

Заключение. Оптимальные параметры обработки должны обеспечивать максимальную стойкость инструмента и наибольшую производительность. Руководствуясь данными исследований, были сформулированы следующие выводы:

1. Оптимальные режимы обработки фрезой 6N TF90-11125-40R-09 составляют $V = 140$ м/мин, $f_z = 0,11$ мм/зуб, $S = 450$ мм/мин.

2. Использование фрезы 6N TF90-11125-40R-09 позволило увеличить подачу, что значительно повлияло на производительность процесса фрезерования. Машинное время обработки партии деталей (1000 штук) было увеличено в 5,4 раза.

3. Стойкость фрезы 6N TF90-11125-40R-09 превышает стойкость фрезы торцевой 2214-0417 по базовому варианту в 7,5 раз.

Внедрение прогрессивного инструмента позволяет в разы увеличить производительность обработки и подтверждает актуальность проведенных исследований по оптимизации технологических процессов.

Рассмотренная технология обработки кулачка токарного патрона является типовой. Данные результаты исследования могут быть использованы в области обработки металлов резанием для фрезерования плоских и ступенчатых деталей машин.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фрезы торцевые с механическим креплением многогранных пластин. Типы и основные размеры: ГОСТ 26595-85. – М.: Изд-во «Стандарт-информ», 2010.

2. Фрезерование. Фрезы и комплектующие к ним. Руководство по использованию: Каталог. – «TaeguTec». 2013. – 214 с.

3. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия: ГОСТ 8479-70. – М.: Изд-во «стандарт», 1986.

4. Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов: справочник. – Изд. 3-е, переработанное и дополненное. – М.: Машиностроение, 1972.

УДК 621.73

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЛОЧЕНИЯ ПРОВОЛОКИ НИКЕЛИДА ТИТАНА С НАНЕСЕННЫМ БАРЬЕРНЫМ СЛОЕМ НИТРИДА ТИТАНА

Рубаник В.В.^{1,2}, Багрец Д.А.², Новигов В.Ю.¹

1) Витебский государственный технологический университет
Витебск, Республика Беларусь

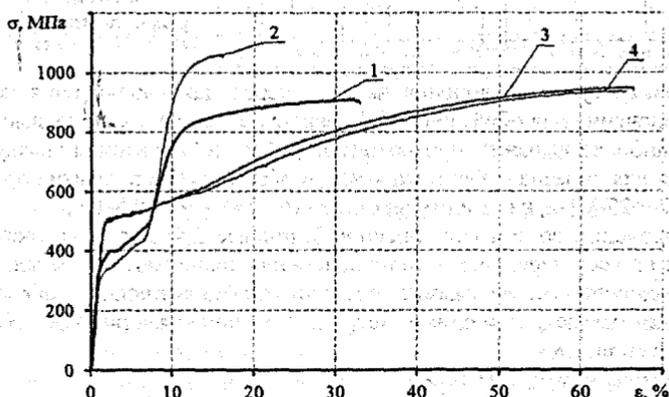
2) Институт технической акустики НАН Беларуси
Витебск, Республика Беларусь

Сегодня сплавы на основе никелида титана (TiNi) являются перспективными материалами медицинского назначения. Основной помехой для массового внедрения никелида титана в медицину является выход из материала на поверхность ионов никеля (Ni), которые оказывают токсическое воздействие на живые ткани [1-3]. Уменьшить диффузию ионов металла в окружающую среду можно за счет нанесения барьерного слоя на поверхность сплава никелида титана методом ионно-плазменного осаждения [4]. Наиболее изученными являются пленки нитрида титана (TiN), традиционно используемые в качестве защитно-декоративных, упрочняющих и износостойких покрытий.

Целью работы являлось исследование процесса волочения проволоки никелида титана с нанесенным методом ионно-плазменного осаждения тонким барьерным слоем нитрида титана.

