

PACS: 81.40.Lm, 62.20.Fe

С.Г. Сынков

КОМБИНИРОВАННАЯ ДЕФОРМАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА МЕДИ

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины
ул. Р. Люксембург, 72, г. Донецк, 83114, Украина

Статья поступила в редакцию 23 июля 2007 года

Изучена обработка заготовок комбинированной деформацией: гидроэкструзией с последующей винтовой экструзией (ВЭ). Такая обработка позволяет уменьшить общее число деформационных переходов, при этом добиться равномерности механических свойств в сечении заготовки.

На сегодняшний день остается бесспорным, что физико-механические свойства материала зависят от условий деформирования: механической схемы деформации, температуры, степени накопленной деформации и др. Также известно, что достигать высоких степеней упрочнения материалов позволяют методы интенсивной пластической деформации (ИПД). Эти методы в настоящее время получили активное развитие как способы, предназначенные для создания эффективных структурных состояний и высоких характеристик прочности в массивных заготовках из различных металлов и сплавов. Такие способы весьма актуальны. Актуальны также проблемы разработки новых, технологически более эффективных схем ИПД, а также технологической оснастки для их реализации [1,2].

Наиболее эффективным и технологичным методом ИПД, по мнению автора настоящей работы, является метод ВЭ, позволяющий обрабатывать заготовки из различных металлов и сплавов в широком диапазоне температур. Кроме того, этот метод дает возможность обрабатывать сплавы сложного профиля в комбинации с другими методами ОМД [3,4].

Недостатками способа ВЭ является то, что деформация образца в поперечном сечении неравномерна и наименьший уровень деформации находится на оси образца. Параметр интенсивности деформации для частиц, расположенных на оси заготовки, составляет ~ 0.25 [1]. Поле скоростей течения материалов при ВЭ включает в основном две составляющие: первая соответствует траекториям, которые описывают материальные точки, «замороженные» в поперечное сечение, движущееся по винтовому каналу (винтовое течение); вторая – отражает движение материальных точек внутри контура поперечного сечения (перетекание). Учитывая это, для достижения равно-

мерной деформации и свойств по сечению заготовку обрабатывают ВЭ в пять-шесть деформационных проходов, что приводит к повышению трудоемкости процесса. Особенно это характерно для таких труднодеформируемых материалов, как титан и его сплавы, никелевые сплавы, обработка которых сопровождается интенсивным износом винтового и калибрующего участков матрицы.

В основу проведенных в настоящей работе экспериментальных исследований положена идея деформации заготовки в две стадии: 1) монотонная деформация позволяет накопить в металле большую плотность дислокаций (высокий уровень внутренних напряжений); 2) интенсивная винтовая деформация, в процессе которой образовавшиеся дисклинации приводят структуру материала к быстрой фрагментации с реализацией эффекта сверхпластичности. Кроме того, знак деформации зависит от направления закручивания винтовой линии канала матрицы. Деформируя заготовку после одного прохода монотонной деформации через винтовые матрицы с каналами правой и левой «закрутки», получаем деформацию при выходе из одной матрицы того же знака, что и на входе в следующую матрицу. Это позволяет увеличить длину участков квазимонотонной деформации и, в конечном итоге, за два прохода интенсивной винтовой знакопеременной деформации достичь высокого уровня фрагментации структуры с равномерным распределением свойств по сечению. Обеспечение на всех стадиях деформирования заготовки противодействия не менее предела текучести обрабатываемого материала позволяет создать благоприятную схему напряженного состояния в процессе обработки, повышая таким образом уровень пластичности обрабатываемого материала.

Методика проведения эксперимента

В качестве экспериментального материала использовали медь М1. Диаметр заготовки 36 мм, длина 120 мм, исходная твердость 70–72 НВ. Моно-

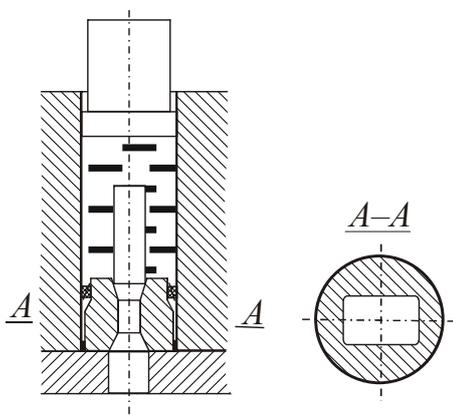


Рис. 1. Схема устройства для гидроэкструзии

тонную деформацию методом гидропрессования проводили в установке для гидроэкструзии с контейнером диаметром канала 50 мм. В нижней части последнего установлена матрица с углом заходного конуса $2\alpha = 45^\circ$ и калибрующим сечением, имеющим форму прямоугольника размером 18 × 28 мм (рис. 1). Гидропрессование проводили в один деформационный проход круглого профиля $\varnothing 36$ мм на прямоугольный размер 28 × 18 мм. При этом степень деформации $\psi = 50.5\%$, давление гидроэкструзии в контейнере $P = 740\text{--}700$ МПа. От полу-

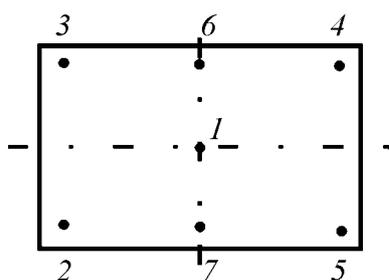


Рис. 2. Точки измерения твердости в шлифах

ченной заготовки длиной $L = 240$ mm отделили передний и задний торцы длиной по 20 mm, после чего от одного из торцов отрезали темплет $L = 20$ mm для измерений твердости, а оставшуюся заготовку разделили на части длиной по 90 mm каждая. Из темплета изготовили шлиф и провели замеры твердости в точках, указанных на рис. 2.

