

свойств исследуемого сплава отвечают, в частности, сплавы, содержащие 6,0–6,5 % Mg до 0,5 % Si включительно.

Таким образом, в результате проведенных исследований показано, что для сплава АМгбл, который используется после литья в кокиль, можно повысить содержание примесей кремния с 0,2 до 0,5 % при сохранении уровня механических свойств сплава на уровне, регламентируемым государственным стандартом, при условии, что содержание магния в сплаве находится в пределах 6,0–6,5 %.



### Список литературы

1. Постников Н. С. Коррозионностойкие алюминиевые сплавы. – М.: Металлургия, 1976. – 303 с.
2. Машиностроение. Энциклопедия. Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы / Под ред. И. Н. Фридляндера. – М.: Металлургия, 2001. – Т. II. – 880 с.
3. Мондольфо Л. Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1979. – 640 с.

Поступила 05.10.2009

УДК 621.745.5:669.2/8

**В. С. Шумихин, А. Г. Потрух, Д. В. Спиридонов\*,  
В. В. Плитченко\*\***

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

\*ОАО «Артемковский завод по обработке цветных металлов», Артемовск

\*\*Банкотно-монетный двор Национального банка Украины, Киев

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВКИ, ЛИТЬЯ И ПРОКАТКИ СПЛАВА НА ОСНОВЕ МЕДИ С ЗАДАННОЙ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ

*Представлены технологические особенности процесса получения ленты из сплава на основе меди. Установлены температурные режимы плавки и прокатки с целью получения сплава с заданными свойствами, структурой и удельной электропроводностью.*

**Ключевые слова:** плавка, слитки, удлинение, удельная электропроводность, прокатка, лента.

*Представлено технологічні особливості процесу одержання стрічки із сплаву на основі міді. Встановлено температурні режими плавки і прокатки з метою одержання сплаву з заданими властивостями, структурою та питомою електропровідністю.*

**Ключові слова:** плавка, зливки, подовження, питома електропровідність, прокатка, стрічка.

*The technological features of process of obtaining of strip from an alloy on the basis of copper have*

## Новые литые материалы

been presented. The temperature conditions of melting and rolling with the purpose of obtaining of alloy with required properties, structure and specific conductivity have been determined.

**Keywords:** melting, bars, elongation, specific conductivity, rolling, strip.

В настоящей работе представлены результаты промышленных исследований плавки, литья слитков и прокатки, которые проводились на ОАО «Артемовский завод по обработке цветных металлов» при изготовлении опытной партии ленты из нового сплава на основе меди с заданной электропроводностью.

Для изготовления ленты были разработаны требования к химическому составу, удельной электропроводности, геометрии, механическим свойствам, а также к качеству поверхности ленты (табл. 1-3). Удельная электропроводность металла в ленте должна быть в интервале  $17,8 \pm 0,4$  % IACS.

**Таблица 1. Химический состав сплава**

Основные компоненты, %					Примеси, %					
Cu	Zn	Sn	Al	Mn	As	Fe	Ni	Pb	Sb	Bi
Остальное	14,5-15,5	0,9-1,1	0,7-1,1	0,55-1,00	0,01	0,07	0,1	0,02	0,002	0,002

**Таблица 2. Геометрические параметры, мм**

Толщина ленты	Предельные отклонения по толщине	Ширина	Предельные отклонения по ширине
1,7	$\pm 0,04$	88	- 0,5

**Таблица 3. Механические свойства ленты**

Состояние ленты	Граница прочности, $\sigma_b$ , МПа	Твердость, HV <sub>10/30</sub>	Относительное удлинение, $\delta$ , % не меньше
Полутвердое	не меньше 300	130 ÷ 150	6

Плавку сплава и отливку плоских слитков размером 140×610, 130×600 мм проводили в соответствии с временным технологическим регламентом за № 1-53-2008. При этом использовали печь ИЛК 1,6, миксер ИЛОМ-2,5 и кристаллизаторы в комплексе с затравкой.

Для получения расплава в соответствии с требованиями по химическому составу применяли традиционные шихтовые материалы, которые рассчитывали по известному методу с учетом окисления их при плавке.

