

2. Michizu S., Hidetoshi U. *Unoho-J.Jap//Foundrymen's Soc.* 1991. №1. P. 9–14.

3. А.С. 558953, МКИ С 22С 1/08. Способ получения пористых отливок//Г.П. Борисов, Ю.В. Мусеев, А.В. Наривский//Открытия. Изобретения. 1977. №19. С. 35–36.

4. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Л.: Энергия, 1974. 264 с.

**Д.А. Котов, О.С. Кузьмин,
А.В. Тропотов, С.В. Брусницын,
Д.Д. Лащенко**

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КРЕМНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ И ОБЪЕМНУЮ ДОЛЮ СИЛИЦИДОВ В СЛОЖНОЛЕГИРОВАННЫХ ЛАТУНЯХ

Нами исследовалось влияние кремния на размеры, морфологию и объемную долю силицидов в латуни ЛМцАЖКС 70–7–5–2–2–1. Данная латунь является представителем класса износостойких латуней. По своей сути она является природным композитом, состоящим из матрицы α -фазы, $(\alpha+\beta)$ -фазы и силицидов различной морфологии: розеточной, глобулярной и игольчатой. Силициды по твердости превосходят твердость матричных фаз в несколько раз, иногда в десять раз. Данная латунь используется для производства колец-синхронизаторов в коробке передач легковых автомобилей, где кольца испытывают ударные и фрикционные нагрузки.

В индукционной высокочастотной тигельной печи из свежих шихтовых материалов были выплавлены разные составы сплава ЛМцАЖКС и отлиты опытные слитки массой по 500 г, химический состав которых приведен в таблице. В опытных образцах постепенно увеличивалось содержание кремния. Другие факторы – температура заливки жидкого расплава, температура изложницы, в которую заливались исследуемые образцы – поддерживались стабильными (изменялись в очень узком интервале). Таким образом, влиянием других факторов можно пренебречь.

Качественный и количественный металлографический анализ образцов латуни с содержанием кремния 0,13 – 2,7 % показал, что при последовательном переходе от образца с минимальным содержанием кремния к

образцу с максимальным его содержанием наблюдается изменение формы и размеров силицидов. Так, в образце с содержанием 0,13 % кремния обнаружены мелкие глобулярные силициды со средним размером 1 мкм и менее. В образце с 0,5 % кремния силициды достигают размера 2–3 мкм и по морфологии являются только глобулярными. При увеличении содержания кремния до 1,6 % размер глобулярных силицидов несколько уменьшается и начинают появляться мелкие игольчатые частицы. Образцы с содержанием кремния от 2,2 % до 2,7 % содержат силициды примерно одинаковой морфологии: игольчатой, шестигранной и мелкой глобулярной. Мелкие глобулярные частицы собраны в некоторые колонии (цепочки). При увеличении содержания кремния от 2,2 % до 2,7 % размер иглока увеличивается.

Химический состав лабораторных слитков из латуни ЛМЦАЖКС

Номер образ- ца	Содержание элементов, %								
	Основные элементы							Примеси	
	Cu	Mn	Al	Fe	Si	Pb	Zn	Ni	Sn
1	70,47	6,8	5,2	2,18	0,13	0,80	ост.*	0,03	0,07
2	70,59	6,6	5,2	1,64	0,5	0,78	ост.	0,02	0,06
3	71,00	6,5	5,8	2,05	1,6	0,71	ост.	0,02	0,06
4	70,27	6,7	5,4	1,50	2,2	0,77	ост.	0,02	0,06
5	70,67	6,5	5,7	1,60	2,5	0,84	ост.	0,02	0,06
6	70,66	6,5	5,5	1,64	2,7	0,70	ост.	0,02	0,06

* ост – остальное.

Предположительно игольчатые и шестигранные силициды имеют одинаковую морфологию, но попадают под разным углом к плоскости шлифа. И иголки, и шестигранники внутри имеют включения α -фазы. По своей структуре иглы напоминают шестигранный карандаш с грифелем внутри.

