

УДК 621.778

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ТОНКОГО ВОЛОЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПРОВОЛОКИ И МЕТАЛЛОКОРДА

**Е. С. Ельцова**

*Открытое акционерное общество «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания», г. Жлобин*

**Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартьянов**

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

*Показано влияние скорости волочения тонкой проволоки на механические свойства. Исследовано изменение микроструктуры тонкой проволоки в зависимости от изменения скорости волочения. Проведены механические испытания тонкой проволоки. Определены зависимости механических свойств тонкой проволоки от скорости волочения.*

**Ключевые слова:** проволока, металлокорд, деформация, волочение.

## INFLUENCE OF THE THIN DRAWING RATE ON THE PROPERTIES OF WIRE AND STEEL CORD

**E. S. Eltsova**

*OJSC “BSW – management company of “BMC” holding”,  
Zhlobin, the Republic of Belarus*

**Yu. L. Bobarikin, Yu. V. Martyanov**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

*The influence of the drawing speed of a thin wire on mechanical properties was studied. The change in the microstructure of a thin wire depending on the change in the drawing speed was investigated. Mechanical tests of a thin wire were carried out. The dependencies of the mechanical properties of a thin wire on the drawing speed were determined.*

**Keywords:** wire, steel cord, deformation, drawing.

Повышение качества тонкой проволоки и металлокорда обеспечит снижение количества и времени технологических пауз, а также позволит повысить технологичность свивки металлокорда. Учитывая, что при деформации проявляется анизотропия свойств тонкой проволоки, прогнозирование физико-механических свойств и степени неравномерности деформации становится актуальной задачей.

Большинство моделей технологических процессов, создаваемых в компьютерных системах инженерного моделирования, таких как *MSC.Nastran*, *MSC.Marc*, *QForm*, рассматривают обрабатываемый материал изотропным, без учета его структурных составляющих и анизотропии, в итоге снижается точность определения значений напряженно – деформированного состояния (НДС) обрабатываемой заготовки и инструмента, а также основных технологических параметров процессов.

Моделированию подлежит конкретный материал, а для этого в программе должны быть вводные данные об этом материале. Сбор данных проводят на мини-образцах исследуемого материала. Результатом физического моделирования является серия кривых «напряжение – деформация» при различных скоростях и темпера-

## 50 Секция 1. Современные технологии проектирования в машиностроении

турах деформации, которые загружаются в программу, работающую по алгоритму метода конечных элементов.

Обычно после получения кривых проводят другую серию таких же испытаний. При испытании нового образца процессу позволяют идти чуть дальше, чем в предыдущем для изучения микроструктуры на каждом этапе деформации [1].

Для определения микроструктуры тонкой проволоки, изготовленной на различных скоростях волочения (1 м/с, 4 м/с, 6 м/с, 8 м/с и 10 м/с), были отобраны образцы проволоки, произведенные из стали 80. Образцы одинакового диаметра (0,35 мм) и класс прочности (НТ). Для анализа микроструктуры, изготовленных микрошлифов из выбранных образцов, используется метод выявления и определения величины зерна, установленный в ГОСТ 5639–82. Анализ микрошлифов производился с помощью микроскопа «ЛОМО МЕТАМ РВ-21-2» при увеличении 800 крат. Сталь 80 является эвтектоидной и состоит преимущественно из перлита, поэтому для выявления и определения величины зерна сталей и сплавов выбран метод травления сетки перлита.

Полученные средние численные значения площади зерна, количество зерен на площади 1 мм<sup>2</sup>, а также другие параметры представлены в таблице.

Из данных таблицы видно, что при увеличении скорости волочения балл зерна увеличивается, структура становится более равномерной и мелкозернистой. Мелкозернистая структура позволяет повысить качество производимой тонкой проволоки. Мелкозернистая структура более пластична и, следовательно, менее подвержена трещинам [2]. С увеличением скорости волочения неметаллические включения распределяются ближе к центру сечения проволоки. Это происходит предположительно из-за увеличения интенсивности деформации. Осевые слои металла, которые при волочении вытягиваются наиболее сильно, из-за дробления зерна стягивают все включения в зону наиболее интенсивной деформации.

