

ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА TiNi ПРОВОЛОКИ

Царенко Ю.В.¹, Платов С.И.²

¹ *Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь*

² *Магнитогорский государственный технический университет, Магнитогорск,
Россия*

ita@vitebsk.by

Термическую обработку сплавов TiNi обычно проводят при температуре 550...600°C в течение нескольких десятков минут на воздухе [1]. При волочении TiNi проволоки после каждого прохода необходимо осуществлять отжиг, при этом поверхность проволоки значительно окисляется, что требует проведения дополнительных операций по подготовке поверхности проволоки перед волочением. Для ряда металлов и сплавов (меди, алюминия, никеля, нержавеющей сталей) процесс термической обработки успешно осуществляют с использованием скоростного электроконтактного нагрева [2], что позволяет соединить процесс волочения и термообработки в единый технологический цикл.

В работе исследовано влияние скоростной электротермической обработки на процесс волочения и свойства проволоки на основе никелида титана, обладающей эффектом памяти формы (ЭПФ).

Особенность термической обработки материала, обладающего эффектом памяти формы, заключается в полной или частичной восстанавливаемости формы обработанного полуфабриката в процессе отжига, что увеличивает количество операций в технологическом процессе. Так как производство изделий, обладающих ЭПФ, в современной промышленности связано с множеством промежуточных операций, представляет интерес оптимизации их в процессе производства. Для этого необходимо подавить эффект восстановления формы полностью или, хотя бы уменьшить его на этих этапах максимально. В готовом же изделии способность восстанавливать форму можно инициировать за счет выбора режимов термообработки.

Характерной особенностью при волочении никелида титана, является восстановление геометрических размеров протянутой проволоки после проведения промежуточных отжигов для снятия напряжений. Это проявляется в уменьшении длины проволоки и увеличении ее диаметра. Такое изменение зависит от степени деформации проволоки в процессе пластической деформации [1].

Анализ результатов по холодному волочению проволоки из никелида титана (рис.1-а) позволяет сделать вывод, что при степени деформации порядка 7% наблюдается стопроцентный возврат исходной формы после отжига. При степенях деформации выше 23% эффект памяти формы у деформированного материала полностью подавляется.

На рис.1-б представлены механические свойства проволоки сплава TiNi после электроконтактного отжига на воздухе при скорости нагрева 50 град/с. Пластическую деформацию образцов осуществляли волочением со степенью обжатия 20%. Установлено, что наиболее интенсивно разупрочнение проволоки TiNi начинается при температуре 550°C, при этом происходит резкое уменьшение σ_b и $\sigma_{0,2}$, а относительное удлинение возрастает с 4% до 22%. По сравнению с печным отжигом предел прочности σ_b и предел текучести $\sigma_{0,2}$ имеют более высокие значения. Относительное удлинение δ после отжига в печи имеет значение 18%, а после электротермической обработки составляет 22%.

С увеличением степени суммарного обжатия проволоки до 30% характер зависимости механических свойств от температуры отжига не изменяется, однако при этом наблюдается смещение температуры рекристаллизации в области более низких значений, о чём свидетельствует повышение уровня пластических свойств проволоки TiNi при более низких температурах отжига [3].

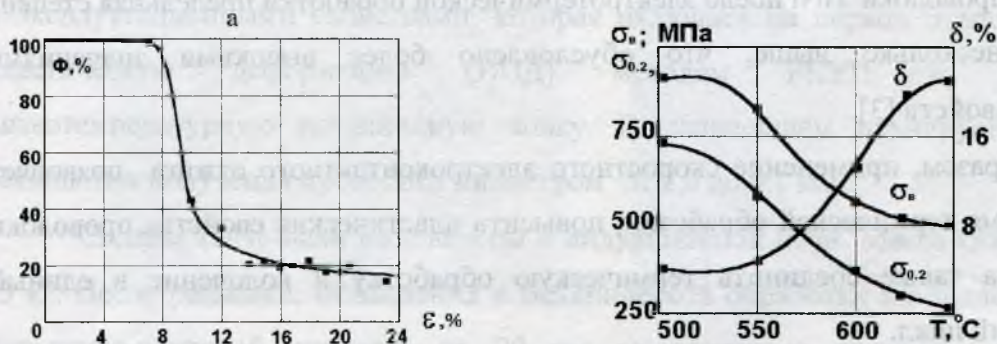


Рисунок 1. Зависимость степени восстановления формы от единичных обжатий после волочения (а) и механических свойств (б) TiNi проволоки от максимальной температуры скоростного отжига

Необходимо отметить, что скорость нагрева не оказывает существенного влияния на механические свойства проволоки TiNi, так увеличение скорости нагрева с 50 град/с до 300 град/с приводит только к увеличению предела прочности на 50...60 МПа, а относительное удлинение при этом остается практически на прежнем уровне.

После термической обработки с использованием электроконтактного нагрева и обычной технологии в печи проводили последующее волочение проволоки TiNi с

единичным обжатием 20% (рис.2). Скорость волочения составляла - 0,3 м/с, смазкой служило машинное масло с добавлением 2% дисульфида молибдена, база нагрева проволоки составляла 0,4 м.

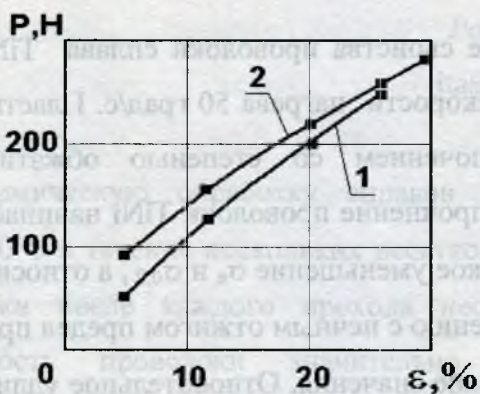


Рисунок 2. Зависимость усилия волочения TiNi проволоки от единичных обжатий после: 1 - термообработки в печи; 2 - электротермической обработки

Из графиков видно, что усилие волочения проволоки Ti-Ni после скоростного отжига имеет несколько большие значения, чем после термообработки в печи. Это особенно заметно при малых степенях деформации и связано с более высокими прочностными свойствами образцов после термообработки с использованием электроконтактного нагрева. Однако предельная степень деформации отожженной в печи проволоки достигает 25% и дальнейшее ее увеличение приводит к постоянным обрывам. Для проволоки TiNi после электротермической обработки предельная степень деформации несколько выше, что обусловлено более высокими значениями пластических свойств [3].

Таким образом, применение скоростного электроконтактного отжига позволяет сократить время термической обработки, повысить пластические свойства проволоки из нитинола, а также соединить термическую обработку и волочение в единый технологический цикл.

1. Лихачев В.А., Кузьмин С.Л., Каменцева З.П. Эффект памяти формы. Изд-во Ленингр. ун-та., Ленинград 1987. -238 с.
2. Бодяко М.Н., Астапчик С.А., Ярошевич Г.Б. Термокинетика рекристаллизации. Минск: Наука и техника, 1968, 252с.
3. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В., Рубаник В.В. мл. Технологии, материалы, инструменты. Т.5, № 4, 2000, С.80-84.