

## СТРУКТУРА, ЭЛЕМЕНТНЫЙ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШЕГО СПЛАВА ФИЛДСА

### STRUCTURE, ELEMENT AND PHASE COMPOSITION OF RAPIDLY SOLIDIFIED FIELD'S ALLOY

В.Г. Шепелевич, Л.П. Щербаченко

*Белорусский государственный университет,  
E-mail: [Shepelevich@bsu.by](mailto:Shepelevich@bsu.by)*

Легкоплавкий сплав Филдса находит широкое применение в различных отраслях промышленности: энергетике, машиностроении, металлургии, электротехнике, медицине и др. Его структура и свойства зависят от условий получения. В состав сплава входят дорогостоящие компоненты: 43 % Bi, 34 % Sn и 23 % In (здесь и дальше используются атомные проценты). В связи с этим получение сплава Филдса с помощью энерго- и ресурсосберегающих технологий, к которым относится и высокоскоростное затвердевание, и исследование его структуры является актуальным [1,2].

Сплав Филдса получен сплавлением компонентов в кварцевой ампуле. Затем капля его расплава инжигировалась на внутреннюю полированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра. При кристаллизации получаются фольги длиной до 15 см и шириной до 15 мм. Толщина фольг находилась в пределах 30...100 мкм. При исследовании использовались фольги толщиной 40...80 мкм. Средняя скорость охлаждения жидкой фазы  $\approx 10^5$  К/с. При исследовании микроструктуры использовались растровая электронная микроскопия, рентгеноструктурный и рентгеноспектральный микроанализы.

Проведено исследование распределения висмута, олова и индия вдоль длины фольги. Установлено, что в пределах погрешности измерения концентрация компонентов распределены однородно.

Изображение микроструктуры поперечного сечения фольги сплава Филдса приведено на рис. 1. Наблюдаются дисперсные выделения олова, висмута и соединения InBi, что подтверждено наличием дифракционных линий данных фаз.

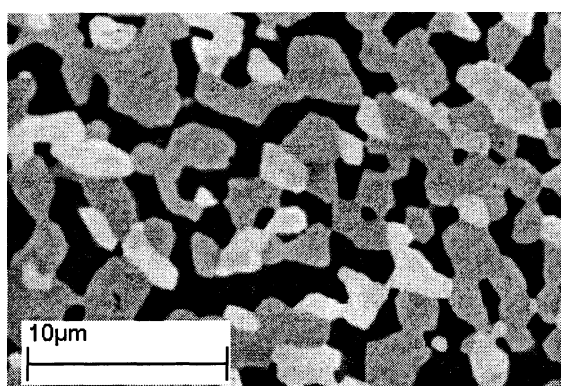


Рис. 1. Микроструктура поперечного сечения фольги сплава Филдса

В фольгах наблюдается микрокристаллическая структура. Фазы, входящие в быстрозатвердевший сплав, обладают анизотропией свойств. Вследствие этого свойства текстурированного сплава Филдса зависят от направления их измерения. Исследование текстуры фаз, содержащих в сплаве, проведено с помощью обратных полюсных фигур [3]. Полюсные плотности дифракционных линий рассчитывались методом Харриса. В таблице 1 приведены значения полюсных плотностей дифракционных линий висмута, олова и соединения InBi. Степень перегрева жидкой фазы составляла 20 и 160°C. Текстура

исследовалась в слое *A* фольги, контактирующем с поверхностью кристаллизатора, и в слое *B*, расположенном с противоположной стороны фольги.

Таблица 1. Полусные плотности дифракционных линий фаз в быстрозатвердевшей фольге сплава Филдса

Дифракционные линии	Слой <i>A</i> , $\Delta T = 20^\circ\text{C}$	Слой <i>A</i> , $\Delta T = 160^\circ\text{C}$	Слой <i>B</i> , $\Delta T = 20^\circ\text{C}$	Слой <i>B</i> , $\Delta T = 160^\circ\text{C}$
Висмут				
$10\bar{1}2$	4,5	5,4	3,5	4,3
$10\bar{1}4$	0,9	0,8	1,0	0,6
$11\bar{2}0$	0,8	0,5	0,8	0,8
$20\bar{2}0$	0,6	0,6	0,8	1,1
$20\bar{2}2$	0,4	0,1	0,5	0,4
$12\bar{3}0$	0,4	0,4	0,5	0,3
$12\bar{3}2$	0,0	0,0	0,5	0,0
0009	0,4	0,2	0,4	0,5
Олово				
200	5,3	5,7	4,6	5,8
101	0,4	0,2	0,7	0,2
220	0,2	0,0	0,3	0,0
211	0,0	0,0	0,1	0,0
301	0,0	0,0	0,2	0,0
112	0,1	0,1	0,1	0,0
InBi				
111	2,9	3,4	2,3	4,2
200	1,0	0,5	1,2	0,2
002	0,2	0,0	0,3	0,0
102	0,6	0,2	0,6	1,0
211	0,0	0,0	0,0	0,0
112	0,6	0,4	0,2	0,1
220	2,8	2,6	3,0	2,5
202	1,2	2,3	1,5	1,4
212	0,7	0,6	0,8	0,5
311	0,0	0,0	0,0	0,0

