

## РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СПЛАВОВ С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ НА РУБЕЖЕ 20-21 ВЕКА В РОССИИ

**Андреев В.А.<sup>1,2</sup>, Юсупов В.С.<sup>1</sup>, Перкас М.М.<sup>1</sup>, Карелин Р.Д.<sup>1,3</sup>, Лайшева Н.В.<sup>1</sup>,  
Бондарева С.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Институт металлургии и материаловедения РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>ООО Промышленный центр «МАТЭК-СПФ», Москва, Россия

<sup>3</sup>Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Москва, Россия  
[andreev.icmateks@gmail.com](mailto:andreev.icmateks@gmail.com)

Развитие технологий получения перспективных конструкционных и функциональных материалов с заданными физическими, механическими и служебными свойствами является приоритетным направлением для современной науки.

Сплавы с памятью формы на основе никелида титана обладают уникальными физико-механическими и функциональными свойствами и широко применяются в различных областях промышленности и медицины. Повышение эксплуатационных характеристик полуфабрикатов из данных сплавов в основном достигается с помощью разработки технологий получения мелкозернистой и ультрамелкозернистой структуры.

В данной работе рассматриваются комбинированные технологии производства прутков и проволоки диаметром 0,025–90 мм с использованием поперечно-винтовой прокатки (ПВП), равноканального углового прессования (РКУП), ковки на ротационно-ковочных машинах (РКМ) и волочения.

Одним из этапов получения полуфабрикатов и изделий из сплавов с памятью формы на основе никелида титана различных составов является поперечно-винтовая прокатка (ПВП). Исходной для такой прокатки является литая цилиндрическая заготовка 110 мм.

Перед прокаткой слиток подвергается ряду операций:

1. Обрезка литниковой части производится по месту слияния конусной части слитка (литника) и цилиндрической части слитка (рабочее тело слитка, рис.1).

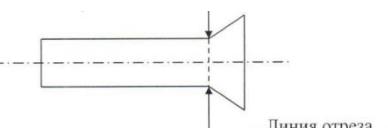


Рисунок 1 - Обрезка литниковой части

2. Обточка слитка производится до чистой поверхности. Допускается пологая зачистка поверхностных дефектов глубиной не более 8 мм, при этом отношение ширины к глубине должно быть не менее 10:1. Общее количество пологих зачисток не должно превышать 5 шт. на одном слитке.

Прокатка литых заготовок диаметром 90-100 мм (после обточки поверхности) производится на станах ПВП 50 – 120 (рис. 2) и ПВП 10 – 30 (рис. 3).



Рисунок 2 - Стан ПВП 50–120

Рисунок 3 - Стан ПВП 10–30

Прокатка заготовки ведётся с промежуточными подогревами при температуре 850-1000°C и деформациями за проход 5–20%.

Далее возможны различные варианты технологических маршрутов в зависимости от назначения изделия получаемого из полуфабриката. Может применяться традиционная «горячая» технология – прокатка до диаметра 10–20 мм, далее ротационная ковка до диаметров 2–16 мм на РКМ 2129 и РКМ 2123 (рис. 4 и 5) и



Рисунок 4 - РКМ 2129

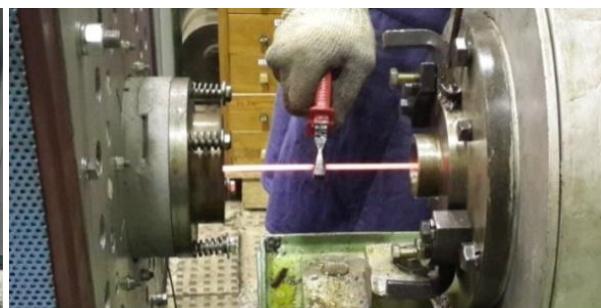


Рисунок 5 - РКМ 2123

волочение до диаметров 0,020–2,0 мм на волочильных станах 199СС (рис. 6) и 119СС (рис. 7).



Рисунок 6 - Волочильный стан 199СС



Рисунок 7 - Волочильный стан 119СС

С целью повышения функциональных и механических свойств полуфабрикатов различных размеров применяется интенсивная пластическая деформация при пониженных температурах в т.ч. РКУП (рис. 8) прутка диаметром 20 мм при температуре 350–450°C.



Рисунок 8 - Установка РКУП

Разработаны температурно-деформационные режимы «тёплой» ротационной ковки в диапазоне температур 350-500°C (в зависимости от химического состава сплава). «Тёплая» ротационная ковка используется на диаметрах 2-20 мм после ПВП или РКУП.

Разработаны и применяются температурно-деформационные режимы «тёплого» волочения.

Включение в технологию производства полуфабрикатов из сплавов с памятью формы на основе никелида титана методов «теплой» пластической деформации в различных сочетаниях обеспечивает повышенные физико-механические и функциональные свойства изделий.

На основе проведенных исследований были разработаны и выпущены технические условия ТУоп 18.4270-04-16980791-2017. «Проволока и прутки из сплавов с памятью формы марки ТН-1 с повышенными функциональными свойствами».

*Работа выполнена по государственному заданию №075-00746-19-00*

#### Литература

1. Сплавы с памятью формы: свойства, получение и применение в технике и медицине// Муслов С.А., Шеляков А.В., Андреев В.А. // Москва, 2018, Мозартика. - 254 с.
2. Черняева Е.В., Андреев В.А., Вьюненко Ю.Н.// Радиальное распределение физических свойств в прутках из никелида титана после теплой ковки// Приложение к журналу. ISSN 1810-0198. Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. – 2018. -Том 23, № 122. - С. 310-312.
3. Sergey Prokoshkin, Irina Khmelevskaya, Vladimir Andreev, Roman Kareljin, Victor Komarov and Alibek Kazakbiev// Manufacturing of Long-Length Rods of Ultrafine-Grained Ti-Ni Shape Memory Alloys // Materials Science Forum// 1/ Vol. 918, pp 71-76/ © 2018 Trans Tech Publications, Switzerland/Online: 2018-03-20.
4. V. A. Andreev, V. S. Yusupov, M. M. Perkas, V. V. Prosvirnin, A. E. Shelest, S. D. Prokoshkin, I. Yu. Khmelevskaya, A. V. Korotitskii, S. A. Bondareva and R. D. Kareljin// Mechanical and Functional Properties of Commercial Alloy TN-1 Semiproducts Fabricated by Warm Rotary Forging and ECAP//, Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2017, No. 10, pp. 890–894.