В качестве образцов использовали проволоку TiNi эквиатомного состава диаметром 0,6 мм. Покрытия из нитрида титана наносили методом ионно-плазменного осаждения на установке «Булат-6», оснащенной сепаратором плазменного потока, при условии вращающегося подложкодержателя. Перед загрузкой в вакуумную камеру образцы подвергали ультразвуковой очистке в среде Нефрас С2-80/120. Нанесение TiN покрытий осуществляли при токе дуги 110 А, напряжении смещения на подложке 100 В, давлении азота 0,3 Па. Время напыления составляло 15 минут, что обеспечивало толщину пленки $0,8 \pm 1$ мкм. По окончании процесса образцы охлаждали в вакуумной камере до 100°C .

В результате ионно-плазменного осаждения покрытия из TiN на поверхность никелида титана происходит изменение свойств основы, выражающееся в уменьшении величины фазового предела текучести с 400 МПа до 350 МПа (рисунок 1). При этом предел прочности образца с покрытием (рисунок 1, кривая 1) выше по сравнению с TiNi проволокой в условиях поставки (рисунок 1, кривая 1).



1 — в условиях поставки; 2 — с TiN покрытием; 3 — после рекристаллизационного отжига; 4 — с TiN покрытием после рекристаллизационного отжига

Рисунок 1 — Диаграммы растяжения TiNi проволоки

В работе [5] было показано, что процесс осаждения TiN покрытий приводит к существенным изменениям кинетики мартенситных превращений в никелиде титана, т.е. после напыления TiNi сплав имеет отличные от состояния поставки характеристические температуры, фазовый состав и, как следствие, физико-механические свойства (рисунок 2, кривые 1,2). Поэтому TiNi проволоку в условиях поставки и после осаждения TiN покрытия подвергли рекристаллизационному отжигу при 700°C в течение 20 мин с закалкой на воздухе. Для исключения окисления поверхности образцов нагрев, выдержку и охлаждение осуществляли в среде аргона.

В результате были получены образцы, имеющие одинаковое фазовое состояние (рисунок 2, кривые 3,4) и механические характеристики (рисунок 1, кривые 3,4), для которых проводились измерения усилий волочения по маршрутам: 0,6 → 0,57 → 0,52 с единичными обжатиями 9,7% на первом переходе и 16,7% на втором; 0,6 → 0,52 с обжатием 25%. Скорость волочения составляла 20 мм/мин, в качестве смазки использовали масло М-8.

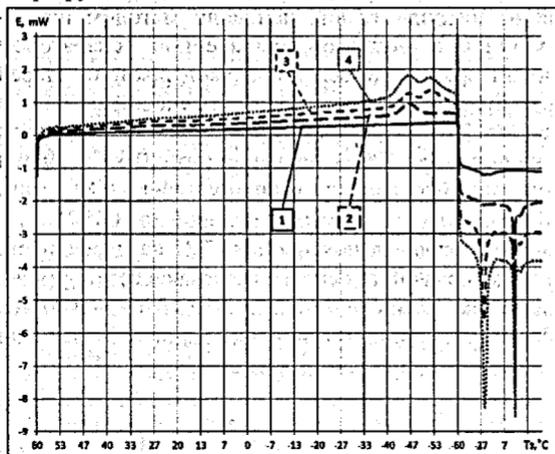


Рисунок 2 – Калориметрические зависимости:

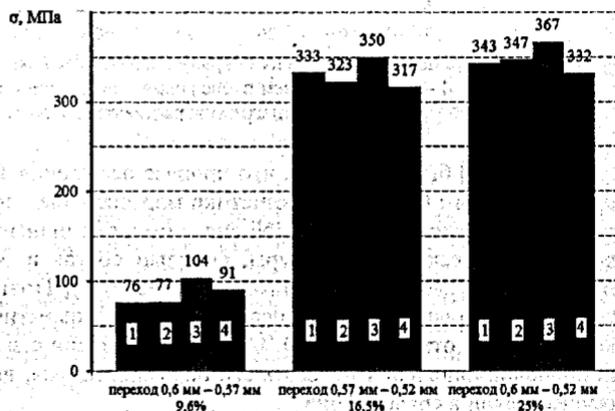
- 1 – в условиях поставки; 2 – с TiN покрытием;
- 3 – после рекристаллизационного отжига;
- 4 – с TiN покрытием после рекристаллизационного отжига

В условиях сухого волочения на всех переходах наблюдается повышение усилия волочения для образцов с TiN покрытием (рисунок 3) кривые 1,3). Этот эффект наиболее выражен при обжатиях 9,7 и 25 %. Разница между усилием волочения для образца с TiN покрытием и образцом без покрытия при этом составляет 24÷27 МПа, на втором переходе (16,7 %) – 16÷18 МПа.