После доводки химического состава жидкого металла отбирали образцы для определения удельной электропроводности индукционным методом с использованием прибора SIGMA TEST 2.069.

Химический состав опытно-промышленных плавков при отработке процесса литья слитков представлен в табл. 4.

При отклонении показателя электропроводности от заданного значения  $17,8 \pm 0,4$  % IACS проводили его корректировку путем введения марганца в расплав. После соответствующей подшихтовки повторно отбирали образец для определения удельной электропроводности.

Температура металла в миксере при литье слитков находилась в пределах 1060-1080 °С, скорость вытягивания слитка из кристаллизатора составляла 9-10 м/ч, давление воды в кристаллизаторе – 0,6-0,8 атм. В качестве флюса при литье использовали углерод технический. Затравку механизма вытягивания вводили в кристаллизатор на высоту 80-90 мм от верхнего среза.

Таблица 4. Химический состав опытно-промышленных плавок

Номер плавки	Размеры слитков, мм	Химический состав, %										
		основные компоненты, %						примеси, % (не больше)				
		Cu	Zn	Sn	Al	Mn	Ni	Fe	Pb	As	Bi	Sb
	140x610 130x600	остатальное	14,5-15,5	0,9-1,1	0,7-1,1	0,55-1,0	0,1	0,07	0,02	0,01	0,002	0,002
390	140x610	82,09	14,59	1,06	1,04	1,001	0,081	0,054	0,01	0,008	0,0006	0,001
391	130x600	82,15	14,89	1,12	0,92	0,74	0,032	0,047	0,008	0,008	0,0005	0,001
393	140x610	82,07	15,02	1,04	0,74	0,90	0,049	0,063	0,009	0,008	0,0005	0,001

Таблица 5. Технологический регламент № 3-43-08 на нагрев слитков размером 140×610×1550 мм в нагревательных печах стана ДУО-800 для горячей прокатки

Температура слитка перед прокаткой, °С	Температура окончания прокатки слитка, °С	Температура в печи по зонам			Интервал времени нагрева		Отношение газ/воздух
		I	II	III	нижний	верхний	
810-840	770-810	900-940	900-940	900-940	2 ч 50 мин	3 ч 10 мин	1:9

Примечание: рекомендуется средняя температура по трем зонам печи – 920 ±10 °С

При порезке слитков от середины каждого из них отбирали по одному темплету для проведения исследований свойств и структуры. Последующая порезка темплета проводилась с учетом возможности изготовления стандартных и специальных образцов.

Таблица 6. Режимы отжига после прокатки

Температура по зонам, °С				Период толкания	Время отжига
I	II	III	IV		
700	700	700	700	1 ч 30 мин	6 ч

Для определения оптимальной температуры горячей прокатки проведены исследования механических свойств сплава при температурах 700-900 °С в Институте проблем прочности им. Г. С. Писаренко НАН Украины. Результаты испытаний представлены на рис. 1. Максимальная пластичность опытных образцов имеет место в интервале температур 730-810 °С. На базе проведенных исследований разработан временный технологический регламент № 3-43-08 на нагрев слитков размером 140×610×1550 мм в нагревательных печах стана ДУО-800 для горячей прокатки (табл. 5).

Горячую прокатку слитков на необходимую толщину проводили по схеме обжатия: 140-120-100-80-60-45-35-25-19-16,5 мм. Температура слитков перед прокаткой была 832 °С, после прокатки составляла 780-790 °С.

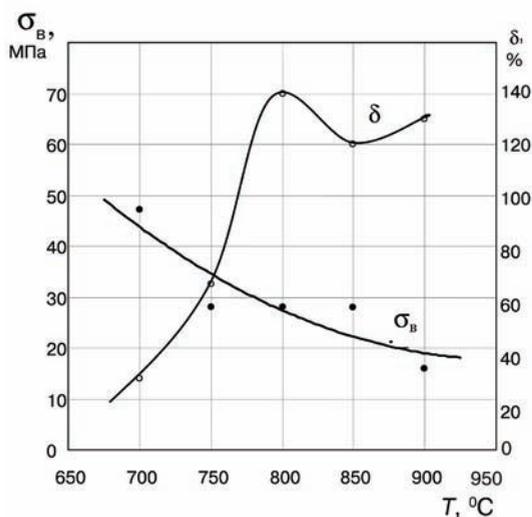


Рис. 1. Изменение механических свойств сплава в зависимости от температуры испытаний