**Параметры микроструктуры образцов**

Скорость волочения, м/с	Балл зерна <i>G</i>	Средняя площадь сечения зерна <i>a</i> , мм <sup>2</sup>	Число зерен на площади 1 мм <sup>2</sup>			Среднее число зерен, 1 мм <sup>3</sup>	Средний диаметр зерна <i>dm</i> , мм	Средний условный диаметр зерна <i>du</i> , мм
			минимальное	среднее	максимальное			
1	11	0,000061	12288	16384	24576	2097152	0,0079	0,0069
4	11	0,000061	12288	16384	24576	2097152	0,0079	0,0069
6	12	0,000030	24576	32768	49152	5931008	0,0056	0,0049
8	12	0,000030	24576	32768	49152	5931008	0,0056	0,0049
10	13	0,000015	49152	65536	98304	16777216	0,0039	0,0032

Образцы проволоки были свиты на лабораторном стенде в металлокорд конструкции 2 × 0,35НТ, количество витков равно 21, шаг свивки равен 14 мм. Свивка происходила с дополнительным перекручиванием в пять оборотов. Итого – финальная схема свивки равна 21 ± 5 оборотов.

Для изучения влияния процесса свивки проведены механические испытания на разрыв тонкой проволоки до свивки, тонкой проволоки после свивки (выплетена из металлокорда) и цельной конструкции металлокорда.

После завершения проверки всех значений, полученных в экспериментальных измерениях проволоки и металлокорда, были исключены грубые ошибки согласно правилу трех сигм.

По результатам определено, что имеется небольшое снижение предела прочности металлокорда, обусловленное наличием касательных напряжений и крутящих деформаций в проволоке. Изменение предела прочности по скоростям волочения проволоки и металлокорда обусловлено квадратичной зависимостью предела прочности от скорости волочения. Это может быть вызвано изменением свойств смазки и условиями трения при увеличении скорости тонкого волочения, а также изменением сопротивления пластической деформации при увеличении скорости волочения.

Для практического использования выведены зависимости механических свойств тонкой проволоки класса прочности НТ от скорости волочения, представленные в формулах (1), (2) для тонкой проволоки и (3), (4) – для металлокорда.

Предел прочности тонкой проволоки:

$$\sigma B = -8,6429\vartheta^2 + 53,157\vartheta + 3076,2, \quad (1)$$

где  $\sigma B$  – предел прочности, МПа;  $\vartheta$  – скорость волочения, м/с.

Относительное удлинение тонкой проволоки:

$$\delta = 0,1143\vartheta^2 - 0,8057\vartheta + 3,92, \quad (2)$$

где  $\delta$  – относительное удлинение, %.

Предел прочности металлокорда:

$$\sigma B = 38,084\vartheta^2 + 207,63\vartheta + 2158,8. \quad (3)$$

Относительное удлинение металлокорда:

$$\delta = 0,0161\vartheta^2 - 0,0947\vartheta + 1,8138. \quad (4)$$

Полученные результаты могут быть использованы для обеспечения увеличения технологичности изготовления металлокорда с учетом влияния скорости тонкого волочения. Свойства тонкой проволоки отразятся на величине обрывности металлокорда при свивке, на отбраковке металлокорда по прямолинейности и кручению.

Предложенные зависимости механических свойств тонкой проволоки класса прочности НТ от скорости волочения могут быть использованы на практике и при математическом моделировании процессов волочения и свивки.

#### Л и т е р а т у р а

1. Бобарикин, Ю. Л. Тонкое волочение и свивка в металлокорд стальной латунированной проволоки / Ю. Л. Бобарикин, М. Н. Верещагин, Ю. В. Мартыанов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 304 с.
2. Константинов, И. Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением : учебник / И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2015. – 488 с.