

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВАКУУМНО-ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКИ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СЛИТКОВ ИЗ СПЛАВОВ С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ НА ОСНОВЕ
НИКЕЛИДА ТИТАНА ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПОПЕРЕЧНОВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ**

В.А.Андреев,^{1,2} В.С.Юсупов,² М.М.Перкас.,² С.А.Бондарева³

¹ «Промышленный центр «МАТЭК-СПФ», Москва, andreev.icmateks@gmail.com

² ИМЕТ РАН, Москва, vl-yusupov@mail.ru

³ Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

С целью оптимизации технологии вакуумно-индукционной плавки и обеспечения требуемого качества продукции предприятия «Промышленный центр (ПЦ) МАТЭК-СПФ» исследован процесс получения цилиндрических слитков из сплавов с памятью формы на основе никелида титана для последующей пластической деформации на станах поперечно-винтовой прокатки (ПВП). На основании проведённых исследований изменён технологический режим выплавки в вакуумно-индукционных печах УППФ-3М российского производства. Показано, что предлагаемая технология позволяет получать заготовки требуемого качества.

Одним из этапов получения полуфабрикатов и изделий из сплавов с памятью формы на основе никелида титана различных составов [1] является ПВП. Исходной для такой прокатки является литая цилиндрическая заготовка 90-120 мм.

Изготовление цилиндрических слитков сплавов на основе никелида титана - одна из наиболее ответственных операций в технологическом цикле производства полуфабрикатов, во многом определяющая функциональные и другие свойства готовых изделий (рис.1).

Сложность процесса изготовления слитков обусловлена следующими факторами:

1. Необходимость получения слитка с допуском по химическому составу никеля не более $\pm 0,1$ % (изменение содержания никеля на 0,1% в интервале от 54,8 до 56,0 % влияет на изменение температуры конца аустенитного превращения A_k в диапазоне 10°C).
2. Необходимость однородности химического состава по сечению слитка (наличие неоднородности может привести к колебанию функциональных свойств в объёме различных партий полуфабрикатов, полученных из одной плавки).
3. Высокая химическая активность титана требует проведения плавки сплавов на основе никелида титана в вакууме или защитной атмосфере.
4. Необходимость изолировать расплав от взаимодействия с материалом тигля либо максимально снизить взаимодействие между ними из за высоких требований к наличию примесей в химическом составе.
5. Обеспечение достаточно высокой скорости кристаллизации для снижения ликвационных процессов, чтобы обеспечить возможность формирования «здорового» тела однородного слитка [2].

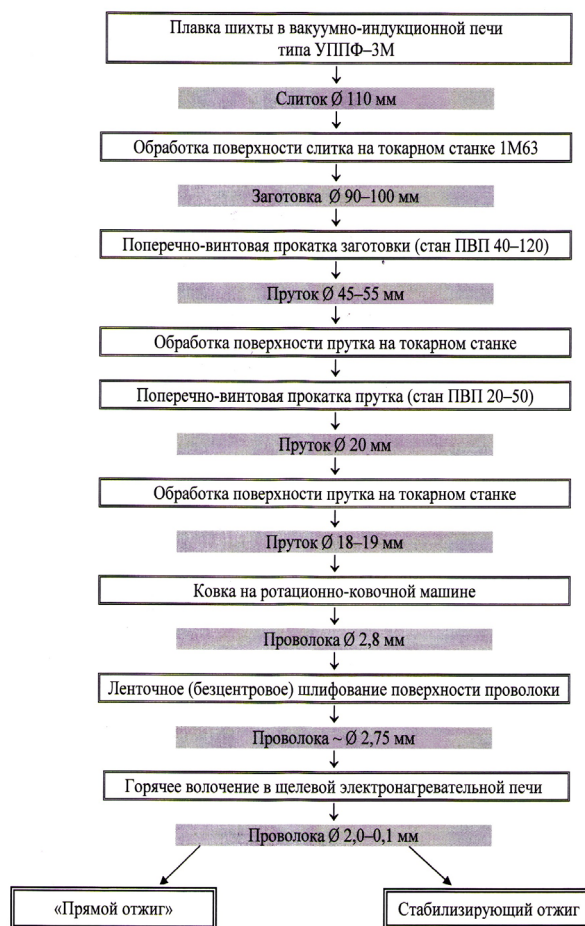


Рисунок 1- Технологическая схема производства полуфабрикатов из сплавов никелида титана Промышленного центра МАТЭК-СПФ [3].