Таблица 7. Физико-механические свойства и удельная электропроводность проката из нового сплава по переделам

Операция	Сечение, мм	Состояние	σ <sub>р</sub> , МПа	σ <sub>т</sub> , МПа	δ, %	HV	Е, % IACS
Горячая прокатка	16,5х630	г/к	330-333	163-171	59-61	83,2-85,4	17,64-18,2
Холодная прокатка I	6,4х630	твердое	689-696	676-682	6,8-6,9	205-210	16,0
Отжиг	3,75х630	мягкое	324-325	109	68-69	68,6-70,7	18,1
Холодная прокатка II	1,7х88	полутвердое	410-414	356-371	34,5	139,2-144,7	17,4-17,5

Фрезерование полосы, полученной после горячей прокатки, проводили на фрезере-загрегате. Поверхность полосы после фрезерования была чистой, без видимых дефектов.

Холодная прокатка на стане «Кварто-400» выполнялась по схеме: 15,65-14,3-13,0-11,7-10,3-9,0-7,5-6,4 мм.

После прокатки на стане Кварто-400 рулоны полосы отправляли на отжиг в печи УКР-24. Режимы отжига приведены в табл. 6.

После отжига рулоны полосы охлаждали в емкости с водой и подавали на стан

## Новые литые материалы

Тандем-1000 для холодной прокатки на толщину 3,75 мм. После прокатки на стане рулоны опять были отправлены на отжиг. После второго отжига провели первое травление рулонов полосы на линии ЛТМ-5. Сечение полосы составляло 3,75x630 мм.

Травление проведено в растворе  $H_2SO_4$  (13,8 %), температура раствора – 70-72 °С, скорость травления полосы – 7-10 м/мин. Поверхность проката после травления удовлетворительная (без темных пятен и разводов). Травление осуществлялось с применением металлических щеток на выходе.

Холодная прокатка рулона на стане Кварто-250 на размер 2,15x630 мм проводилась по следующей схеме: 3,75-2,95-2,26-2,15 мм.

Профиль валков – бочка + 0,03 мм.

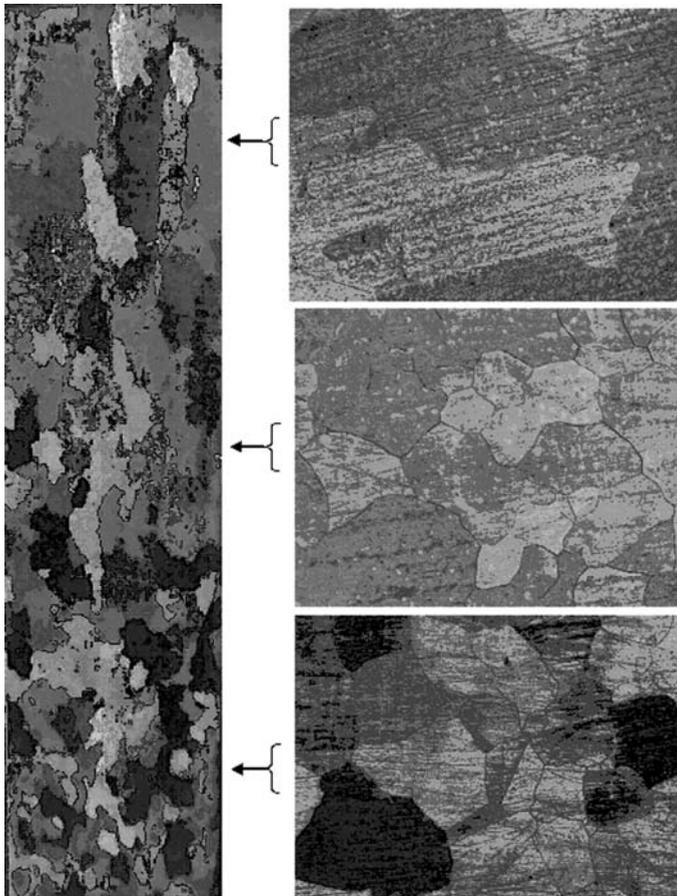
После прокатки рулон отправлен на отжиг по режиму, указанному в табл. 6.

