

Результаты экспериментов позволяют рекомендовать кавитационную установку для промышленного использования. Ее основным недостатком является частый выход из строя резонирующих пластин. Риск разрушения пластин можно резко уменьшить, если использовать разработанную нами автоматизированную систему управления процессом обработки и специальные сплавы для изготовления этих пластин.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», госконтракт №П392.

ОБЩИЙ СЛУЧАЙ БАРОКРИОДЕФОРМИРОВАНИЯ

Хаймович П.А.

*Национальный научный центр "Харьковский физико-технический институт"
г. Харьков, Украина
pavel.41@bk.ru*

Трудно назвать какие-либо свойства твердого тела, на которые не оказывало бы влияние приложенное к этому телу высокое давление. Изменяются оптические, магнитные свойства, приобретают другие значения тепло- и электропроводность, смещается температура сверхпроводящего перехода. В значительной мере оказываются иными механические свойства твердых тел, если деформировать их не в нормальных условиях, а при всестороннем сжатии, т.е. под большим гидростатическим давлением.

В 1912 г Карман обнаружил, что под давлением в несколько тысяч атмосфер такие хрупкие вещества, как мрамор и известняк, приобретают заметную пластичность [1].

Первые систематические исследования влияния сил всестороннего сжатия на пластичность металлов осуществил П.Бриджмен [2], который пришел к выводу, что предельная пластичность металла и величина действующих на него сил всестороннего сжатия связаны соотношением:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \kappa P$$

где ε – деформация при разрыве под давлением, ε_0 – деформация при разрыве без давления, κ – коэффициент пропорциональности (зависимость 1, на рис. 1). При этом величина предельной пластичности определяется, как $\varepsilon = \ln S_0/S_p$, где S_0 – начальная площадь поперечного сечения образца, S_p – площадь сечения шейки образца в момент разрыва.

Последующие исследования позволили установить, что эта зависимость имеет более сложный характер. То, что Бриджмен считал разбросом в значениях пластичности в области больших давлений, в действительности указывало на отклонения от линейной зависимости. У латуни и стали эти зависимости принимают вид, представленный кривой 2 на рис. 1. У хрупких металлов, как, например, хром, было обнаружено «пороговое» давление. выше которого обычно хрупкий хром становился пластичным и деформировался с образованием шейки. Это соответствует кривой 3 на рис. 1.

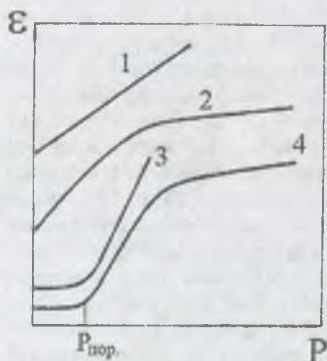


Рис.1. Зависимость предельной пластичности от давления

деформирования, названная разработчиками низкотемпературной квазигидроэкструзией [4], а в последнее время чаще именуемая *барокриодеформированием* (БКД) [5]. Строго говоря, такой вид воздействия следовало бы именовать *барокриодеформированием путем низкотемпературной квазигидроэкструзии*, потому что барокриодеформирование — это не способ, не метод, а условия деформирования, определяющие, что оно проводится при криогенных температурах и побуждается действием на объект сил всестороннего сжатия.

Схемы осуществления как классической (жидкостной) гидроэкструзии, так и БКД приведены на рис. 2. Принципиальное различие этих двух схем состоит в том, что в первой схеме (рис. 2, а) максимальное давление, которое испытывает деформируемый объект, однозначно определяется его пределом текучести при температуре деформирования. По второй схеме (рис. 2, б) давление, обеспечивающее продавливания объекта через матрицу (то есть разность давлений $P_1 - P_2$), можно в широких пределах варьировать заданием того или иного уровня давления в нижнем объеме, что особенно важно для преодоления порога хрупкости при продавливании низкопластичных металлов. Чем ниже пластичность металла, то есть, чем выше порог хрупкости (см. рис. 1), тем выше должен быть этот уровень. Такая схема позволяет пластически деформировать широкий круг низкопластичных металлов и сплавов. В терминах классической гидроэкструзии такую схему в отечественной литературе принято называть гидроэкструзией с противодавлением, в зарубежной нередко именуют дифференциальной гидроэкструзией. В терминах БКД эта схема, позволяющая в широких пределах задавать уровень сил всестороннего сжатия, прикладываемых к деформируемому объекту до того, как он начинает продавливаться через матрицу, имену-

