

УСТАНОВКА ДЛЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ВОЛОЧЕНИЕМ В КРИОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

О.И.Волчок, Л.И.Дмитренко, В.А.Емлянинов, Н.А.Яес

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
г. Харьков, Украина*

Описана конструкция установки для волочения в жидком азоте, в которой предусмотрены: тензометрическая регистрация тягового усилия, раскладка провода на тянущий барабан, осуществление волочения с наложением продольных ультразвуковых ($f \sim 20$ кГц) механических колебаний. Приводятся сравнительные данные физико-механических свойств проволочных образцов некоторых материалов, свидетельствующие об эффективности низкотемпературных условий деформации.

Особенности структурных превращений в металлах и сплавах при низкотемпературном (криогенном) деформировании обусловлены формированием высокой плотности дефектов кристаллического строения [1]. Возникающая при этом концентрационная неоднородность полей внутренних напряжений может вызывать в некоторых материалах образование мартенсита, а избыточные точечные дефекты создают термодинамические предпосылки для интенсификации диффузионной кинетики выпадения фаз при последующих термообработках. В связи с этим целесообразность применения методов низкотемпературного деформирования определяется как развитием физики прочности и пластичности, так и обоснованием физических принципов создания материалов с заданным комплексом физико-механических свойств.

Известны устройства для деформирования материалов в криогенных условиях, включающие в себя и устройства для обработки материалов в сложно-напряженных состояниях. Отметим, что в случае создания при деформации сложно-напряженного состояния эффект формирования структуры с повышенной концентрацией искажений кристаллического строения проявляется в большей степени [2]. Одним из наиболее распространенных видов деформирования металлов и сплавов в сложно-напряженном состоянии является волочение. Это обусловлено тем, что деформация волочением является не только этапом механической обработки материала, но и технологической процедурой изготовления конкретного изделия (проволоки). Известные волочильные устройства могут осуществлять деформацию только при комнатной и высоких температурах. Низкотемпературные установки для волочения отсутствуют из-за конструктивных сложностей, связанных со спецификой применения охлажденных газов.

Ниже описана установка для осуществления волочения в криогенных условиях (непосредственно в жидком азоте, $T=77$ К), а в качестве примера ее работы и эффективности низкотемпературного деформирования приводятся сравнительные данные некоторых физико-механических свойств проволочных

образцов ванадия и ниобия, полученных при 300 и 77К.

Понижение температуры деформации приводит к подавлению термически активированных процессов и, как следствие, к резкому росту сопротивления пластическому деформированию. Поэтому в результате охлаждения волокна значения предела текучести протягиваемых материалов при входе в очаг деформации (σ_s) повышаются. Для обеспечения нормального хода процесса низкотемпературного волочения в соответствии с основным критерием волочения [3]:

$$\frac{K_b}{\sigma_s} > 1 > \frac{K_b}{\sigma'_s}; K_b < \sigma'_b$$

где K_b - напряжение волочения; σ'_s и σ'_b - пределы текучести и прочности металла при его выходе из очага деформации, место приложения тягового усилия должно находиться при температуре, не превышающей температурные условия очага деформации. Этот фактор является определяющим в разработке кинематической схемы устройства.

Общий вид установки для низкотемпературного волочения показан на рис.1

Эта установка является машиной однократного волочения и состоит из следующих основных узлов: станина с опорными штангами; привод тягово-намоточного механизма; ультразвуковая приставка с узлом крепления волокна; система измерения усилия; криокамера.

Исходная проволока (1) располагается в подающем барабане (2), свободно вращающемся на оси, закрепленной к опорной штанге (3). Привод тягово-намоточного механизма состоит из червячного редуктора (4), вращение которого осуществляется электродвигателем (5). Крутящий момент от редуктора привода передается к червячной паре (6, 7), шестерня (7) которой через шпоночное соединение жестко посажена на вал (8). Редуктор (4) соединен с червячным винтом (6), удлиненным передающим телескопическим валом (9). Привод тягово-намоточного механизма реверсивный. На валу (8) закреплен барабан (10), непосредственно обеспечивающий передачу усилия волочения. Конструкцией

