

# ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ ЛАТУНИРОВАННОЙ ПРОВОЛОКИ В ПРОЦЕССЕ ТОНКОГО ВОЛОЧЕНИЯ

С. В. Авсейков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Тонкое волочение стальной углеродистой латунированной проволоки позволяет получать тонкую проволоку диаметром 0,15...0,7 мм с высокой прочностью 3...4 ГПа. Получаемая проволока используется в производстве рукавов высокого давления, металлокорда в шинной промышленности. К проволоке предъявляются жесткие технические требования по прочностным, пластическим и технологическим свойствам. Эти свойства зависят от механических свойств исходной проволочной термически разупрочненной латунированной заготовки диаметром в диапазоне 1,5...2,5 мм и от режимов волочения этой заготовки до диаметра тонкой проволоки на волочильных станах тонкого (мокрого) волочения.

Оценка значимости влияния режимов волочения проволоки на ее механические свойства после волочения имеет существенное практическое значение. Оно состоит в возможности прогнозировать изменение механических свойств проволоки посредством использования необходимых режимов волочения этой проволоки.

К основным механическим характеристикам проволоки относят следующие параметры: условный предел текучести  $\sigma_y$ , предел прочности  $\sigma_b$ , соотношение условного предела текучести и предела прочности  $\sigma_y/\sigma_b$ , относительное удлинение при разрыве  $A_t$ , модуль упругости  $E$ .

Известно, что волочение сопровождается упрочнением, которое повышает значения  $\sigma_y$ ,  $\sigma_b$ ,  $\sigma_y/\sigma_b$ , уменьшает  $A_t$  и почти не изменяет  $E$ . Отношение  $\sigma_y/\sigma_b$  и значение  $A_t$  характеризуют пластические свойства тонкой проволоки. Величины  $\sigma_y$ ,  $\sigma_b$  характеризуют прочностные свойства тонкой проволоки.

В производстве основной характеристикой тонкой проволоки, влияющей на выбор маршрута волочения или на деформационный режим волочения, является  $\sigma_b$ . То есть маршрут волочения рассчитывается с целью получения заданного диаметра тонкой проволоки и ее предела прочности. Таким образом, другие механические параметры формируются под действием режимов волочения. Но на эксплуатационные свойства проволоки комплексно влияют все перечисленные характеристики.

Поэтому целью данной работы являлось выявление механических характеристик тонкой углеродистой латунированной проволоки, формируемых в зависимости от режимов ее волочения.

Для исключения возможного влияния масштабного фактора маршрута волочения для анализа данных соотношений выбирали по равенству диаметров тонкой проволоки. В маршрутах тонкого волочения варьировались (табл. 1): диаметры проволочной заготовки ( $D$ ), суммарная логарифмическая степень деформации проволо-

ки ( $\epsilon$ ), кинематические параметры режимов волочения (максимальная скорость волочения в волочильном стане  $V_B$ ) (рис. 1, а), и температура волочения (рис. 1, б).

Температура проволоки в процессе волочения изменяется в широком диапазоне значений (от 100 до 680 °С). Так как снижение максимальной температуры проволоки в маршруте волочения позволяет повысить пластические свойства тонкой проволоки после волочения, то целесообразно принять максимальную температуру поверхности проволоки в маршруте волочения за характерный параметр маршрутов волочения [1]. Температура проволоки определялась численным моделированием с помощью метода конечных элементов, на основании зависимостей механики деформируемого твердого тела и теории пластичности [2].

Таблица 1

Основные параметры маршрутов волочения

Маршрут волочения, №	Диаметр проволочной заготовки, $D$ (мм)	Диаметр тонкой проволоки, $d$ (мм)	Температура, $T$ (°С)	Деформация, $\epsilon$	Скорость волочения, $V_B$ (м/с)
1	1,90	0,35	624,7	3,37	10
2	1,98	0,3	581,3	3,75	8
3	1,77	0,3	686,1	3,54	16