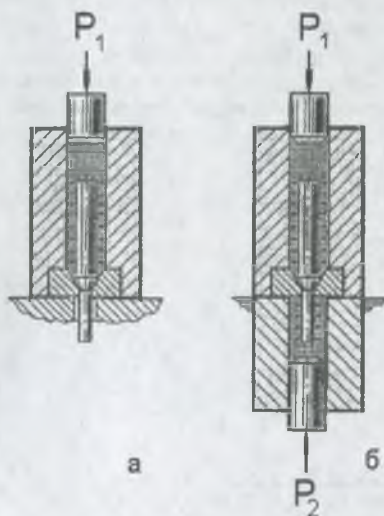


Рис.2. Схемы БКД:
а — частный случай,
б — общий случай.

Оказалось, что практически все хрупкие металлы могут обнаружить пластичность, если деформацию проводить в условиях гидростатического давления выше определенного уровня, для каждого металла своего. Обобщенная зависимость предельной пластичности от давления имеет вид, изображенный на кривой 4.

Важнейшим практическим следствием этих исследований стала *гидроэкструзия*, при которой металл продавливается через матрицу за счет воздействия на него сжатой гидростатической среды, причем значительный вклад в это направление внесли отечественные специалисты [3].

Дальнейшим развитием гидроэкструзии стала реализация этого вида деформирования при низких температурах, потребовавшая применения в качестве передающей давление среды твердого тела, достаточно пластичного при температуре

ется общим случаем барокриодеформирования. в отличие от схемы рис. 2, а, называемой частным случаем БКД. при котором, как выше было упомянуто, это давление однозначно определяется пределом текучести объекта при температуре деформирования.

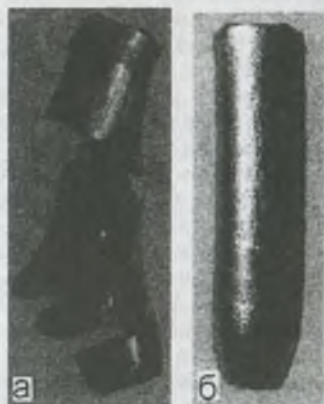


Рис. 3. БКД титана при 77 К:
а – частный случай, б – общий случай

Исследования свойств, приобретаемых металлами и сплавами при БКД, показали, что действительно деформирование в условиях одновременного воздействия криогенной температуры и высокого уровня сил всестороннего сжатия в ряде случаев приводит к таким изменениям структуры материала, которые в других условиях деформирования недостижимы [6]. При этом, как и ожидалось, применение общего случая БКД обеспечило возможность даже при криогенных температурах осуществлять деформирование низкопластичных металлов с обеспечением существенного повышения их механических свойств при полном сохранении сплошности (рис. 3). Свойства достаточно пластичных металлов и сплавов, деформированных в таких условиях, также обнаруживают ряд особенностей. Так, реализация общего случая БКД на титане ВТ1-0 не выявила каких-либо преимуществ этого вида воздействия по сравнению с частным случаем БКД. При этом оказалось, что с увеличением уровня противодействия (от 4 до 5,5 кбар)

упрочнение металла даже уменьшалось. В то же время, для обработки стали X18N10T общий случай

БКД оказался весьма эффективным (рис. 4). Особенность полученных результатов не только в достижении очень высоких механических характеристик, но и в том, что такое упрочнение реализуется при малых степенях деформации ($\epsilon \sim 0,1-0,15$). Структура стали при этом, согласно электронномикроскопическим исследованиям, характеризуется высокой дисперсностью. Приведенные данные убедительно свидетельствуют, что для получения мелкодисперсной структуры металла при высоких механических характеристиках совсем не обязательно большие степени деформирования, более того, область малых деформаций оказывается оптимальной (рис. 4, кривая 3).