Холодная прокатка рулона на стане Кварто-250 на заданную толщину  $1,70 \pm 0,04$  мм проводилась после перевалки рабочих валков. Валки были отшлифованы для обеспечения необходимой шероховатости ленты  $Ra \leq 0,63$  мкм, профиль валков бочка составлял +0,03 мм.

Для обеспечения удовлетворительного качества поверхности дополнительно травили рулон ленты толщиной 1,70 мм на линии ЛТМ-5.

Физико-механические свойства и удельная электропроводность проката из нового сплава по переделам представлены в табл. 7.

Середина слитка



Наружная поверхность слитка

Край

а

б

Рис. 2. Изменение макро- и микроstructures сплава от наружной поверхности к середине слитка: а - темплет из центрального поперечного сечения слитка, макроstructure,  $\times 3$ ; б - микроstructure металла в сечениях темплета,  $\times 50$

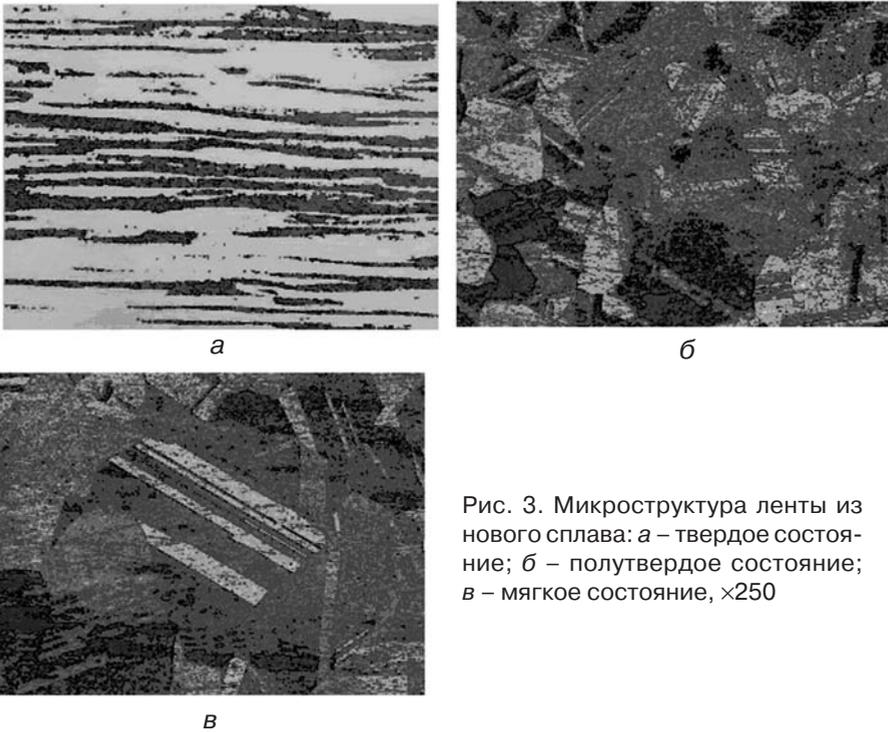


Рис. 3. Микроструктура ленты из нового сплава: а – твердое состояние; б – полутвердое состояние; в – мягкое состояние,  $\times 250$