На основании исследования слитков первых опытных 10 плавов были разработаны технические рекомендации по:

- обрезке литниковой части;
- способам обнаружения и удаления раковин и подобных дефектов;
- обточке слитков и отбору проб на химический анализ.

На основе этого в дальнейшем были составлены ТИ (технологические инструкции).

Признано целесообразным изменить оснастку. В частности использовать чугунные изложницы с разъёмным утеплителем и заливную чашу специальной конструкции. Положительный опыт использования такой оснастки привел к дальнейшему развитию этого направления - было принято решение использовать разъёмные графитовые изложницы.

Для оптимизации процесса заливки были разработаны чаши-питатели с различным диаметром отверстия для того, чтобы жидкий металл заполнял изложницу через питатель, по типу сифонной разливки стали. Такой способ предотвращал размыкку стенок графитовой изложницы и попадания углерода в расплав [3].

В технологию выплавки были добавлены несколько этапов. В частности, этап прогрева шихты при средней мощности, чтобы избежать скачкообразных неуправляемых процессов при начале экзотермической реакции и расплавления. Также была снижена максимальная температура расплава и температура расплава перед сливом для меньшего взаимодействия расплава с материалом тигля и оснастки.

Увеличили время выдержки слитка в изложнице при вакууме для оптимизации формирования тела слитка в более массивной чугунной изложнице.

Эти и другие мероприятия позволили довести массу плавки до 30 кг и получение рабочего тела слитка до 25-26 кг.

Исследования химической неоднородности слитков, полученных по рекомендованному технологическому режиму, выполнялись на рентгеновском микроанализаторе JXA-860-2. Образцы вырезались из разных участков слитка. Поверхность этих проб очищалась на ультразвуковой установке УЗДН-2Т в ацетоне. Использование программы количественного анализа состава ZAF-FLS позволило установить содержание металлических компонентов сплава при пороге обнаружения 0,2% по массе, с точностью 5%. Данные рентгеноспектрального анализа образцов, вырезанных из слитков и химического анализа газообразных примесей показали, что после внедрения результатов исследований качество продукции предприятия «Промышленный центр МАТЭК-СПФ» находится на уровне мировых, в частности американских, стандартов [4].

Внедрение результатов проведенных исследований позволил:

1. Почти на 10% увеличить массу литой заготовки.
2. Снизить количество переплавов до одного.
3. Обеспечить качество продукции предприятия «Промышленный центр МАТЭК-СПФ» соответствующее уровню мировых, в частности американских, стандартов.

Работа выполнена по государственному заданию №007-00129-18-00

Литература

1. Ооцука, К. Сплавы с эффектом памяти формы / К.Ооцука, К.Симидзу, Ю. Судзуки - Пер. с японск. М.: Металлургия, 1990.- 260 с.
2. Андреев В.А., Бондарев А.Б. // Науч. тр. XXXVIII Междунар. семинара «Актуальные проблемы прочности» им. В.А. Лихачева. Санкт-Петербург, 24-27 сентября 2001 г. С. 21-22. «Производственно-технологический цикл по изготовлению полуфабрикатов из никелида титана и некоторые аспекты их применения в медицине».
3. Андреев В.А., Хусаинов М.А., Бондарев А.Б. Технологические особенности получения проволоки из сплавов TiNi с эффектом памяти формы // Производство проката. 2008. №9. С.37-42.
4. Yu. Khmelevskaya, R. D. Karelin, S. D. Prokoshkin, V. A. Andreev, V. S. Yusupov, M. M. Perkash, V. V. Prosvirnin, A. N. Shelest, and V. S. Komarov / Effect of the Quasi-Continuous Equal-Channel Angular Pressing on the Structure and Functional Properties of Ti-Ni-Based Shape-Memory Alloys // Physics of Metals and Metallography, 2017, Vol. 118, No. 3, pp. 279-287.