

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ НА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫТЯЖКИ ЗАГОТОВОК ИЗ  
БЕРИЛЛИЕВОЙ БРОНЗЫ**

**Вагнер А.В., Коробкин А.Н.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Бер В.И.  
Сибирский федеральный университет**

Задачей научно-исследовательской работы было создание новой технологии получения заготовок для токосъемных колец из сплава бериллиевой бронзы БрБ2 с заданными размерами и свойствами, а также разработка штамповой оснастки для их изготовления.

Целью работы являлось увеличение коэффициента использования металла, уменьшение количества брака при получении заготовок с высокой износостойкостью.

В ходе работы были достигнуты все цели и задачи. Полученные опытные образцы отвечали требованиям заказчика (ОАО «Информационные спутниковые системы»), а именно размер величины зерна составлял не более 30 мкм; твердость после термообработки - не менее 320 HV; размеры заготовки: толщина стенки  $0,65^{+0,2}$  мм, дно 1,3 мм, диаметр внутренний 8,8 мм, радиус донного закругления  $0,65^{+0,2}$  мм. По результатам работы были написаны и опубликованы статьи в научных журналах [1, 2].

В процессе работы типовым дефектом при вытяжке являлось разрушение дна стаканчика (рис. 1). Подобный вид брака происходил при увеличении скорости деформирования. При получении первых полуфабрикатов скорость деформирования составляла менее одного миллиметра в секунду, в итоге полученное изделие после шести переходов вытяжки не имело разрывов, и промежуточная термообработка не требовалась. Однако при увеличении скорости обработки наблюдался отрыв дна от стенки изделия. Чтобы изучить влияние скорости деформирования на осуществимость процесса вытяжки были проведены экспериментальные исследования с различными скоростями. Вытяжка производилась на разрывной машине Electromechanical universal testing machine, type LFM 400 kN, которая обеспечивает скорость до 5 мм/с [3]. Также при максимальной скорости определялось усилие вытяжки, график изменения которого представлен на рис. 2.



Рисунок 1 - Дефекты при вытяжке заготовок из бериллиевой бронзы

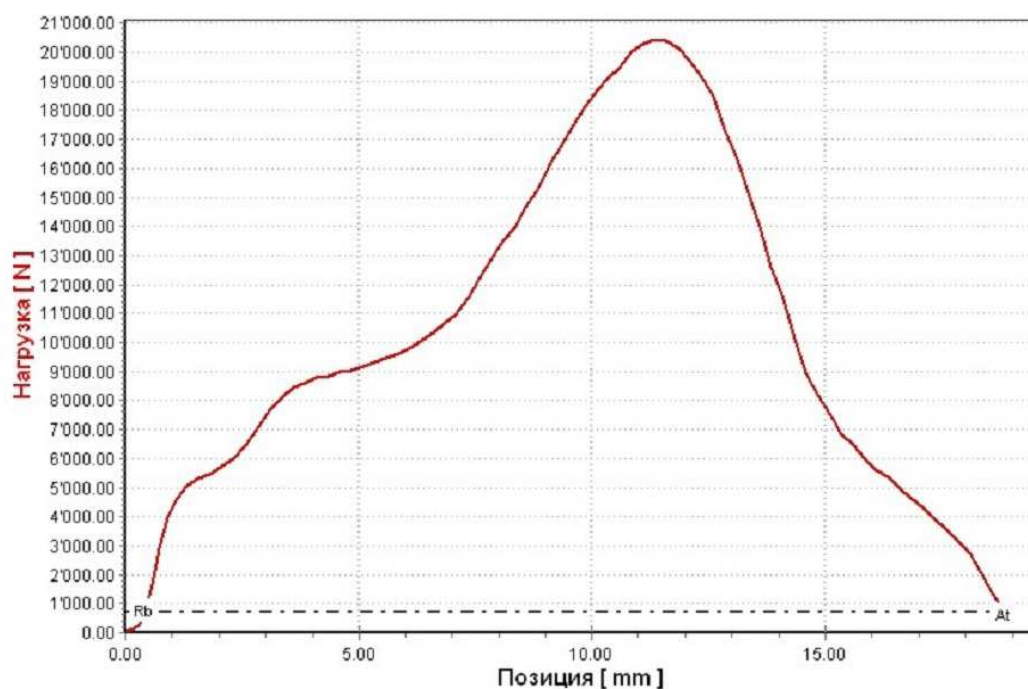


Рисунок 2 - Диаграмма изменения усилия деформации при максимальной скорости вытяжки

Со скоростью 5 мм/с было произведено четыре перехода вытяжки и полученный образец подвергли металлографическому анализу. Исследования показали, что при большой скорости зерно дробится интенсивнее, но из-за упрочнения материала после четвертого перехода происходит разрушение, и, следовательно, необходимо применять промежуточную термическую обработку (закалку). Закалка позволяет снять остаточные напряжения после деформирования и нормализовать структуру, ее целесообразно применять после третьего перехода. Размер зерна и твердость на третьем переходе составляет:  $12,4 \pm 2,4$  микрон и  $314 \pm 19$  HV, а после закалки и окончательной вытяжки:  $17,3 \pm 5,4$  микрон и  $268 \pm 5$  HV. Полученный полуфабрикат подвергли далее старению и твердость составила  $427 \pm 4$  HV. На рис. 3 и 4 приведена структура образцов.

