

УДК 621.771.014

Исследование режимов прокатки тончайшей ленты из никелида титана с использованием компьютерного измерительного комплекса

Коняшкин Игорь Анатольевич¹

gajik@mail.ru

Белелюбский Борис Феликсович^{1(*)}

nis_mgvmi@mail.ru

SPIN-код: 2007-1003

Морозов Юрий Анатольевич²

morozov_yu@bmstu.ru

SPIN-код: 3189-5426

Татарников Николай Николаевич³

tatarnikovn.n@yandex.ru

SPIN-код: 1542-9325

¹ Московский политехнический университет, Москва, Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия³ Московский политехнический университет (филиал), Рязань, Россия

Аннотация. Исследованы режимы прокатки малоизученного аморфного сплава никелида титана (нитинол) и проанализировано его деформационное поведение с точки зрения сохранения целостности ленты. С этой целью разработана методика измерения энергосиловых и других параметров прокатки тончайшей ленты с применением цифровых технологий. Определены ключевые компоненты и схема подключения в составе компьютерного измерительного комплекса. Соответственно результатам исследования получены закономерности изменения энергосиловых параметров прокатки от влияющих факторов.

Ключевые слова: аморфный сплав, прокатка тончайшей ленты, 20-валковый стан, компьютерный измерительный комплекс, аналого-цифровой преобразователь

Study of rolling modes of the thinnest tape made of titanium nickelide using a computer measuring complex

Konyashkin Igor' Anatol'yevich¹

gajik@mail.ru

Belelyubskiy Boris Feliksovich^{1(*)}

nis_mgvmi@mail.ru

SPIN-code: 2007-1003

Morozov Yuriy Anatol'yevich²

morozov_yu@bmstu.ru

SPIN-code: 3189-5426

Tatarnikov Nikolay Nikolayevich³

tatarnikovn.n@yandex.ru

SPIN-code: 1542-9325

¹ Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia² BMSTU, Moscow, Russia³ Moscow Polytechnic University (branch), Ryazan, Russia

Abstract. The rolling modes of the poorly studied amorphous titanium nickelide alloy (nitinol) are investigated and its deformation behavior is analyzed from the point of view of

maintaining the integrity of the tape. For this purpose, a method for measuring the energy-power and other parameters of rolling the thinnest tape using digital technologies is developed. The key components and connection diagram as part of the computer measuring complex are determined. According to the results of the study, patterns of change in the energy-power parameters of rolling from influencing factors are obtained.

Keywords: amorphous alloy, thinnest strip rolling, 20-roll mill, computer measuring complex, analog-to-digital converter

Введение. Никелид титана NiTi (нитинол) является интерметаллидным соединением, отличительными свойствами которого является эффект памяти формы и сверхупругость, делающие данный материал наиболее востребованным в биомедицине (импланты, кардиостенты и пр.), стоматологии (брекеты), а также в качестве датчиков исполнительных механизмов, чувствительных к деформациям или нагреву (тепловому или электрическому).

Однако уникальность свойств в сочетании с весьма ограниченным конструкционным применением, делают данный материал малоизученным, что затрудняет разработку технологических процессов производства наиболее востребованной продукции — тончайших холоднокатаных лент (фольга), определяя необходимость проведения соответствующих экспериментальных исследований [1]. Достаточно отметить отсутствие даже в современных научных источниках информации по прокатке тончайших лент из никелида титана, при том, что в России такие ленты никто не прокатывает.

Материалы и методы. Исследования проводились на реверсивном 20-валковом прокатном стане 12/160 «клещевого» типа, что обусловлено раскрытием рабочей клетки на две половины, представляющих монолитный стальной корпус с вмонтированными в него опорными промежуточными рабочими валками [2]. Соединение двух половин производится стяжными болтами с усилием затяжки, соответствующим нагружению клетки при прокатке.

Стан предназначен для прокатки тончайших лент из тугоплавких металлов, толщиной 8–12 мкм из подката 150 мкм при постоянной скорости до 8 м/мин на стальных валках диаметром 12 мм и шириной бочки 160 мм (рис. 1).

Успешная прокатка обязательно требует натяжения ленты, компенсирующей непараллельность рабочих валков, разнотолщинность ленты по ширине и неравномерностью отжига материала [3, 4].

Закрепление прокатываемой ленты на моталках натяжных устройств осуществляется вспомогательной стальной лентой («ремень»), соединенной с основным металлом с помощью специального зажима-клипсы на барабане моталки.

В рамках исследования были предложены способы измерения усилия и момента прокатки с помощью тензорезисторных датчиков, установленных под гайки на стяжных болтах прокатной клетки и сопряженных с персональным компьютером с использованием специализированного программного обеспечения. Контролирование силы натяжения ленты реализовывалось посредством силоизмерительных датчиков в опорах натяжных роликов (рис. 2) [5].

