

## ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ БАРОКРИОДЕФОРМИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ

<sup>1</sup>Хаймович П.А., <sup>2</sup>Черняева Е.В., <sup>1</sup>Шульгин Н.А.<sup>1</sup>ННЦ «Харьковский физико-технический институт»,  
г. Харьков, Украина<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет,  
г. Санкт-Петербург, Россия, E-mail: pavel.41@bk.ru

В настоящее время остается постоянным интерес к поиску тех или иных методов пластического деформирования монолитного металла с целью повышения дисперсности его структуры, наноструктурирования структуры, если следовать современной терминологии. Все более усложняются разработанные в последние годы способы, разрабатываются новые. В предлагаемом ниже материале описывается другой подход. В качестве основополагающих рассматриваются не технологические приемы или новшества в геометрии приложения деформирующих напряжений, а те условия, в которых усилия прикладываются к деформируемому объекту. На ряде металлов и сплавов показана важнейшая роль наличия одновременно сил всестороннего сжатия высокого уровня и глубокого охлаждения деформируемого объекта, что позволяет достичь столь высокого уровня диспергирования структуры, который в других условиях достичь, как правило, не удается.

В качестве ставшего классическим примера можно привести структуру поликристаллической меди, претерпевшей квазигидроэкструдирование в диапазоне температур 300 – 20,4 К (рис. 1) [1].

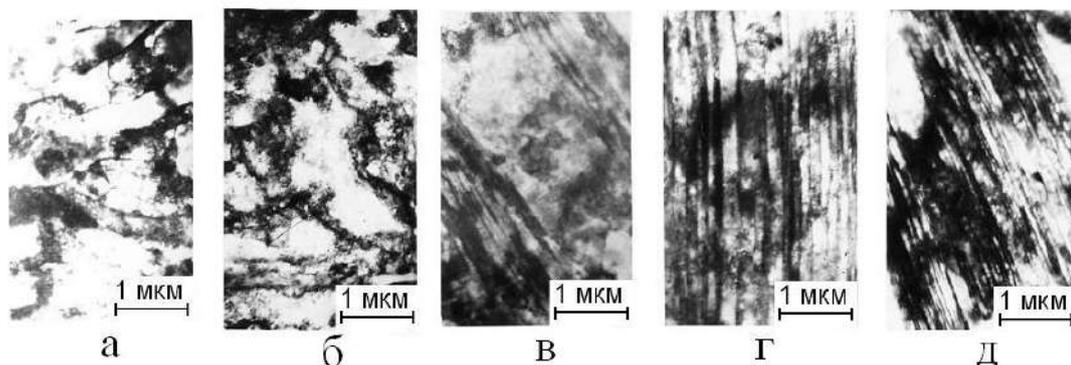


Рисунок 1 – Структура поликристаллической меди, квазигидроэкструдированной при 300 (а), 190 (б), 125 (в), 77 (г) и 20,4 К (д)

Необычные механические характеристики наблюдаемой после криодеформирования (г, д) структуры, обнаруживающие возможность материала упруго деформироваться до напряжений, существенно превышающих те, при которых затем материал разрушается, заставляют задаваться вопросом – является ли наблюдаемая структура непосредственно итогом процесса деформирования, или это результат, как факта деформации, так и последующего нагрева до комнатной температуры. Ведь нельзя забывать, что криодеформирование вообще и БКД в частности отличает та особенность, что испытывавший деформацию объект затем неминуемо проходит стадию нагрева от температуры деформирования (77 К либо иной криогенной) до комнатной температуры. То есть при анализе тех или иных экспериментов, оценивая роль процесса деформации при криогенной температуре, надо отдавать отчет, что наблюдаемая нами информация, полученная какими-либо структурными методами либо по измерениям механических свойств, показывает нам ту картину, которая имеет место в материале, испытывавшем существенный нагрев после низкотемпературной деформации.

В отличие от исследования материалов, деформированных в привычных условиях (при комнатной или повышенных температурах), получать информацию о структуре или каких-то свойствах непосредственно в процессе деформации либо при гарантированной консервации информации для случаев криодеформирования - очень

проблематично. Тем не менее, для приведенных выше регулярных структур барокриодеформированной меди такие попытки имели место.