При волочении со смазкой (рисунок 3, кривые 2,4) для TiNi проволоки без покрытия на всех переходах усилия волочения совпадают (в пределах погрешности измерения) со значениями, полученными без смазки. Для образцов с TiN покрытиями наблюдается снижение усилий волочения, при этом для больших обжатий усилия волочения ниже, чем у образцов без покрытия.

- 1 – TiNi, без смазки;
- 2 – TiNi, со смазкой;
- 3 – TiNi+TiN, без смазки;
- 4 – TiNi+TiN, со смазкой

Рисунок 3 – Диаграмма напряжений волочения TiNi проволоки для различных переходов



Вывод. Таким образом, исследование процесса волочения TiNi проволоки после отжига и с осажденным TiN покрытием показало, что без смазки на всех переходах усиления волочения меньше у образцов без покрытия. Присутствие смазки существенно снижает усилие волочения для образцов с покрытием, достигая наибольшего эффекта при максимальном обжатии – 25%.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ryhanen J. // *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*. – 2000. – Vol. 9. – P. 99-107.
2. Гюнтер, В.Э. // *Российский вестник дентальной имплантологии* / В.Э. Гюнтер, М.З. Миргазизов. – 2004. – № 1. – С. 52-56.
3. Лотков, А.И. // *ФММ* / А.И. Лотков, Л.Л. Мейснер, В.Н. Гришков. – 2005. – Т. 99, № 5. – С. 66-78.
4. Yongqing Fu, Hejun Du, Sam Zhang // *Surface and Coatings Technology*. – 2003. – Vol. 167. – P. 129-136.
5. Клубович, В.В. // *Материалы, технологии, инструменты* / В.В. Рубаник, В.В. Рубаник мл., Д.А. Багрец, С.Н. Милюкина, В.Г. Дородейко. – 2013. – Т. 18, № 2. – С. 47-51.

УДК620.179.1.05

КОНТРОЛЬ ПРОТЯЖЕННЫХ TiNi ИЗДЕЛИЙ ИЗ СПЛАВА С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Лесота А.В.

Институт технической акустики НАН Беларуси,

Витебск, Республика Беларусь;

Витебский государственный технологический университет,

Витебск, Беларусь

В настоящее время широкое практическое применение в различных отраслях науки и техники находят сплавы с термоупругими фазовыми превращениями, в том числе на основе титана и никеля. В связи с этим представляется актуальным разработка методов и устройств контроля однородности физико-механических свойств протяженных, например проволочных, TiNi изделий.

В основу разработанного метода контроля положены результаты экспериментальных исследований по наведению термокинетической ЭДС в сплавах TiNi при обратном фазовом превращении [1,2]. Одной из причин возникновения термокинетической ЭДС является протекание фазовых превращений, которые в сплавах с эффектом памяти формы, например никелиде титана, могут осуществляться при невысоких температурах [2].

Исследования проводили на проволочных образцах Ti-49,77at.% Ni, диаметром 0,25 мм, предварительно отожженных при температуре 700°C в течение двадцати минут и закаленных в воде. Характеристические температуры мартенситных переходов, определенные по температурным зависимостям теплового потока методом дифференциальной сканирующей калориметрии на DSC822° (METTLER TOLEDO), составили: $M_n = -21^\circ\text{C}$, $M_k = -30^\circ\text{C}$, $A_n = -9^\circ\text{C}$, $A_k = -1^\circ\text{C}$.