

УДК 539.214

Белянушкин А.В., Тихонова Н.П., Никашкин А.И.

**ПЛАСТИЧНОСТЬ И МИКРОСТРУКТУРА ЭКСТРУДИРОВАННОЙ
ЭВТЕКТИКИ Sn-Bi**

Мордовский государственный университет,

Саранск, Большевикская 68

UDK 539.214

Belyanyschkin A.A., Tihonova N.P., Nikaschkin A.I.

PLASTICITY AND MICROSTRUCTURE OF EXTRUDED EUTECTIC Sn-Bi

Mordovia N. P. Ogarev State University, 68 Bolshevistskaya street, Saransk

В данном докладе рассматривается эффект сверхпластичности и микроструктура в экструдированном эвтектическом сплаве системы Sn-Bi.

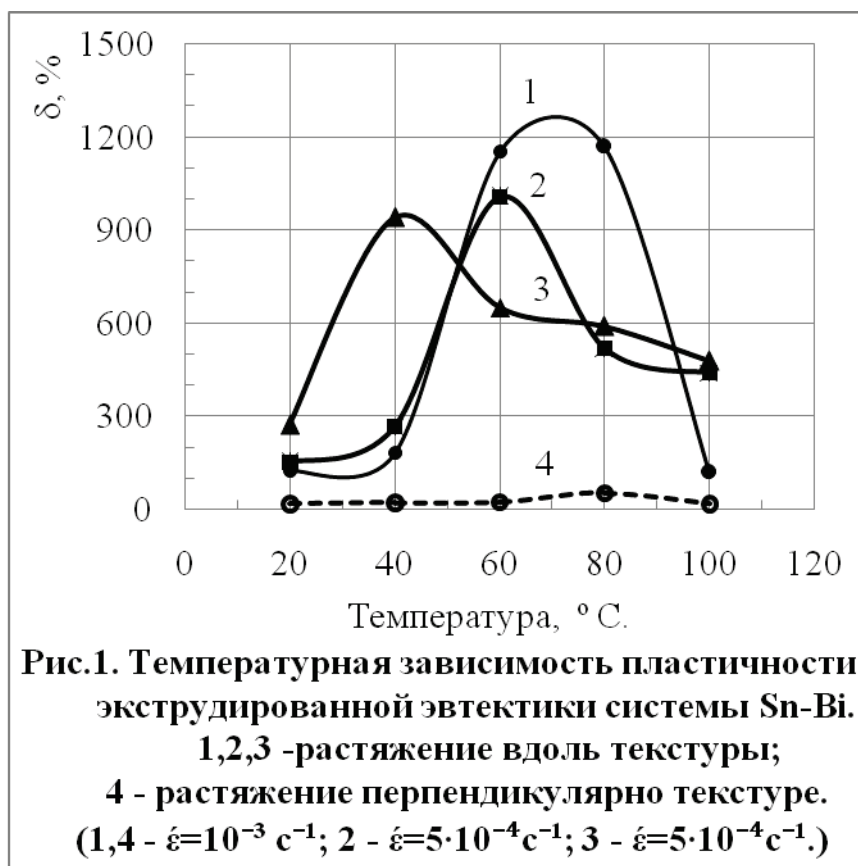
Ключевые слова: пластичность, сверхпластичность, деформация, зерно, микроструктура, текстура, зернограничное скольжение.

In this report we describe the effect of superplasticity and microstructure of the extruded eutectic alloy of the system Sn-Bi.

Key words: plasticity, superplasticity, deformation, grain, microstructure, texture, grain boundary sliding.

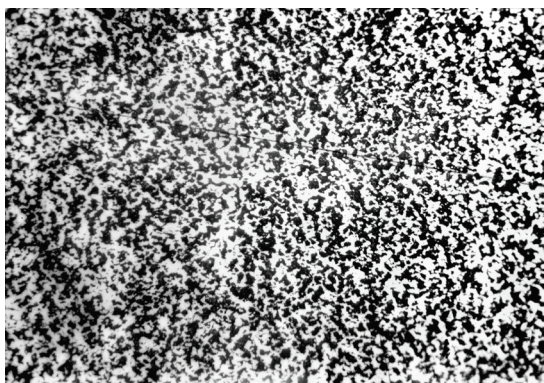
Изучение закономерностей в поведении металлов и сплавов при пластическом деформировании имеет прежде всего большой практический интерес, так как в основном металлические полуфабрикаты изготавливаются путем штамповки, прокатки или волочения. Такие методы особенно часто применяются при обработке цветных металлов и сплавов вследствие того, что они проявляют бóльшую способность к пластическому формоизменению, чем черные металлы и их сплавы. С этих позиций особенно перспективно свойство металлов и сплавов, получившее название сверхпластичности(СП).