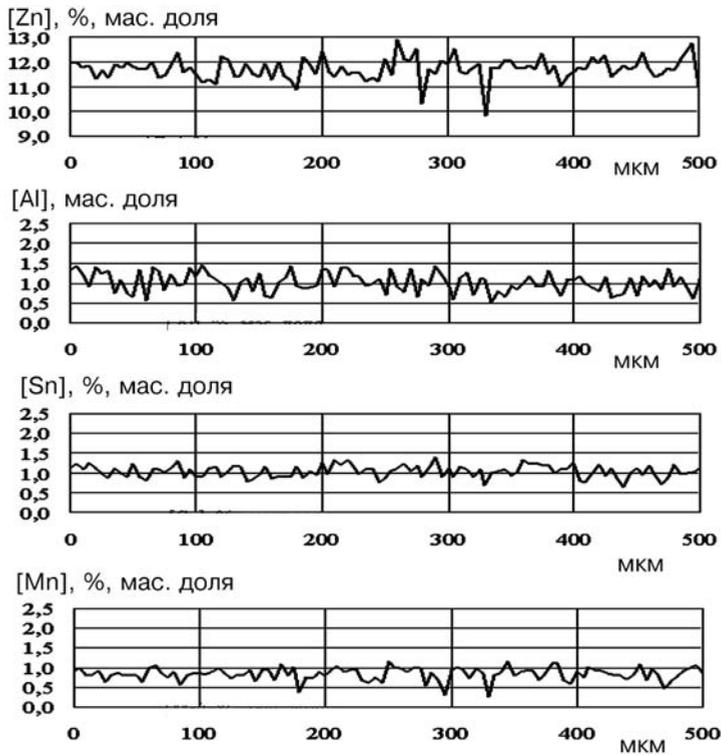


Рис. 4. Распределение легирующих элементов в структуре ленты в мягком состоянии

Экспериментальные зависимости снижения удельной электропроводности от степени деформации и ее увеличение при отжиге представлены в работе [1].

Шероховатость поверхности готового проката Ra составляла 0,258-0,551 мкм.

Качество проката по другим параметрам также отвечает техническим требованиям. Размеры ленты и рулона, мм: толщина –  $1,7 \pm 0,04$ ; ширина – 88-0,5; диаметр рулона внешний – 390-420; диаметр рулона внутренний – 300; удельная электропроводность –  $17,8 \pm 0,4$  % IACS.

На рис. 2 представлено изменение макро- и микроструктуры сплава из образцов, вырезанных из слитка перед прокаткой. При травлении концентрированной  $\text{HNO}_3$  обнаружили типичную однофазную структуру полиэдрического типа с разным размером зерен, что характерно для литого состояния промышленных латуней.

Микроструктура лент (рис. 3) в твердом, полутвердом и мягком состояниях свидетельствует, что при отжиге и по следующей прокатке структура остается однородной, образования вторичных фаз не обнаружили, наблюдается удвоение зерен, типичное для низколегированных латуней.

Микрорентгеноспектральный анализ распределения легирующих элементов в структуре лент в отожженном состоянии (рис. 4) показал удовлетворительное распределение элементов – усредненная их концентрация отвечает заданному химическому составу сплава в пределах погрешности измерений.

Таким образом, специальная лента из сплава с заданной удельной электропроводностью может быть изготовлена на ОАО «АЗОЦМ» по заказам в необходимом количестве, при этом качество ленты будет отвечать техническим условиям на ленту (ТУ У 27.4-05417153-002:2009), разработанным по результатам данной работы.



### Список литературы

1. Плітченко В. В. Розробка економнолегованого багатокомпонентного сплаву на основі міді для монет середніх номіналів: Автореф дис. ... канд. техн. наук. – Київ, 2008. – 18 с.

Поступила 05.10.2009

**УДК 669.245: 536.421.4**

**В. М. Симановский, И. И. Максютя, Ю. Г. Квасницкая,  
А. С. Притуляк, Е. В. Михнян**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

## **ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОРИЕНТИРОВАННОЙ СТРУКТУРЫ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ В ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВАХ НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ**

*Показана возможность управления такими фазово-структурными характеристиками, как степень регулярности структуры, дендритный параметр, дисперсность и объемная доля упрочняющих интерметаллидных и карбидных фаз отливок из жаропрочного коррозионностойкого сплава типа ХН60КМЮВТ (базового без гафния и модельного с 0,2 % Нf), полученных путем направленной кристаллизации на промышленной установке УВНК-8П (ГП НПКГ «Зоря» - «Машпроект», г. Николаев) в условиях регулируемого теплоотвода при*