Далее осуществляли интенсивную деформацию ВЭ (рис. 3). Первый проход проводили при комнатной температуре. Параметры матрицы: угол наклона винтовой линии к оси прессования $\beta = 60^\circ$, угол поворота выходного сечения к входному $\varphi = 90^\circ$, длина калибрующего канала $L = 30$ mm, направление закрутки винта – правое, усилие противодействия – 200 МПа. Две заготовки продеформировали винтовым прессованием. Из средней части одной заготовки вырезали поперечный темплет, изготовили шлиф и провели измерения твердости в точках, показанных на рис. 2.

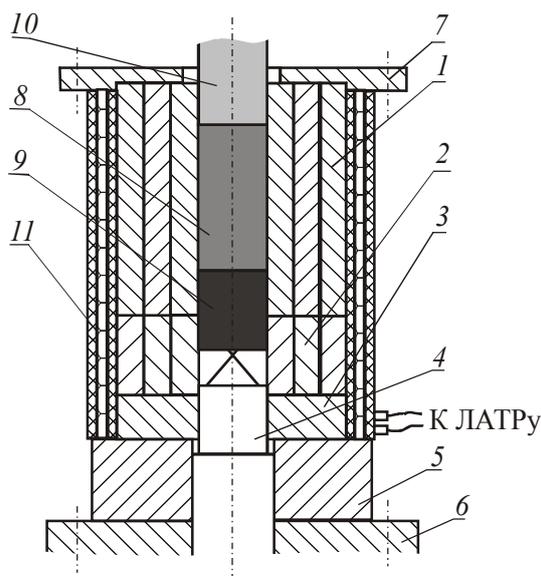


Рис. 3. Схема установки для винтовой экструзии: 1 – контейнер, 2 – винтовая матрица, 3 – втулка с профильным каналом, 4 – пуансон противодействия, 5 – опорная плита, 6 – неподвижная траверза прессы, 7 – фланец, 8 – обрабатываемая заготовка, 9 – фальшзаготовка, 10 – пуансон, 11 – нагреватель

Второй проход осуществляли ВЭ через матрицу с теми же параметрами, но направление закрутки винта – левое, усилие противодействия – 200 МПа. После деформации третьей заготовки из ее средней части также вырезали поперечный темплет, изготовили шлиф и провели измерения твердости в точках, показанных на рис. 2.

Обсуждение результатов

Результаты измерений твердости заготовок меди при последовательной их деформационной обработке сведены в таблицу.

Твердость HV заготовок в результате последовательной деформационной обработки

№ точки	После гидроэкструзии	После ВЭ	
		1-й проход	2-й проход
1	81	118	130
2	88	126	131
3	89	128	132
4	88	127	131
5	87	129	131
6	92	124	130
7	93	122	131

В результате проведенных экспериментов хорошо видна разница значений твердости в сечении заготовки после деформации гидроэкструзией и 1-го прохода ВЭ. После 2-го прохода ВЭ твердость в сечении заготовки распределена равномерно.

Вывод

Предложенная методика позволяет снизить трудоемкость обработки заготовок методом ИПД за счет снижения общего количества деформационных проходов и при этом не ухудшить распределения свойств в сечении заготовки.

1. Я.Е. Бейгельзимер, В.Н. Варюхин, Д.В. Орлов, С.Г. Сынков, Винтовая экструзия – процесс накопления деформаций, ТЕАН, Донецк (2003).
2. Р.З. Валиев, И.В. Александров, Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией, Логос, Москва (2000), с. 5–13.
3. В.В. Столяров, Х.Ш. Салимгареев, Е.П. Сошникова, Я.Е. Бейгельзимер, Д.В. Орлов, С.Г. Сынков, А.В. Решетов, ФТВД **13**, № 1, 54 (2003).
4. А.И. Шевелев, В.Н. Варюхин, С.Г. Сынков, А.В. Решетов, ФТВД **15**, № 1, 139 (2005).

S.G. Synkov

COMBINED DEFORMATION OF COPPER

The paper is devoted to the processing of billets by combined deformation: hydroextrusion followed by twist extrusion. Such process allows decreasing the total number of the deformation passes and obtaining the uniform mechanical properties in section of the billet.

Fig. 1. Scheme of hydroextrusion unit

Fig. 2. Points for measuring hardness in sections

Fig. 3. Twist extrusion plant: 1 – container, 2 – twist extrusion die, 3 – bush with shaping channel, 4 – backpressure punch, 5 – bedplate, 6 – stationary cross-piece of the press, 7 – flange, 8 – billet, 9 – dummy billet, 10 – punch, 11 – heater