплава на различных стадиях процесса поддерживали в автоматическом режиме. Данные технологических режимов производства заготовки на установке вертикального непрерывного литья представлены в таблице 2.

Таблица 2. Технологические режимы непрерывного литья серебряной полосы на установке СС 3000

Технологический режим	7.1		
Температура расплава, °С	1025	1050	1080
Шаг вытягивания, мм	1		
Время паузы, сек	0,7		

На рис. 1 представлена установка вертикального непрерывного литья СС 3000 и процесс производства серебряной полосы 5?100мм.

Готовая непрерывнолитая серебряная полоса представлена на рис. 2.

Проведенный визуальный осмотр полученных непрерывным литьем заготовок показал, что их поверхность достаточно чистая, гладкая, не содержит трещин, инородных включений и неслитин. Шлаковые и неметаллические включения на поверхности заготовок обнаружены не были.

В ходе работы исследовали качество металла непрерывнолитых заготовок, макро и микроструктуру серебра методами качественной и количественной металлографии.

Макроструктуру серебра, полученного с помощью установки вертикального непрерывного литья (полоса 100?5 мм), выявляли травлением в концентрированной HNO_3 и в растворе 3 мл CrO_3 , 25 мл H_2SO_4 и 100 мл H_2O .

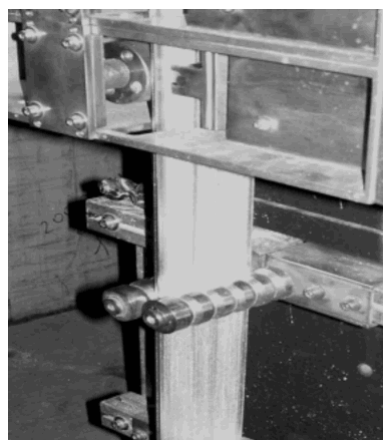
Для изучения микроструктуры были подготовлены микрошлифы. Проводились исследования образцов в двух различных направлениях – продольном и поперечном. Выявляли микроструктуру образцов с помощью концентрированной соляной кислоты.

Исследования микроструктуры серебра проводили на металло-графических микроскопах «NEOPHOT-30» и «Axiovert 40MAT» (Carl Zeiss).

Микроструктура серебра, полученного с помощью установки вертикального непрерывного литья (при различных температурах расплава металла), представлена на рис. 3.



а)



б)

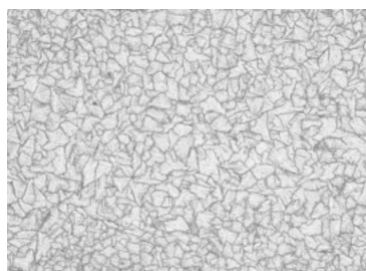
Рис. 1. Процесс непрерывного литья полосы из серебра марки Сr 99,99. а) – установка СС 3000; б) – узел вытягивания



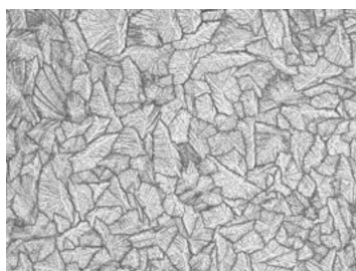
Рис. 2. Серебряная полоса 100±5 мм, длина 6000мм

Ускоренное охлаждение (кристаллизация) серебра в процессе непрерывного литья заготовок способствует развитию частичной дендритной (внутрикристаллитной) ликвации получаемой структуры.

В результате количественного металлографического анализа микроструктуры был подсчитан размер зерна (средний диаметр зерна) серебра марки Сr 99,99, полученного непрерывным литьем.



а)



б)



в)

Рис. 3. Микроструктура серебра (непрерывнолитая полоса), продольная ориентация образцов, $\times 400$: а) – $T_p=1025\text{ }^{\circ}\text{C}$, б) – $T_p=1050\text{ }^{\circ}\text{C}$, в) – $T_p=1080\text{ }^{\circ}\text{C}$

Таблица 2. Количественные характеристики микроструктуры серебра

Характеристика структуры	Температура расплава, $^{\circ}\text{C}$		
	1025	1050	1080
Средний диаметр зерна, мкм	Ориентация образцов - продольные		
	10,88	22,8	26,38
	Ориентация образцов - поперечные		
	5,93	18,68	21,53

Полученные результаты подсчетов представлены в таблице 2. Представленные данные позволяют сделать вывод о характере влияния такого технологического параметра непрерывного литья, как температура расплава, на структуру серебра.

Из представленных в таблице данных видно, что с увеличением температуры расплава (от 1025 до 1080°C) происходит укрупнение микроструктуры непрерывнолитого серебра, т.к. наблюдается увеличение среднего диаметра зерна. Подобное укрупнение зерна особенно сильно наблюдается при поперечной ориентации серебряных образцов.

Выводы. На основании исследования микроструктур и подсчетов размера зерна серебра, можно сделать вывод, что температура нагрева и разливки жидкого металла, его химический состав, и присутствие в нем посторонних примесей оказывают значительное влияние на размер получаемого микрозерна. Кроме того, величина зерна зависит и от степени переохлаждения серебра. С увеличением степени переохлаждения металла скорость образования зародышей возрастает и, соответственно, размер зерна в затвердевшем металле уменьшается. Число зародышей, сформировавшихся в процессе кристаллизации серебра, и скорость их дальнейшего роста уменьшаются при больших степенях переохлаждения (низких температурах) вследствие уменьшения скорости диффузии (коэффициента диффузии). Следовательно, при снижении температуры расплава (более высоких степенях переохлаждения) структура закристаллизовавшегося металла будет более мелкозернистой, что и подтвердили результаты проведенных исследований.

Список литературы: 1. Мутылина И. Н. Художественное материаловедение. Ювелирные сплавы: учеб. пособие / И.Н. Мутылина. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2005. – 236 с. 2. Малышев В.М., Румянцев Д.В. Серебро. – М.: Металлургия, 1986. – 312 с. с ил. 3. Котляр Ю.А., Меретуков М.А. Металлургия благородных металлов. Ч. 1. Металлургия золота и серебра. – М.: АСМИ, 2002. – 466 с. 4. Мастеров В. А., Саксонов Ю.В. Серебро, сплавы и биметаллы на его основе. Справочник. / В.А. Мастеров, Ю.В. Саксонов – М.: Металлургия, 1979. – 296 с.

Надійшла до редколегії 22.04.2009 р.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ СЕРЕБРЯНОЙ ЗАГОТОВКИ

**Кушнерова Е.Ю., Беленький А.В., Горбатенко В.П.,
Бредихин В.Н., Присяжная Л.Е.**

У даній роботі були вивчені особливості структури срібних заготовок, отриманих за допомогою установки вертикального безперервного литва СС 3000 (виробництво Німеччини).

серебро, структура заготовки, вертикальное непрерывное литье, зерно