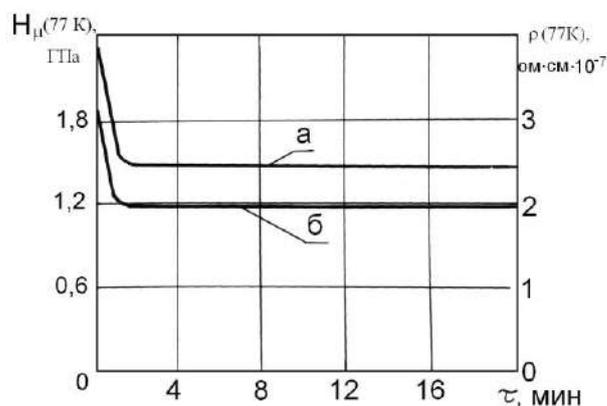


Рисунок 2 – Зависимость удельного электросопротивления  $\rho$  (кривая а) и микротвердости  $H_{\mu}$  (кривая б) меди, экструдированной при 77 К на 60%, от времени пребывания при 300 К ( $T_{\text{изм}} = 77\text{ К}$ )

Специально изготовленная оснастка позволила как измерять электросопротивление экструдированной меди без отепления, сообщая затем дозированно кратковременные нагревы и контролируя их воздействие, так и обеспечить подобный процесс при измерении микротвердости, которое осуществлялось при 77 К. Именно эти эксперименты показали, что отогрев до комнатной температуры, который неминуемо имеет место после криодеформирования, вносит существенные коррективы в наблюдаемые характеристики металла.

Необходимо остановиться на том, что описанные выше эксперименты, в силу существенной сложности их выполнения, нельзя рассматривать как некоторую универсальную возможность контроля свойств криодеформированных объектов. В то же время желательность получения такой информации существует, причем для самых различных объектов, претерпевающих как БКД, так и иные виды криодеформирования. Именно в качестве такого аппарата исследований могли бы стать измерения акустической эмиссии, эффективность которых уже удалось проверить на ряде объектов, подвергнутых БКД – меди, титановом сплаве ВТ1-0, стали 0Х18Н10Т [2-6].

Следует иметь в виду, что, несмотря на кажущуюся экзотичность реализации пластической деформации металла при криогенных температурах в условиях всестороннего сжатия, осуществление этого вида воздействия на металлы ощутимо проще многих других способов, при возможности получения зачастую уникальных результатов. Одним из примеров может служить изготовление с применением БКД экструзионной оснастки с очень высокими характеристиками из стандартной стали 0Х18Н10Т [7]. Вывод статьи гласит, что «пластическое деформирование стали 0Х18Н10Т в экстремальных условиях одновременного действия больших сил всестороннего сжатия и криогенных температур позволяет достигать высокое устойчивое ее упрочнение, позволяющее заменять ею специальные сплавы как при повышенных, так и при криогенных температурах».

Картина была бы неполной, если бы не обозначить еще один очень важный аспект, связанный с осуществлением пластической деформации металла при криогенных температурах в условиях всестороннего сжатия. В отличие от таких методов как гидроэкструзия, применяемых при комнатной температуре, требующих больших конструктивных и материальных затрат для предупреждения представляющих опасность неконтролируемых утечек жидкости высокого давления, барокриодеформирование (БКД), использующее в качестве рабочей среды твердое тело, представляет собой безопасную технологию.

**Список литературы:**

1. П.А.Хаймович. На пути к барокриодеформированию. В кн. Перспективные материалы, т.3., ТГУ, МИСиС, 2009. -С. 363-406.
2. Черняева Е.В., Полянский А.М., Полянский В.А., Хаймович П.А., Яковлев Ю.А., Мерсон Д.Л. «Естественный» водород и акустическая эмиссия в стали Х18Н10Т после барокриодеформирования // Журнал технической физики, 2010. – Т.80, вып. 7. – С.143-146
3. Черняева Е.В., Хаймович П.А., Полянский А.М., Полянский В.А., Мерсон Д.Л., Замлер Е.Г., Яковлев Ю.А. Влияние барокриодерформирования на содержание водорода и акустическую эмиссию в техническом титане ВТ1-0. ЖТФ. – 2011. – Т.81, выпуск 4. -С.131-134
4. Е.В.Черняева, А.М.Полянский, В.А.Полянский, П.А.Хаймович, Ю.А.Яковлев Влияние режима барокриодеформирования на свойства сплава ВТ1-0. ЖТФ. – 2013. – Т.83, выпуск 12. -С.144-148.
5. Черняева Е.В., Хаймович П.А., Шульгин Н.А.Акустическая эмиссия в сплаве ВТ1-0 после барокриодеформирования. ФММ. – 2014. –Т.115, № 10. -С. 1-5.
6. П.А.Хаймович, Е.В.Черняева, Н.А.Шульгин. Влияние приложения сил всестороннего сжатия при криогенных температурах на свойства сплава ВТ1-0. ВАНТ. - 2015. -№5(99). – С.105-108.
7. Хаймович П.А. О практическом применении барокриодеформированной стали Х18Н10Т. ФТВД. – 2016. - Т.26, №3-4. -С.95-100.