

УДК 621.785.616.1

ВЛИЯНИЕ ЗАКАЛКИ В АЗОТЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И ХОЛОДНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА БЕРИЛЛИЕВОЙ БРОНЗЫДария Петровна Слепцова⁽¹⁾, Юлия Николаевна Рожкова⁽²⁾*Магистр 1 года⁽¹⁾, студент 4 курса⁽²⁾**кафедра «Материаловедение»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научные руководители: С.Ю. Шевченко, А.Е. Смирнов,**кандидаты технических наук, доценты кафедры «Материаловедение»*

Бериллиевые бронзы обладают наилучшим комплексом свойств по сравнению с другими бронзами. Они характеризуются высокими пределами упругости, временным сопротивлением, твердостью и коррозионной стойкостью в сочетании с повышенными сопротивлениями усталости, ползучести и износу. Также являются теплостойкими материалами, эксплуатационные свойства не меняются при нагреве до 310...340 °С. При 500 °С эти сплавы имеют приблизительно такое же временное сопротивление, как оловянно-фосфористые и алюминиевые бронзы при комнатной температуре. Эти ценные качества способствуют широкому применению бериллиевых бронз в промышленности.

Большинство изделий из бериллиевых бронз изготавливают способом холодной пластической деформации. Для проведения любых операций, связанных с пластической деформацией – ковка, штамповка, прокатка, волочение и т.д. – требуется закалка исходных заготовок. В закаленном состоянии эти сплавы обладают высокой технологической пластичностью, т.е. свойством подвергаться деформации без разрушения, что позволяет получать сложные детали, например, штамповкой с глубокой вытяжкой. Именно поэтому разработка новых технологий закалки бериллиевых бронз является актуальной задачей для исследований.

Газовая закалка с нагревом в вакуумных печах имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной закалкой в воде, главные из которых – возможность регулирования интенсивности закалки путем контроля давления и скорости газа и обеспечение безокислительного нагрева. Использование газовой закалки могло бы обеспечить более высокое качество термической обработки бериллиевой бронзы.

Целью данной работы является исследования закалки в азоте высокого давления и ХПД на свойства бериллиевой бронзы. Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи: сравнение значений микротвердости и исследование микроструктуры образцов из сплава БрБ2 после закалки в газе и холодной пластической деформации, а также после старения образцов.

Образцы для исследования представляли собой ленты из бериллиевой бронзы марки БрБ2. Химический состав сплава приведен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав БрБ2 по ГОСТ 18175-77

Cu, %	Be, %	Ni, %	Si, %	Al, %	Pb, %	Fe, %

96,9-98	1,8-2,1	0,2-0,5	$\leq 0,15$	$\leq 0,15$	$\leq 0,005$	$\leq 0,15$
---------	---------	---------	-------------	-------------	--------------	-------------

Для закалки в вакуумной печи лента из бериллиевой бронзы была свернута в рулоны (рис. 1).

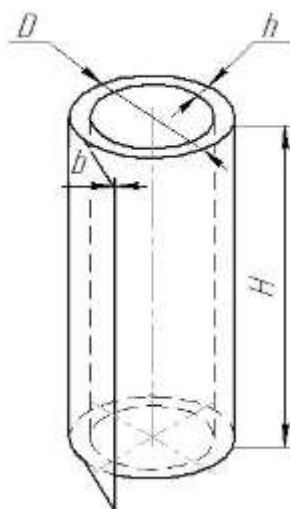


Рис. 1. Эскиз рулона из БрБ2

Размеры рулона при закалке в газе: высота $H=120$ мм, диаметр рулона $D=370$ мм, толщина рулона $h=15$ мм, толщина ленты $b=0,5$ мм

Обработка образцов состоит из закалки в газе, ХПД и старения. Для оценки влияния ХПД также проведено старение сразу после закалки.

Газовую закалку проводили в вакуумной печи 10.0VPT - 4020/24, температура нагрева составляла 780 °С, время нагрева и выдержки 100 минут. Охлаждающая среда – азот при давлении 7,3 атм.

Старение проводили в печи МПЛ-6 при температуре 340 °С со временем выдержки 30, 45, 60, 75 и 90 минут. Старение после закалки проведено при той же температуре со временем выдержки 90 минут.

Исследование микроструктуры образцов проведено с помощью микроскопа Olympus GX 51. Микроструктуры образцов приведены на рисунках 2, 3 и 4.