Исходя из анализа литературных данных по исследованию пластичности, можно было ожидать, что высокие показатели пластичности должны наблюдаться у образцов, прошедших термомеханическую обработку экструзией. Результаты эксперимента (рис.1.) по исследованию пластичности рассматриваемого экструдированного (с обжатием в 60%) сплава (Sn-57 вес.% Bi) деформированного вдоль направления экструзии (рис.1, кривые 1-3.) и перпендикулярно экструзии (рис.1, кривая 4.) показывают, что с увеличением скорости деформирования максимум пластичности сдвигается в сторону более высоких температур. Такое поведение СП материалов находит объяснение в работах А.С.Тихонова и М.Х.Шоршорова [1-3] как результат действия напряженного состояния, указывающего на существенное влияние процессов протекающих на границах зерен или на межфазовых границах, при наличии условий, обеспечивающих высокую диффузионную подвижность атомов.

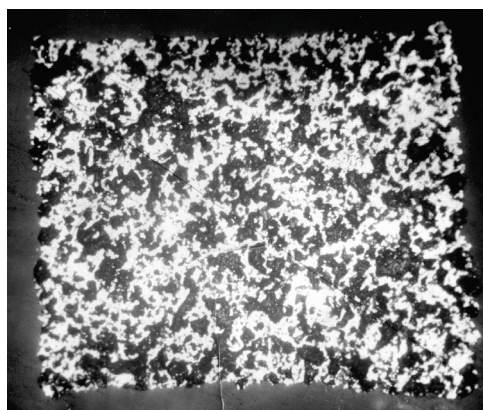


Оптимальная температура СП деформации в наших экспериментах составила около 800C (353 K), т.е. около 0,85 температуры солидуса. Такое обстоятельство в совокупности с результатами исследования микроструктуры,

указывающими на мелкозернистый дисперсный характер структуры сплава (рис.2.), дает возможность назвать сверхпластичность этого сплава структурной. Шлифы для исследования микроструктуры исходных образцов снимались как вдоль направления экструзии (рис.2а.), так и перпендикулярно (рис.2б.). Четко видна текстура, образованная конгломератами ультрамелкого неравноосного, хаотически ориентированного зерна. Торцевое сечение выглядит аналогично сечению направленному вдоль текстуры, но при её отсутствии.

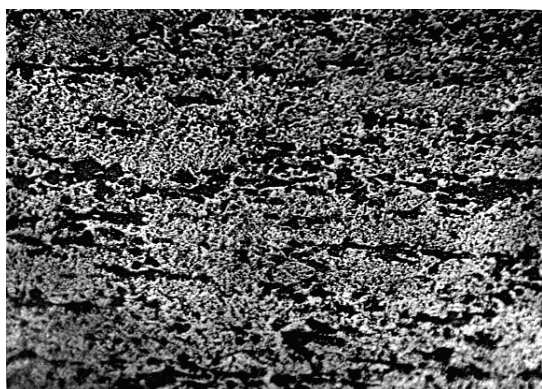


а)



б)

Рис.3. Микроструктура экструдированной эвтектики Sn-Bi у места разрыва деформированной вдоль направления текстуры. а) – вдоль направления деформации; б) – перпендикулярно направлению. (x115).



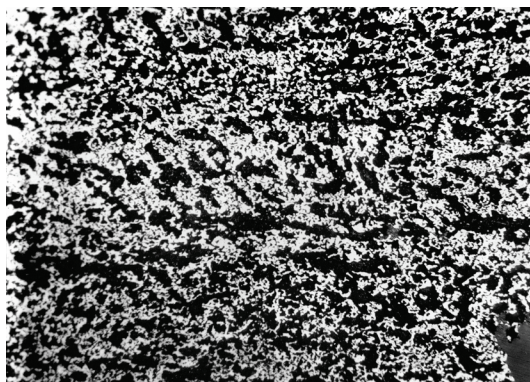
а)



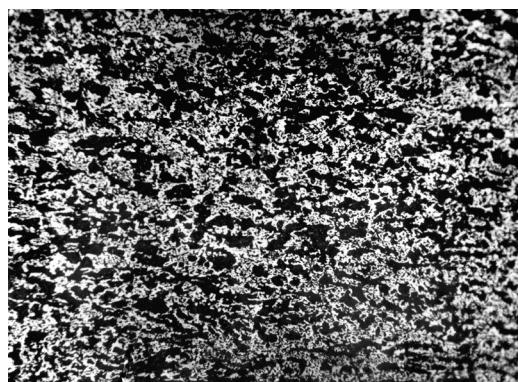
б)

Рис.2. Микроструктура экструдированной эвтектики Sn-Bi до деформации. а) – вдоль направления экструзии; б) – перпендикулярно направлению экструзии. (x 115).