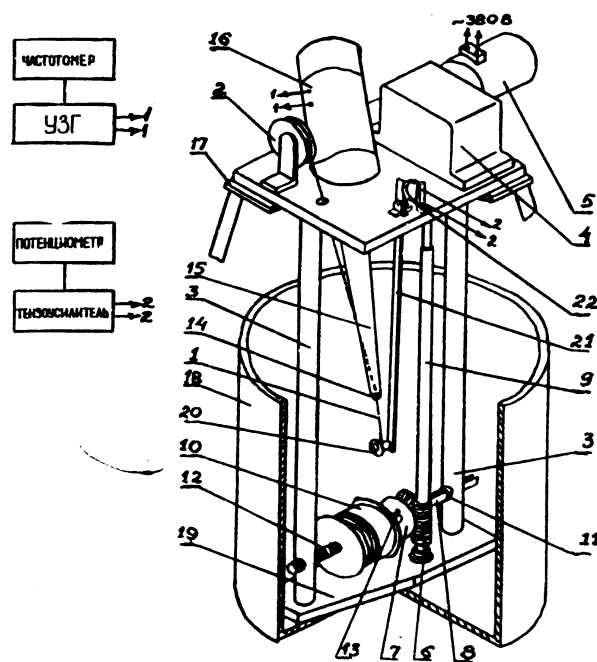


Рис. 1. Принципиальная схема установки для волочения в жидком азоте

установки предусмотрена бесперебойная, без набеганий раскладка протягиваемой проволоки по поверхности тянущего барабана (10). Это обеспечивается тем, что вал со сменным концевиком (12) вкручивается в опорную штангу (3), а противоположный конец вала скользит во фторопластовой втулке (11), расположенной в отверстии второй опорной штанги. Таким образом, червячная пара обеспечивает вращение вала с одновременным перемещением его по шпонке (13), что соответственно перемещает сам барабан. Для регулировки плотности витков в зависимости от диаметра протягиваемой проволоки концевик является сменным с резьбой различного шага.

С целью создания оптимальных условий волочения (уменьшение сил контактного трения в очаге деформации и, как следствие, снижение усилия волочения и увеличение степени деформации за проход) в устройстве предусмотрена возможность возбуждения в волоке продольных ультразвуковых колебаний. Волока (14) крепится при помощи резьбового соединения к концентратору (15) магнитострикционного преобразователя (16), расположенного на станине (17). Колебания в магнитострикционном преобразователе возбуждаются от задающего генератора типа УЗГ – 2 – 4. При такой схеме волочения концентратор имеет отверстие с выходом на боковую поверхность. Протягиваемая проволока через это отверстие поступает в волоку под небольшим углом (величина угла зависит от длины концентратора), по выходе из которой закрепляется на барабане. Амплитуда ультразвуковых колебаний фиксируется параметрами генератора, приведенными в соответствие со значениями амплитуд смещений конца концентратора, определяемых оптическим методом при комнатной температуре. Кроме того, для контроля

стабильности колебаний при 77 К и подстройки акустической системы применяется датчик в виде проволочного щупа и пьезоэлемента, предложенный в [4]. Тягово-намоточный механизм с барабаном и часть концентратора с очагом деформации помещают в криокамеру (18), которая заполняется жидким азотом, и волочение осуществляется непосредственно в охлаждающей жидкости. Криокамера представляет собой сосуд, изготовленный из пенополиуретана с обечайками из нержавеющей стали. Поскольку барабан изготавливается полым, а станина (17), штанги и траверса (19) выполнены из нержавеющей стали, то охлаждение системы при заливке жидкого азота, как и последующее отепление, обеспечивается быстро. Скорость волочения регулируется редуктором и электродвигателем. Усилие волочения контролируется посредством направляющего ролика (20), и механического динамометра (22) с тензодатчиками. Сигнал от тензодатчиков динамометра регистрируется потенциометром. Длинномерность изготавливаемой проволоки задается диаметром барабана тягово-намоточного механизма.

На рис. 2 и в таблице приведены данные распределения микротвердости H_u по диаметру проволоки из ванадия (чистота 99,98 %), полученной волочением в жидком азоте в ультразвуковом поле (степень деформации $\epsilon = \text{const} = 70\%$), а также данные механических испытаний на растяжение ($T = 300 \text{ K}$) и измерения удельного электросопротивления ($T = 77 \text{ K}$) проволоки из ниобия (чистота 99,9%), полученной волочением в жидком азоте и при 300К.