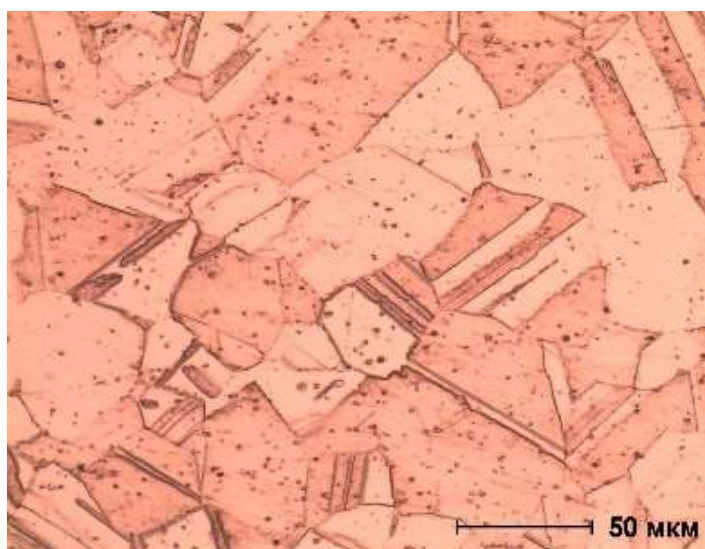


Рис. 2. Микроструктура образца после закалки в газе

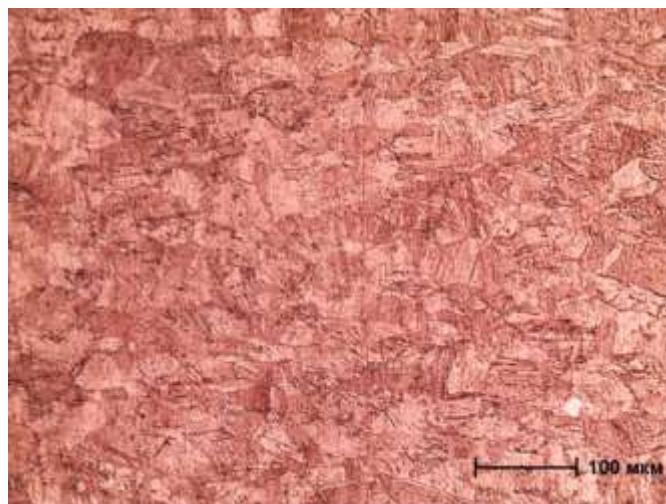


Рис. 3. Микроструктура образца после закалки в газе и ХПД

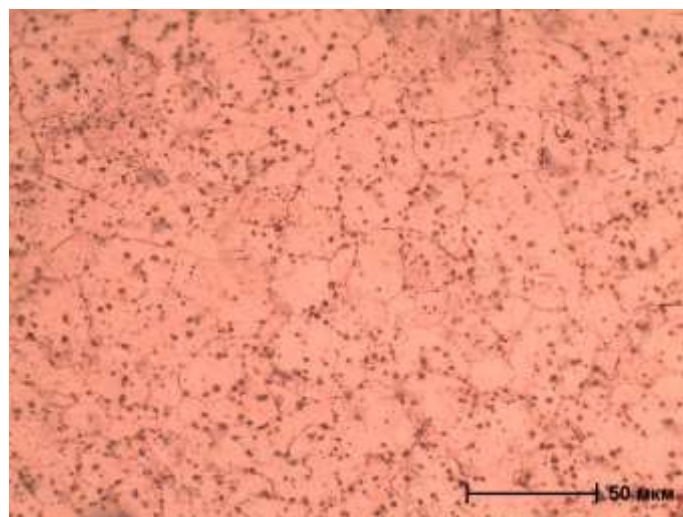


Рис. 4. Микроструктура образца после закалки в газе, ХПД и старения

После закалки в газе наблюдается небольшое количество включений в матрице α -твердого раствора. После ХПД зерна немного вытянуты в направлении прокатки.

Для определения микротвердости образцов использовали микротвердомер DuraScan 70. Нагрузка составляла 25 г.

Результаты измерения микротвердости образцов представлены в таблице 2 и на рисунке 5.

Таблица 2. Результаты измерения микротвердости образцов

Состояние	HV 0,025
Закалка в газе	$210,5 \pm 7,03$
Закалка в газе + старение	$458,1 \pm 7,69$
Закалка в газе + ХПД	$247,2 \pm 7,63$

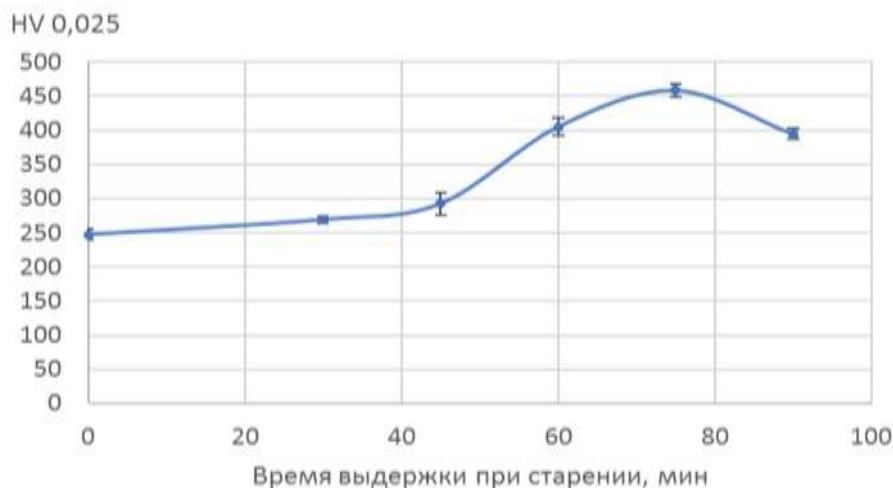


Рис. 5. Кинетика изменения микротвердости БрБ2 при старении после ХПД

При одном и том же значении времени выдержки при старении (90 минут) твердость недеформированного образца выше, чем образца после ХПД. Это можно объяснить тем, что процесс распада деформированного твердого раствора проходит быстрее, чем недеформированного. При деформации увеличивается количество дефектов, которые ускоряют процессы диффузии и облегчают зарождение областей новой фазы. Максимальная твердость образца после ХПД достигается при выдержке 75 минут.

Выводы:

1. Результаты экспериментов подтверждают, что при охлаждении в среде азота высокого давления происходит закалка бериллиевой бронзы.
2. Холодная пластическая деформация бериллиевых бронз ускоряет процессы распада при старении.

Литература

1. *Lior N.* The cooling process in gas quenching // Journal of materials processing technology. - 2004. - pp. 1881–1888.
2. *Пастухова Ж.П., Рахматдт А.Г.* Пружинные сплавы цветных металлов / под ред. Ж.П. Пастуховой. - М.: Metallurgy, 1983. – 364 с.
3. *Рахматдт А.Г.* Пружинные стали и сплавы. – М.: Metallurgy, 1971. – 496 с.