Рис.3. дает представление об изменении микроструктуры сплава при его деформировании вдоль направления текстуры с относительной скоростью движения активного захвата $\dot{\epsilon}=5 \cdot 10^{-4}$ с⁻¹. Снимки получены в области разрыва образца. По мере растяжения степень текстурированности образца уменьшается, увеличивается дисперсность обеих фаз за счет эвтектических областей, что особенно ярко выражено вблизи места разрыва. Текстура полностью исчезает, растет зерно, образец рекристаллизуется.



а)



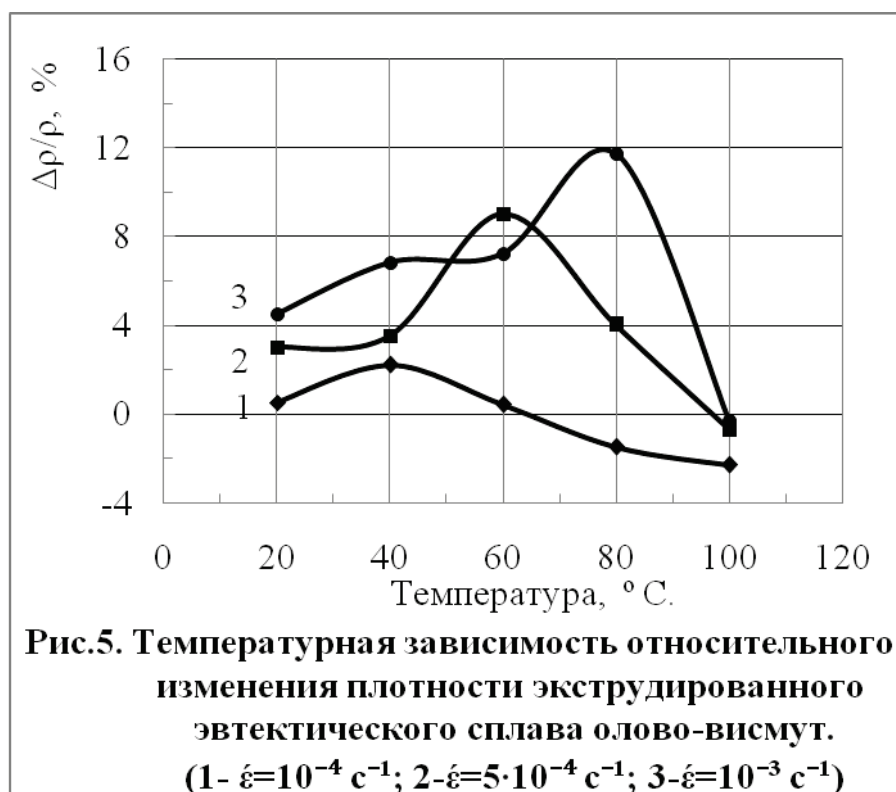
б)

Рис.4. Микроструктура экструдированной эвтектики Sn-Bi у места разрыва деформированной перпендикулярно направлению текстуры. а) – вдоль направления деформации; б) – перпендикулярно направлению деформации. (x 115).

Для выявления анизотропии структурных и пластических свойств экструдированной эвтектики системы Sn-Bi проведены испытания на растяжение (рис.1, кривая 4) и исследована микроструктура образцов (рис.4.), вырезанных с осью растяжения перпендикулярной направлению экструзии(текстуры). Текстурированные конгломераты зерен, ориентированные перед деформированием в направлении перпендикулярном оси растяжения по мере деформации образца уменьшаются в размерах, сохраняя частично свою ориентацию. Размер зерна в них не меняется. Увеличивается дисперсность обеих фаз и возникает не ярко выраженная текстура конгломератов в направлении оси растяжения, т.е. формоизменение образцов идет с переориентацией текстуры вдоль направления деформирования и осуществляется направленными потоками зерен.