Результаты количественного анализа выплавленных в лабораторных условиях сплавов представлены на рис. 1–3. Как видно из графика на рис. 1, объемная доля силицидов в интервале от 0 % до 2,2 % растет прямо пропорционально содержанию кремния. Это объясняется тем, что кремний – это основной силицидообразующий элемент. Последующее увеличение содержания кремния с 2,2 % до 2,7 % приводит к некоторому насыщению

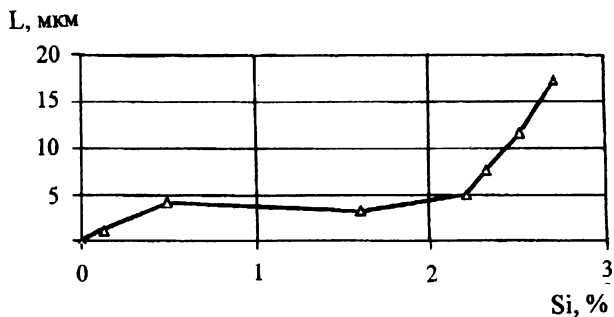


Рис. 1. Средний размер силицидов в зависимости от содержания кремния

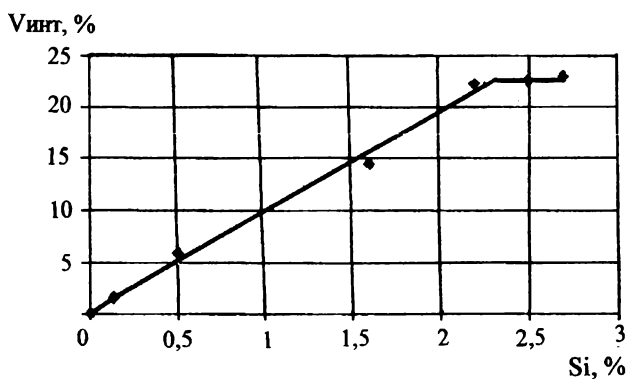


Рис. 2. Влияние содержания кремния на объемную долю силицидов

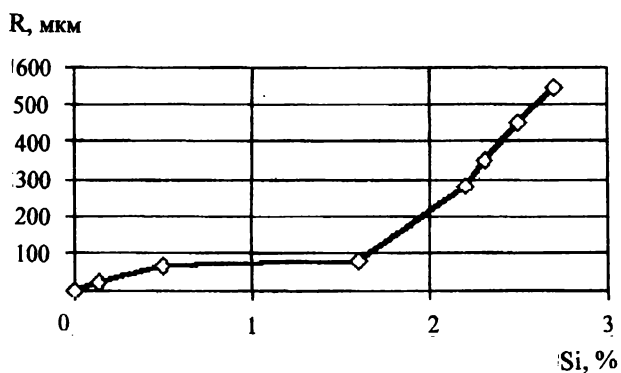


Рис. 3. Среднее расстояние между частицами силицидов

силицидами, а последующий ввод кремния не приводит к увеличению их объемной доли. Это объясняется тем, что кремний связывает все количество марганца и железа в силициды стехиометрического соотношения.

Из рис. 2 видно, что на участке с содержанием кремния 0–0,5 % начинает увеличиваться средний размер силицидных частиц. На участке 0,5–2,2 % средний размер их практически не изменяется (4–5 мкм), и после того как в образце с 2,2 % кремния начинают появляться игольчатые частицы, средний размер силицидов начинает снова увеличиваться. Средний размер частиц в образце с 2,7 % кремния достигает 17 мкм.

График зависимости расстояния между силицидами от содержания кремния (см. рис. 3) похож по поведению кривой на график влияния содержания кремния на объемную долю силицидов (см. рис.2). Это можно объяснить следующим образом: по мере роста силицидных частиц начинает увеличиваться расстояние между ними. По-видимому, кремний и железо образуют структуры ближнего порядка, и кремний связывает зародышевые центры (частички железа). В результате происходит огрубление структуры, а иглы вырастают размером порядка одного миллиметра.

Замер твердости лабораторных слитков позволил установить, что более сильное легирование сплава кремнием приводит к увеличению его твердости. Видимо, первоначально это связано с ростом в сплаве объемной доли и размеров силицидов, а впоследствии и с увеличением количества кремния в матричных фазах.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод: размеры силицидов непосредственно зависят от степени легирования сплава кремнием.

**И.А. Вайс, С.В. Брусницын,
Ю.Ю. Юрьев, М.В. Вавилова,
А.А. Телегин**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА ПЛАВКИ И ЛИТЬЯ ХРОМЦИРКОНИЕВЫХ БРОНЗ

Хромциркониевые бронзы относятся к наиболее распространенным медным сплавам, что обусловлено свойствами, которыми они обладают. Основным из них является электропроводность. Сравнительно высоки