Из рис. 2 видно, что наложение при волочении продольных ультразвуковых колебаний (частота колебаний 19,4 кГц, амплитуда смещения конца концентратора 6 мкм) на волоку существенно

нивелирует неоднородность распределения H_{μ} по сечению проволоки. При этом имеет место снижение усилия волочения (до 20%) и уменьшение обрывности проволоки.

Значения удельного электрического сопротивления (ρ_{77}), пределов текучести ($\sigma_{0,2}$), прочности (σ_b) и относительного упрочнения ($\Delta\sigma_{0,2}$) ниобия после волочения в различных температурных условиях

Вид обработки	$\rho_{77} \cdot 10^7$, мкОм*см	$\sigma_{0,2}$, кг/мм ²	σ_b , кг/мм ²	$\Delta\sigma_{0,2}$ %
Исходное состояние	3,4490	56	61	0
Волочение при 300 К	3,5367	82	98	46
Волочение при 77 К	3,9288	96	110	71

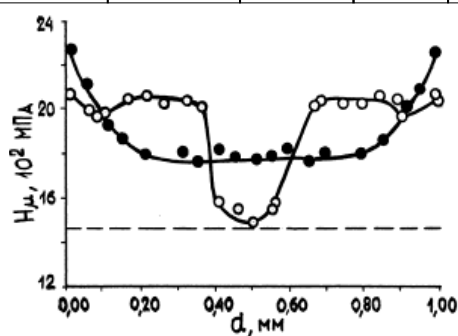


Рис.2. Зависимость микротвёрдости H_{μ} по диаметру ванадиевой проволоки после волочения при 77 К (○) и после волочения при 77 К в ультразвуковом поле (●); исходное состояние (---)

Из таблицы следует, что после волочения в жидком азоте значения ρ_{77} выше, чем после волочения при 300 К. Это свидетельствует о формировании при низких температурах структуры с большей степенью искажений кристаллического строения, что и определяет большую эффективность деформационного упрочнения ниобия.

Описанная установка является компактной, удобной в работе и может быть также использована для изучения акустопластического течения кристаллических материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.А.Гиндин, Я.Д.Стародубов, В.К.Аксенов // *Металлофизика*. 1980, №2.
2. И.А.Гиндин, С.Ф.Кравченко, Я.Д.Стародубов. // *Заводская лаборатория*. 1970. №4. с. 473-480.
3. И.А.Юхвец. Волочильное производство. М.: «Металлургия». 1965. 374 с.
4. А.В.Кулемин. *Ультразвук и диффузия в металлах*. М.: «Металлургия». 1978.

УСТАНОВКА ДЛЯ ДЕФОРМУВАННЯ ВОЛОЧІННЯМ У КРИОГЕННИХ УМОВАХ

О.І.Волчок, Л.І.Дмитренко, В.А. Ємлянінов, Н.А.Яєс

Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»

Описано конструкцію установки для волочіння у рідкому азоті, в якій передбачені: тензометрична реєстрація тягового зусилля, розкладка проводу на тяговому барабані, здійснення волочіння з накладанням поздовжніх ультразвукових ($f \sim 20$ кГц) механічних коливань. Наведені порівняльні дані фізико-механічних властивостей дротяних зразків деяких матеріалів, що свідчить про ефективність низькотемпературних умов деформування.

ASSEMBLY FOR THE DEFORMATION BY DRAWING IN CRYOGENIC CONDITIONS.

O.I.Volchok, L.I.Dmitrenko, V.A.Emlyaninov, N.A.Yaes

National science center «Kharkov Institute of Physics and Technology»

Design of the assembly for the drawing in liquid nitrogen is described. Such a design ensures the tensor recording of drawing force, the wire arrangement on the drawing force drum, the drawing realization with the linear ultrasonic ($f \sim 20$ kHz) mechanical vibrations superposition. The comparative data of some material samples physical-mechanical properties are presented. The presented data demonstrate the low temperature deformation efficiency.