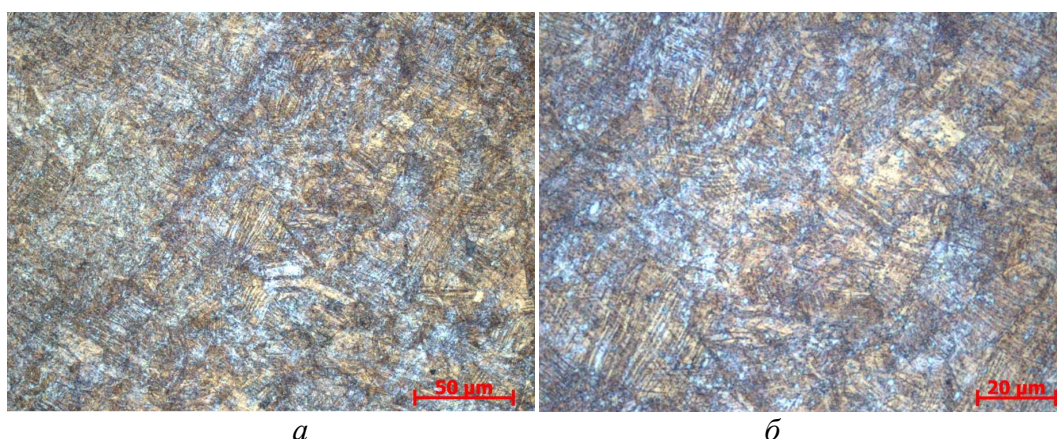


Рисунок 3 - Микроструктура образца после третьего перехода вытяжки при различном увеличении: *a* -  $\times 500$ , *б* -  $\times 1000$

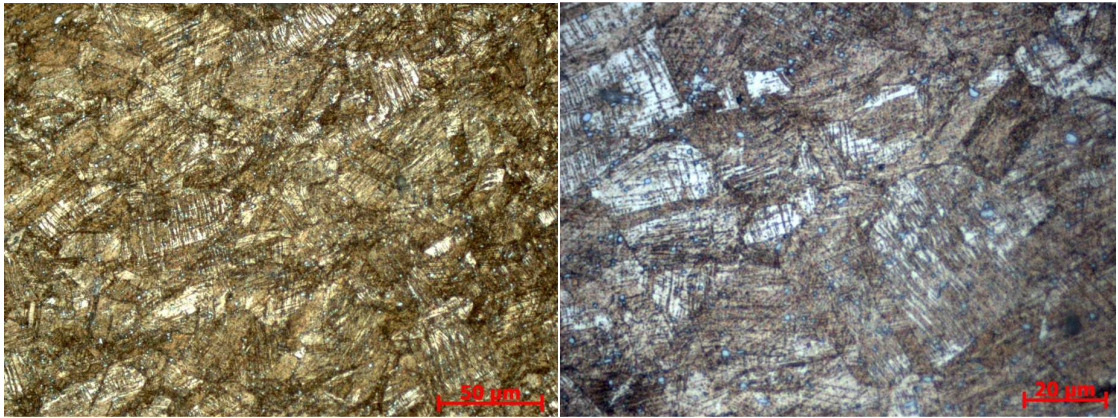


Рисунок 4 - Микроструктура образца после шестого перехода вытяжки при различном увеличении: *а* -  $\times 500$ , *б* -  $\times 1000$

Результат проведенных исследований показывает, что при высоких скоростях необходимо применение промежуточной термообработки, применение которой снижает вероятность разрушения образца на промежуточных переходах вытяжки. Выбор оборудования для вытяжки должен учитывать полученные закономерности скоростного режима обработки, что дает возможность получать полуфабрикаты, которые отвечают требованиям заказчика.

#### Литература

1. Сидельников С.Б., Бер В.И., Орелкина Т.А., Вагнер А.В., Коробкин А.Н. Проектирование технологии и инструмента для получения токосъемных колец специального назначения. Цветные металлы-2013: Сб. научн. статей. – Красноярск: Версо, 2013. – С. 612 – 613.
2. Сидельников С.Б., Бер В.И., Орелкина Т.А., Вагнер А.В., Коробкин А.Н. Разработка технологической схемы получения токосъемных колец из бериллиевой бронзы с помощью методов листовой штамповки Известия МГТУ «МАМИ». Серия 2. Технология машиностроения и материалы. – М., МГТУ «МАМИ», №2 (16), 2013, т.2, с.45-48
3. Технология листовой штамповки: учеб. пособие / В.И. Бер, С.Б. Сидельников, Р.Е. Соколов, Е.В. Иванов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012.- 168 с.