

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОГИЛЕВСКИЙ ОБЛАСТНОЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии**

Материалы международной научно-технической конференции

Часть 1

Могилев, 21 – 22 апреля 2005 г.



Могилев  
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
2005

УДК 621.01: 531: 625.08: 69: 62-82«324»(043.2)

ББК 34.5: 22.21: 39.3: 38: 31.291

М34

Редакционная коллегия: И.С.Сазонов, д-р техн. наук, доц.;  
Ф.Г.Ловшенко, д-р техн. наук, проф.; В.П.Куликов, д-р техн. наук, проф.;  
М.Ф.Пашкевич, д-р техн. наук, проф.; В.П.Тарасик, д-р техн. наук, проф.

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. М.Ф.Пашкевич; д-р техн. наук, проф.  
Р.М.Игнатищев; канд. техн. наук, доц. Г.Ф.Ловшенко; д-р техн. наук, проф.  
В.Р.Куликов; д-р техн. наук, проф. В.П.Тарасик; канд. техн. наук, доц.  
А.А.Абушкевич; канд. техн. наук, доц. С.С.Сергеев; канд. техн. наук, доц.  
Г.С.Леневский.

Материалы, оборудование и ресурсосберегающие  
М34 технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф.,  
Могилев, 21-22 апр. 2005 г. В 2 ч. Ч. 1 / М-во образования  
Респ. Беларусь [и др.]; редкол.: И.С.Сазонов [и др.]. –  
434 с. : ил.  
ISBN 985-492-003-8

Рассмотрены вопросы разработки прогрессивных технологических процессов в машиностроении, создания самообучающихся систем искусственного интеллекта для управления качеством и техническим уровнем изделий машиностроения, механизмы для технологической оснастки и средств автоматизации, технологии получения и обработки новых материалов и покрытий, проектирования, производства и эксплуатации транспортных средств.

Проведены результаты исследования в области современных технологий и машин сварочного производства, микропроцессорных систем управления и автоматизированного электропривода, ресурсосберегающих технологий в строительстве, информационно-измерительной техники для контроля и диагностики.

Сборник предназначен для инженерно-технических, экономических и научных работников, аспирантов и студентов ВУЗов.

УДК 621.01: 531: 625.08: 69: 62-82«324»(043.2)

ББК 34.5: 22.21: 39.3: 38: 31.291

ISBN 985-492-003-8

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2005

О.Н. БЕЛАЯ, В.Г. ШЕПЕЛЕВИЧ

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Одним из наиболее перспективных направлений современного материаловедения является использование сверхвысоких скоростей охлаждения расплава при затвердевании. Научеомкие технологии получения быстрозакаленных материалов позволяют повысить растворимость легирующих элементов в твердом растворе, устранить макро- и микропикважцию, получить метастабильные фазы. Кроме того, в фольгах, полученных сверхбыстрой закалкой из расплава (СБЗР), удается получить не только мелкодисперсную структуру, но и сделать ее более однородной по сравнению с массивными слитками.

Свинец с висмутом образует сложную систему с перитектическим и эвтектическим превращениями. При перитектической реакции (23,5–36 ат. % Vi) образуется ε-фаза. Максимальная равновесная растворимость висмута в свинце достигает 23,3 ат. %, свинца в висмуте <0,2 ат. %. СБЗР приводит к увеличению растворимости свинца в висмуте до 6 ат. %, растворимость висмута в свинце по данным одних авторов уменьшается до 20 ат. %, а по данным других – увеличивается до 25 ат. %. Свойства ε-фазы изучены слабо, однако известно, что может происходить сдвиг состава ε-фазы от 27–42 до 20–50 ат. % Vi. В связи с этим представляется актуальным исследование сплавов системы Pb-Vi, полученных сверхбыстрой закалкой из расплава.