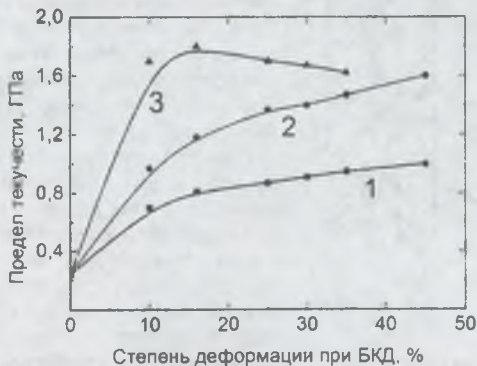


Рис. 4. Барокриодеформирование стали X18N10T
1 – при 300 К, 2 – при 77 К, 3 – при 77 К с противодействием 6 кбар.

Общий случай БКД позволяет разрешить некоторые вопросы, остававшиеся без ответа. Так, ранее был обнаружен почти стопроцентный переход аустенита в мартенсит в стали X18Ni10T при ее низкотемпературном квазигидроэкструдировании. В то же время известно, что этот переход сопровождается некоторым увеличением объема, и приложение давления должно было бы переход тормозить. И лишь привлечение общего случая БКД позволило найти ответ. Как оказалось, переход аустенита в мартенсит при низкотемпературном квазигидроэкструдировании стали имеет место преимущественно после выхода экструдата из очага деформации, то есть при отсутствии действия на объект сил всестороннего сжатия, но в условиях, когда материал находится еще при криогенной температуре, что, наоборот, способствует этому переходу.

Применение общего случая барокриодеформирования предоставляет уникальную возможность как исследовать свойства металлов, так и влиять на них в экстремальных условиях одновременного действия криогенных температур и управляемого уровня сил всестороннего сжатия.

Список литературы

1. Колпашников А.И., Вялов В.А. Гидропрессование металлов.- М.: Металлургия, 1973.- 296с.
2. Бриджмен П. Исследования больших пластических деформаций и разрыва.- М.: Изд-во Иностранной литературы, 1955.- 444 с.
3. Береснев Б.И., Мартынов Е.Д., Родионов К.П., Булычев Д.К., Рябинин Ю.Н. Пластичность и прочность твердых тел при высоких давлениях.- М.: Наука, 1970. – 162с.
4. Стародубов Я.Д., Хаймович П.А. Квазигидроэкструдирование металлов в диапазоне температур 300-4,2К // Проблемы прочности. – 1975, вып. 10. – С.116-117.
5. Хаймович П.А. Барокриодеформирование металлических материалов. Материалы V Международной научной конференции «Прочность и разрушение материалов и конструкций». 12-14 марта 2008 года, Оренбург, т.1, с.33-39.
6. И.А.Гиндин, Я.Д.Стародубов, М.П.Старолат, П.А.Хаймович. Особенности дефектной структуры меди, экструдированной при низких температурах. ФММ, т.48, №5, 1979, с.1004-1009.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СХЕМ ФИКСАЦИИ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ ШЕЙКИ БЕДРА

Барсуков В.Г.¹, Карев Д.Б.²

¹УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,

г.Гродно, Беларусь,
v.g.barsukov@grsu.by

²УО «Гродненский государственный медицинский университет», г.Гродно, Беларусь,
bkarev@gmail.com

Основной задачей винтовой фиксации при переломах шейки бедра является обеспечение прижатия (компрессии) разлучившихся частей одна к другой. Такое прижатие может быть обеспечено различными схемами: одноточечной (центральной и дезаксиальной); двухточечной (симметричной или асимметричной); трехточечной (симметричной, асимметричной с двумя несущими и одним вспомогательным крепёжным элементом); четырехточечной и т.д. Обширный обзор мировых научных и технических достижений в этой области приведен в работах [1–3]. Анализ опубликованных работ показывает, что основным недостатком одноточечной схемы фиксации является сложность предохранения со-