

металлокорда: изменение напряжённого состояния тонкой проволоки перед свивкой, получаемой тонким волочением (в проволоке) и изменение напряженного состояния в конструкции готового металлокорда (в металлокорде).

Для решения проблемы в проволоке используется растяжение проволоки в потоке тонкого волочения на уровне формирования окончательного диаметра. Растяжение позволяет выровнять внутренние напряжения, снижать пластичность металла, повышать прочность проволоки на требуемые величины. Это снижает неравномерность напряжений по сечению проволоки и, как следствие, степень релаксации внутренних напряжений в металлокорде. Реализуется метод растяжения тонкой проволоки посредством изменения кинематической пары волочильного стана между тяговым барабаном и последним волочильным шкивом. Регулировка степени растяжения осуществляется передаточными отношениями и витками проволоки на тяговом барабане. Растяжение проволоки осуществляется в потоке волочильного стана.

Для проработки конструкции готового металлокорда перед намотом на приёмную катушку используются деформаторы. Под деформатором понимается система роликов после рихтовочного устройства перед намотом металлокорда на катушку. Численное моделирование показывает, что обратный изгиб в отношении направления изгиба при намоте влияет на смещение проволок в конструкции друг относительно друга и, следовательно, на контактное взаимодействие. Была выведена аналитическая формула, которая приближена к результатам численного моделирования. С её помощью могут определяться оптимальные параметры роликов деформатора. Результатом расчета по этой формуле оптимального диаметра ролика перед намотом стали величины, подтвержденные экспериментально на производственном уровне. Были проведены дополнительные испытания с различными углами охвата металлокордом ролика. Получены оптимальные диаметры и углы охвата роликов для двух типов металлокорда.

## **НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ТОНКОГО ВОЛОЧЕНИЯ УЛЬТРАПРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ С СОХРАНЕНИЕМ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

**Автор:** Авсейков С.В., ассистент кафедры «МиЛП» УО ГГТУ им. П.О. Сухого  
**Руководитель** Бобарикин Ю.Л., к.т.н., доцент, зав. каф. «Металлургия и литейное производство» УО ГГТУ им. П.О. Сухого

Повышение прочности тонкой ультрапрочной проволоки для металлокорда в первую очередь достигается за счет использования металлической проволоки с содержанием углерода более 0,9%. Такой подход позволяет сократить технологический цикл производства от катанки до тонкой проволоки [1]. С увеличением содержания углерода в проволоке интенсифицируются процессы деформационного старения (ДС), что позволяет достигать высоких прочностных характеристик [2]. Однако, снижение пластических характеристик ультрапрочной проволоки ограничивают возможности увеличения скорости волочения. Актуальной задачей современного производства ультра прочной проволоки является повышение скоростей тонкого волочения с сохранением прочностных и пластических свойств в допустимых диапазонах.

Самым распространенным направлением решения этой задачи является ограничение ДС ультра прочной проволок в процессе тонкого волочения.

Деформационное старение принято разделять на два вида: статическое (СДС) и динамическое (ДДС). В процессе волочения СДС происходит в проволоке на выходе из волоки. ДДС во время волочения происходит только в части проволоки, проходящей через зону деформации волоки. Так как в поверхностных слоях проволоки сконцентрированы максимальные значения температурного поля и скорости деформации, то ДС максимально проявляется на поверхности проволоки [3]. Тогда для повышения скорости волочения ультрапрочной проволоки в процессе тонкого волочения необходимо ограничить рост скорости деформации и температуры поверхности проволоки.

Для определения влияния ДДС на механические свойства тонкой проволоки проведены испытания на осевое растяжение проводились по стандартной методике [4]. В ходе испытаний на осевое растяжение варьировались: рабочая длина проволоки  $l_p$  и скорость растяжения  $V_p$  (таблица 1). Испытания на осевое растяжение проводилось на разрывной машине INSTRON 5969. В ходе испытаний было установлено, что увеличивая скорость деформации (в зависимости от скорости растяжения и длины рабочей зоны растягиваемой проволоки) увеличивается значение условного предела текучести (таблица 1).