Фольги используемых материалов получены при затвердевании капли расплава (~ 0,2 г), инжескированной на внутреннюю поверхность вращающегося медного цилиндра. Толщина используемых фольг составляла 30–80 мкм. Скорость охлаждения расплава была не менее  $10^6$  К/с. Наблюдение топографии фольг проводилось на растровом электронном микроскопе LEO 1445 VP. Для анализа распределения анализируемых элементов осуществлялось сканирование по заданной линии. Рентгеноструктурные исследования выполнялись на дифрактометре ДРОН-3М в медном излучении. Текстура фольг исследована методом обратных полюсных фигур, полюсная плотность  $R_{hk}$  дифракционных линий рассчитана по методу Харриса. Измерения параметров элементарной ячейки кристаллической решетки и с проведены по положению дифракционных линий 0004 и 2020. Микротвердость измерялась с помощью прибора ПМТ-3.

Сторона фольги, прилегающая к кристаллизатору, имеет блестящий вид, а на стороне, контактирующей с атмосферой, наблюдаются бугорки с четко выраженной ячеистой структурой.

Проведенный рентгеноспектральный микроанализ показал, что метод сверхбыстрой закалки позволяет добиться однородного распределения компонентов в фольгах.

Рентгеноструктурный анализ показал, что в сплавах, содержащих менее 25 ат. % Вi, наблюдаются дифракционные отражения, принадлежащие твердому раствору на основе свинца. В фольгах с содержанием висмута 25, 30 и 33 ат. % обнаружены только линии, которые как показал расчет, соответствуют  $\epsilon$ -фазе. Стехиометрический состав  $\epsilon$ -фазы в равновесном состоянии соответствует формуле  $Pb_2Bi$ . Однако в быстрозатвердевших фольгах  $\epsilon$ -фаза фактически стехиометрична при составе  $Pb_3Bi_2$ . Известно, что при малых скоростях охлаждения наряду с  $\epsilon$ -фазой присутствуют кристаллы  $\alpha$ -твердого раствора. Отсутствие кристаллов  $\alpha$ -твердого раствора при сверхбыстрой закалке свидетельствует о том, что при больших скоростях охлаждения расплава происходит вырождение перитектического превращения и вся жидкость превращается непосредственно в  $\epsilon$ -фазу. На рентгенограммах фольг Pb-40 ат. % Вi помимо линий  $\epsilon$ -фазы присутствуют дополнительные дифракционные отражения, принадлежащие висмуту.

Известно, что  $\epsilon$ -фаза имеет гексагональную решетку, параметры которой могут изменять свои значения в зависимости от концентрации висмута. Так,  $a$  остается постоянным, а  $c$  увеличивается при увеличении концентрации Вi, что приводит к увеличению отношения  $c/a$  (табл.1).

Табл. 1. Основные параметры структуры и свойства  $\epsilon$ -фазы

Концентрация Вi	a, Å	c, Å	c/a	Полусная плотность, $P_{hkl}$									$H_p$ , МПа
				дифракционная линия									
				10 $\bar{1}$ 0	0002	10 $\bar{1}$ 1	10 $\bar{1}$ 2	11 $\bar{2}$ 0	10 $\bar{1}$ 3	11 $\bar{2}$ 2	20 $\bar{2}$ 1		
25 ат. %	3,5049	5,7345	1,6361	1,1	0,6	0,4	0,3	2,6	0,1	1,3	1,6	80,5	
30 ат. %	3,5049	5,7821	1,6497	1,2	0,6	1,2	0,9	1,3	0,7	0,3	0,8	90,9	
40 ат. %	3,5049	5,7877	1,6513	1,4	2,0	1,2	0,4	0,9	0,2	0,3	1,5	107	

Исследования текстуры быстрозатвердевших фольг сплавов системы Pb-Bi показали, четко выраженной текстурой фольги в области существования  $\epsilon$ -фазы не обладают, в отличие от фольг с концентрацией висмута менее 25 ат. %, в которых твердый раствор на основе свинца характеризуется текстурой (111).

Увеличение концентрации легирующего элемента приводит к увеличению прочностных свойств исследуемых фольг. Изохронный отжиг при температурах выше 100 °C приводит к увеличению величины микротвердости  $H_p$  в фольгах Pb-30 и 33 ат. % Вi.