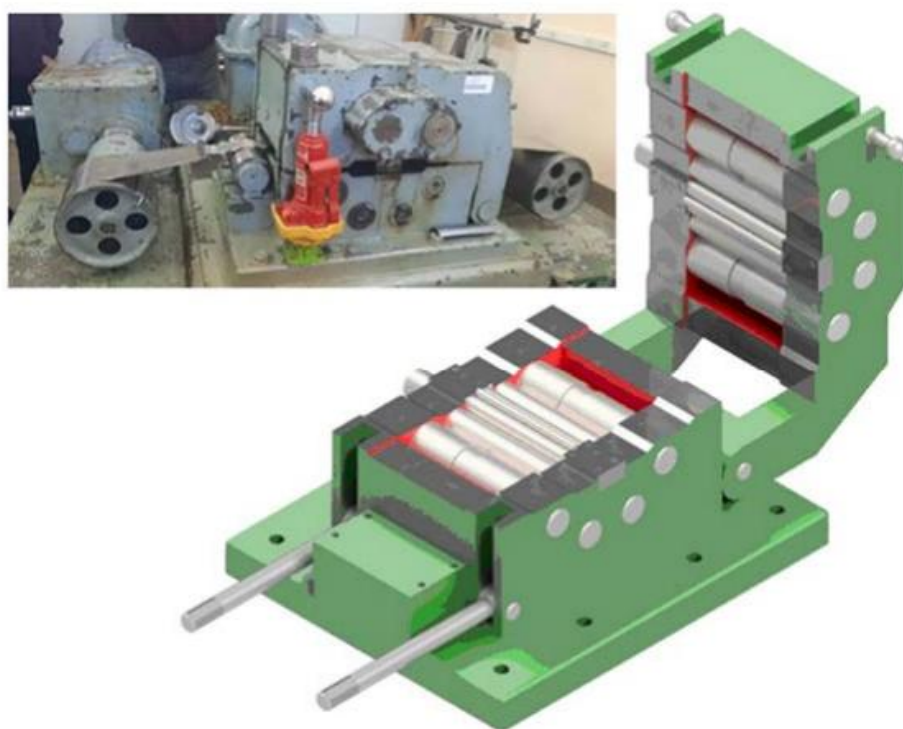


Рис. 1. Внешний вид и 3D-модель раскрытой прокатной клетки 20-валкового стана 12/160



Рис. 2. 3D-модель и внешний вид натяжного ролика с силоизмерительными датчиками

Момент прокатки оценивался по расходу энергии на деформацию через измерение электрических параметров главного привода стан, согласно разработанной схемы компьютерного измерительного комплекса (рис. 3).

Для интерфейсной части было выбрано многоканальное устройство АЦП/ЦАП ZET 210, позволяющее подключать широкий спектр датчиков с распределением ресурсов между задачами: высокие частоты (до 20 кГц на канал) подходят для анализа вибраций валков, а низкие — для мониторинга медленных процессов (например, натяжение ленты). Достаточно низкое разрешение около 0,0015 % позволяет контролировать параметры с умеренной динамикой (например, псевдостатическое усилие).