В быстрозатвердевшей фольге сплава Филдса все фазы имеют текстуру. В висмуте формируется текстура ( $10\bar{1}2$ ). На данную ориентировку приходится 0,5...0,7 объема висмута. В олове максимальное значение полусной плотности принадлежит дифракционной линии 200, т.е. образуется текстура (100). На долю данной текстуры приходится 0,85 ... 0,95 объема олова. Слабовыраженная текстура наблюдается в соединении InBi. Наибольшие значения полусной плотности наблюдается для дифракционных линий 111, 220 и 202. Аналогичные текстуры наблюдались ранее в фольгах чистых компонентов [4, 5], что обусловлено преимущественным ростом образовавшихся зерен, ориентированных указанными плоскостями параллельно поверхности фольги каждой из фаз, в направлении теплоотвода.

Кривая растяжения быстрозатвердевшей фольги сплава Филдса приведена на рис. 2. Расчет показал, что предел прочности достигает 21 МПа, а относительное удлинение составляет 180 %. Высокое значение относительного удлинения фольги обусловлено проявлением сверхпластичности быстрозатвердевшего сплава из-за дисперсности его зеренной структуры.

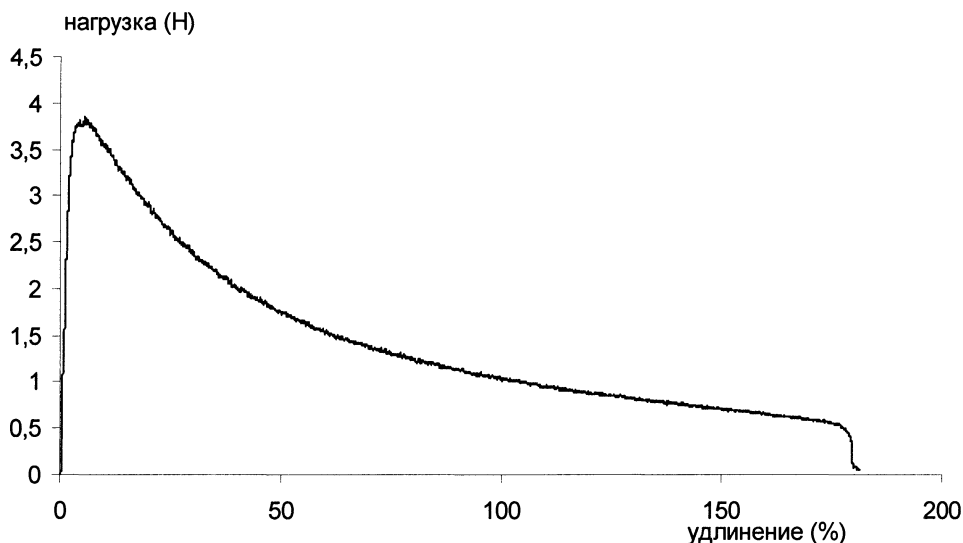


Рис. 2. Кривая растяжения фольги сплава Филдса

Таким образом, быстрозатвердевшие фольги сплава Филдса состоят из дисперсных выделений олова и соединения  $\text{In}_3\text{Bi}$ . Фольги имеют микрокристаллическую структуру, сильно выраженные текстуры  $(10\bar{1}2)$  висмута и  $(100)$  олова и слабые многокомпонентные текстуры соединения  $\text{In}_3\text{Bi}$ . Относительное удлинение быстрозатвердевшей фольги равно 180 %.

Работа выполнена при поддержке Белорусского Республиканского фонда фундаментальных исследований (проект Ф13МЛД-007).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Высокоскоростное затвердевание расплавов (теория, технология и материалы) В.А. Васильев [и др.], под общей ред. Б.С. Митина. М.: «СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ», 1998. 400 с.
2. Гусакова С.В., Шепелевич В.Г. Быстрозатвердевшие сплавы олова. Минск: РИВШ, 2012. 150 с.
3. Русаков А.А. Рентгенография металлов. М.: Атомиздат, 1977. 480 с.
4. Шепелевич В.Г. Текстура быстрозакаленных фольг висмута, сурьмы и их сплавов // Кристаллография. 1991. Т.36. №1. С.238–239.
5. Гусакова О.В., Шепелевич В.Г. Зеренная структура и текстура быстрозатвердевших фольг олова, полученных при различных режимах сверхбыстрого охлаждения // Материалы, технологии, инструменты. 2010. Т. 15, № 2. С. 54 – 57.