Таблица 1 – Механические свойства ультрапрочной проволоки при различных скоростях растяжения

Диаметр проволоки, мм	Механические параметры	Скорость растяжения, мм/мин (длина рабочей части проволоки, мм)			
		60 (100)	310 (100)	560 (100)	60 (50)
	Скорость деформации ( $\dot{\epsilon}$ ), $\text{с}^{-1}$	0,0078	0,033	0,058	1,1
0,187 UT	Условный предел текучести ( $\sigma_y$ ), МПа	2947,80	2781,28	3178,62	3418,33
	Предел прочности ( $\sigma_b$ ), МПа	3853,26	3841,85	3829,44	3782,67
0,21 UT	Условный предел текучести ( $\sigma_y$ ), МПа	2892,08	2932,80	3092,60	3330,33
	Предел прочности ( $\sigma_b$ ), МПа	3467,27	3419,58	3440,12	3394
0,35 UT	Условный предел текучести ( $\sigma_y$ ), МПа	2685,72	2615,49	2988,34	3755,33
	Предел прочности ( $\sigma_b$ ), МПа	3820,67	3781,03	3791,01	3612,33

Из таблицы 1 видно, что при увеличении скорости деформации при осевом растяжении проволоки с  $0,0078 \text{ с}^{-1}$  до  $1,1 \text{ с}^{-1}$  возрастает значение условного предела текучести в среднем на 48,56 %, а предела прочности – на 1,3 %. Из этого следует вывод, что увеличение скорости деформации оказывает существенное влияние на значение условного предела текучести проволоки и не оказывает существенного влияния на прочность. Значения скорости деформации при осевом растяжении на разрывной машине и в процессе тонкого волочения отличаются более чем в 1000 раз. Поэтому можно предположить наличие высокой степени влияния скорости деформации на свойства проволоки в процессе тонкого волочения.

Скорость деформации при волочении определяется по зависимости [5]:

$$\varepsilon_p = \frac{4 \cdot (\ln \sqrt{\mu} + 0,385 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_g)) \cdot V_{\text{вол}} \cdot \operatorname{tg}(\alpha_g)}{d_i \cdot (\sqrt{\mu} - 1) \cdot \sqrt{\mu}}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{вол}}$  – скорость волочения, мм/с;  
 $d_i$  – диаметр волокна, мм;  
 $\alpha_g$  – угол конической части волокна;  
 $\mu_i$  – частная вытяжка.

Согласно зависимости (1) основными способами ограничения роста скорости деформации при повышении скорости волочения являются уменьшение угла конической части волокна и уменьшение частной вытяжки.

Альтернативным способом повышения скорости тонкого волочения ультрапрочной проволоки с сохранением качественных показателей является использование ДС в качестве дополнительного упрочняющего эффекта. Для этого способа предлагается использование проволочной заготовки уменьшенных диаметров, которую необходимо волочить с повышенными скоростями, обеспечивающими эффект ДС. В этом случае недостаток роста прочности от пониженного суммарного обжатия будет компенсирован упрочнением от ДС. Для осуществления этого способа необходимо получить закон упрочнения ультрапрочной проволоки с учетом ДС.

## **«ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ ТОНКОЙ ПРОВОЛОКИ (УВЕЛИЧЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ)»**

**Автор:** Минков Д.Ю., волочильщик проволоки УТВ СтПЦ- 2  
**Руководитель** Чичова Н.Н.

### **Цель:**

Повышение технологической пластичности проволоки при последующей свивке, оплетке, отсутствие расслоений при кручении, увеличении числа скручиваний.

### **Инновационность идеи:**

Увеличение пластических свойств тонкой латунированной проволоки в условиях волочения СтПЦ-2 за счет применения правильно-рихтовального устройства и предчистовой проволоки.

### **Эффект:**

Снижение обрывности при свивке металлокорда путем увеличения пластичности тонкой проволоки.

### **Краткое содержание доклада:**