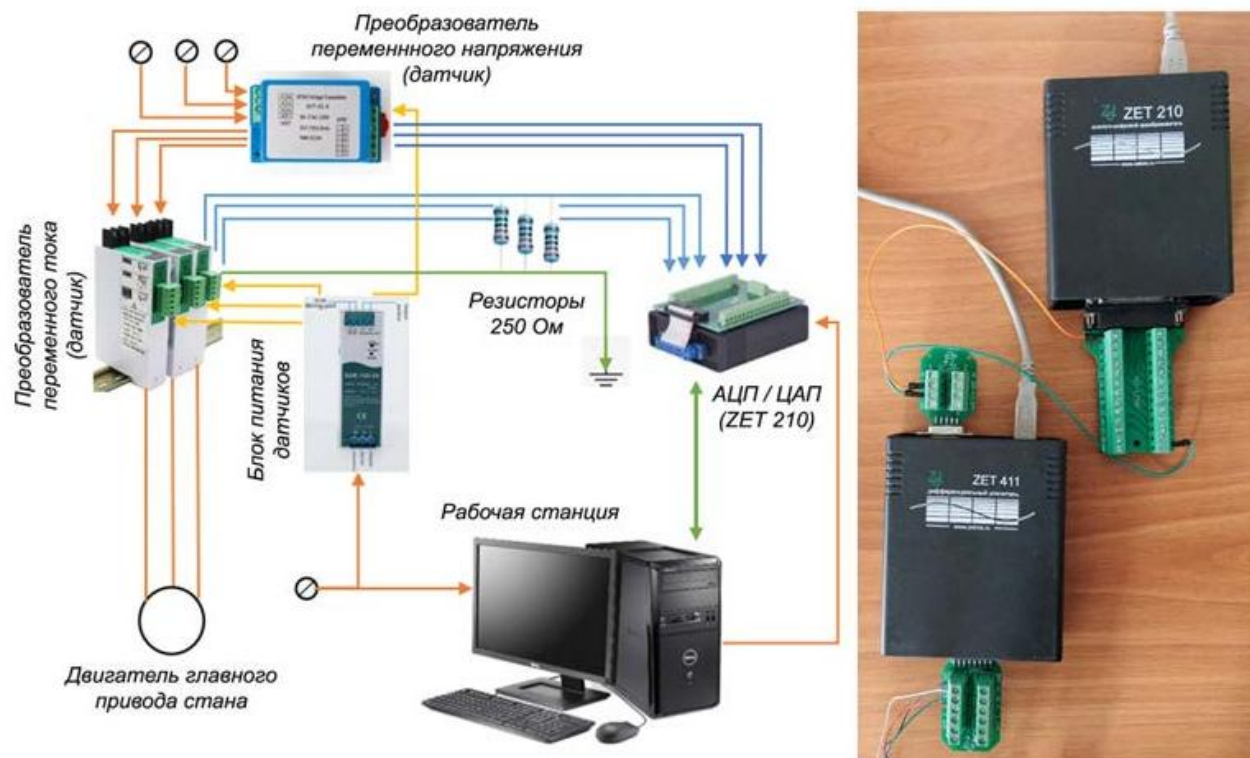


Рис. 3. Структурная схема компьютерного измерительного комплекса АЦП/ЦАП ZET 210 (с усилителем ZET 411) при измерении усилия прокатки по току двигателя

Сбор и обработка сигналов силоизмерительных тензодатчиков обеспечивалась двухканальным усилителем ZET 411, имеющим низкий уровень шумов на выходе (не более 5,0 мкВ), что сохраняло целостность сигнала при передаче на персональный компьютер.

Результаты. Параметры опытной прокатки тончайшей ленты начальным размером 0,02×50 мм из никелида титана при скорости 0,035 м/сек и предельных задним/передним (107,91/45,13Н) натяжениях, приведены в таблице.

Результаты прокатки тончайшей ленты начальным размером 0,02×50 мм

№ опыта	Конечная толщина полосы, мкм	Обжатие		Сила прокатки, кН	Ток главного двигателя, А
		Δh , мкм	ε , %		
1	7,04	12,96	64,80	28,38	3,98
2	7,45	12,55	62,75	26,74	3,82
3	8,12	11,88	59,40	22,40	3,31
4	8,79	11,21	56,05	18,28	2,76
5	9,68	10,32	51,60	14,14	2,47
6	8,86	11,14	55,70	18,38	2,80
7	8,08	11,92	59,60	22,69	3,36
8	7,30	12,70	63,50	27,96	3,75
9	7,12	12,88	64,40	28,25	4,03

Обсуждение полученных результатов. Определены ключевые компоненты в составе измерительного комплекса: аналого-цифровой преобразователь (АЦП), модули усиления, интерфейсные преобразователи и программное обеспечение. Разработана схема подключения и обмена данными. Выявлены особенности подключения, фильтрации сигналов и работы с дифференциальными входами. Разработанную структурную схему можно использовать в качестве базового компьютерного измерительного комплекса в других исследованиях процессов обработки металлов давлением.

Заключение. На основании экспериментальных исследований различных режимов прокатки, получены закономерности изменения энергосиловых параметров от влияющих факторов: обжатия тончайшей ленты, заднего и переднего натяжений, диаметра рабочих валков и исходных размеров ленты, скорости прокатки и смазки.

Установлено, что при наличии достаточно качественного подката на 20-валковом стане 12/160 в первых 2–3 пропусках можно успешно увеличить обжатие путем применения вдвое больших натяжений, порядка 1/2 от силы прокатки вместо применяемых в настоящее время натяжений, составляющих 0,2–0,3. Следствием этого является требование плавного пуска моталок, так как для лент толщиной менее 0,01 мм рывки недопустимы.

Список источников

- [1] Андреев В.А., Юсупов В.С., Перкас М.М. Современные технологии обработки давлением сплавов с памятью формы на основе никелида титана. В кн. Перспективные материалы и технологии. Витебск, УО ВГТУ, 2019, т. 1, с. 115–128.
- [2] Серебренников А.М., Родников С.В., Дикарев Б.М. Многовалковые станы для прокатки тонких и тончайших лент. Тяжелое машиностроение, 2006, № 5, с. 16–19.
- [3] Кохан Л.С., Крутина Е.В., Шульгин А.В. Влияние натяжений на силовые и кинематические параметры прокатки. Москва, МАМИ, 2016, 113 с.
- [4] Паромов В.В. К расчету энергосиловых параметров процесса прокатки фольги и тонкой ленты на промышленных станах. Металлообработка, 2003, № 5 (17), с. 16–21.
- [5] Иванов А.А., Кареев С.М. Автоматическая система регулирования толщины полосы и автоматизированная информационная система 20-валкового стана 700. Тяжелое машиностроение, 2013, № 4–5, с. 34–36.