Анализ микроструктуры (рис.2,3.), на которых видна текстура, образованная из конгломератов мелкодисперсных зерен висмута и эвтектики, приводит к предположению, что сверхпластичность развивается не только в условиях мелкого равноосного зерна, но и при наличии металлографической текстуры. Процесс деформации растяжением, сопровождающийся измельчением конгломератов с одновременным ростом зерна, позволяет судить о текстуре, как об одном из резервов сверхпластичности.

Учитывая, что структура нашего сплава относится ко второму типу, где оловянная фаза является матричной, а вторая – более дисперсная и прочная висмутовая, активное зернограничное скольжение должно сопровождаться интенсивным образованием пор по границам зерен. Это приведет к падению плотности деформируемого материала в процессе сверхпластической деформации при оптимальном режиме деформации (рис.5.). Отклонение от оптимума температурно-скоростного режима СП деформации влечет за собой как снижение максимума сверхпластичности и смещение его в сторону меньших температур, так и аналогичное поведение относительного изменения плотности, что подтверждается хорошей корреляцией кривых температурной зависимости показателя пластичности и относительного изменения плотности.



Наблюдаемая на снимках (рис.2-4) микроструктура экструдированной эвтектики системы Sn-Bi с характерной мелкодисперсностью компонентов, обуславливающая весьма развитые межзеренные границы, по мнению многих авторов [4-6], является одним из наиболее важных и необходимых условий проявления эффекта СП. Это подтверждается и энергетическими расчетами. Замеры изменения размера зерен в процессе сверхпластической деформации позволили оценить энергию активации их рекристаллизации. Расчеты дали для скорости деформации $\dot{\epsilon}=10^{-3}\text{с}^{-1}$ энергию активации процессов рекристаллизации равной 1,9 кДж/моль, а для скорости $\dot{\epsilon}=10^{-4}\text{с}^{-1}$ - 3,1 кДж/моль.

Обработка исходных релаксационных кривых (методика описана в [7]), у которых с повышением температуры испытания скорость релаксации уменьшается, а глубина увеличивается при одновременном снижении напряжения, дала возможность вычислить энергию активации СП деформации. Она оказалась равной 16,6 кДж/моль.

Сравнительная оценка вклада энергии активации процессов рекристаллизации в энергию активации сверхпластической деформации составляет около $11\div 12\%$. Это указывает на существенную роль подвижности границ зерен в сверхпластической деформации, на их нестабильность и свидетельствует о ведущей роли зернограницного скольжения в явлении сверхпластичности.

Литература

1. Тихонов А.С. Элементы физико-химической теории деформируемости сплавов. М.: Наука, 1972, 152с.
2. Шоршоров М.Х., Тихонов А.С. и др. Сверхпластичность металлических материалов. М.: Наука, 1973, 220с
3. Тихонов А.С. Эффект сверхпластичности металлов и сплавов. М.: Наука, 1978, 141с.

4. Кайбышев О.А. Сверхпластичность промышленных сплавов. М., Металлургия, 1984, 264с.

5. Пресняков А.А., Аубакирова Р.К. Сверхпластичность металлических материалов. Алма-Ата, Наука, 1982, 232с. с ил.

6. Жилыев А.П., Пшеничнюк А.И. Сверхпластичность и границы зерен в ультрамелкозернистых материалах.- М.: Физматлит, 2008.- 320с.

7. Кузнецов Р.И., Павлов В.А., Шматов В.Т. Пластическая релаксация напряжений в алюминии и меди. ФММ, 1966, т.21, вып.2, с.265-274.

References:

1. Tihonov A.S. Elements of physical-chemical theory of deformability alloys. М.: Nauka, 1972, 152 p.

2. Schorschorov M.H., Tihonov A.S. and others. Superplasticity of metallic materials. М.: Nauka, 1973, 220 p.

3. Tihonov A.S. Superplasticity effect of metals and alloys. М.: Nauka, 1978, 141 p.

4. Kaibyshev O.A. Superplasticity of industrial alloys. М.: Metallurgy, 1984, 264 p.

5. Presnaykov A.A., Aubakirova R.K. Superplasticity of metallic materials. Alma-Ata, Nauka, 1982, 232 p.

6. Zhilyaev A.P., Pshenichnyuk A.I. Superplasticity and grain boundaries in ultrafine materials. – М.:Physical and mathematical literature, 2008.- 320 p.

7. Kuznetsov R.I, Pavlov V.A, Shmatov V.T. Plastic stress relaxation in aluminum and copper. // FMM, 1966, v.21, № 2, p.265-274.