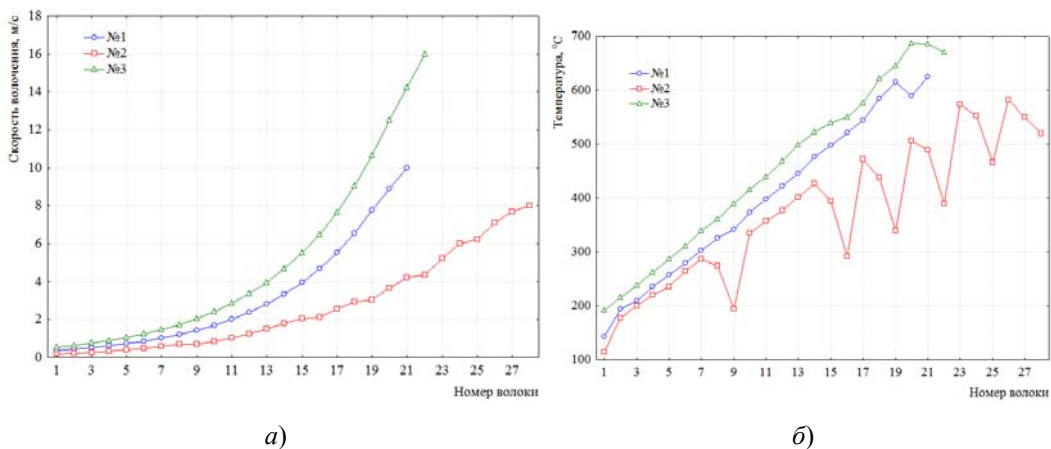


Рис. 1. Изменение скорости волочения проволоки (а) и температуры поверхности проволоки (б) в исследуемых маршрутах волочения

В ходе лабораторных испытаний на осевое растяжение образцов из проволочной заготовки и тонкой проволоки после волочения определяли: модуль упругости проволоки, условный предел текучести, предел прочности, относительное удлинение при разрыве (табл. 2).

Результаты испытаний на осевое растяжение проволочной заготовки и тонкой проволоки представлены в табл. 2.

**Механические параметры проволочной заготовки ( $D$ )  
и тонкой проволоки ( $d$ ), мм**

Механические характеристики	Маршрут волочения					
	№ 1		№ 2		№ 3	
	$D = 1,90$	$d = 0,35$	$D = 1,98$	$d = 0,30$	$D = 1,77$	$d = 0,30$
Модуль упругости, $E$ , ГПа	185,33	203,93	176,67	202,16	176,09	205,7
Условный предел текучести, $\sigma_y$ , МПа	879,47	2853,64	889,16	3132,81	886,02	3077,14
Предел прочности, $\sigma_b$ , МПа	1274,54	3056,33	1284,30	3376,13	1271,80	3235,57
Максимальное удлинение при растяжении, $A_t$ , %	7,90	2,42	8,30	2,64	7,95	2,27

Из табл. 2 видно, что механические характеристики проволочной заготовки в исследуемых маршрутах волочения имеют незначительные отличия, что объясняется различиями в условиях средне-грубого волочения, в режимах патентирования и масштабным фактором проволочной латунированной заготовки.

Анализируя полученные значения механических параметров проволочной заготовки и тонкой проволоки совместно с параметрами маршрутов волочения, можно сделать следующие выводы.

Исследуемые параметры маршрутов волочения оказывают слабое влияние на модуль упругости. Это дополнительно подтверждает то, что модуль упругости является одной из наиболее стабильных механических характеристик металлов [3]. Это позволяет сделать предположение о том, что модуль упругости не зависит от параметров маршрутов волочения.

В маршрутах тонкого волочения с ростом скорости волочения наблюдается рост температуры поверхности проволоки.

Снижение значений относительного удлинения ( $A_t$ ) тонкой проволоки наблюдается при увеличении скорости маршрута волочения тонкой проволоки и соответственно максимальной температуры поверхности проволоки.

Таким образом, достигнута возможность при разработке маршрутов волочения прогнозировать не только требуемый диаметр тонкой проволоки и его прочность, но и максимальное относительное удлинение проволоки.

#### Литература

1. Температурно-деформационный критерий оптимизации маршрутов волочения тонкой высокоуглеродистой проволоки / Ю. Л. Бобарикин [и др.] // Литье и металлургия. – 2012. – № 3 (спец. вып.). – С. 205–208.
2. Бобарикин, Ю. Л. Математическое описание формирования пластических свойств проволоки из стали 90 при высокоскоростном волочении / Ю. Л. Бобарикин, С. В. Авсейков // Литье и металлургия. – 2011. – № 3. – С. 61–65.
3. Фридман, Я. Б. Механические свойства металлов. Ч. 1 / Я. Б. Фридман. – М.: Машиностроение, 1974. – 472 с.