

УДК 620.778.073

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЛАТУНИРОВАНИЯ СТАЛЬНОЙ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ ПРОВОЛОЧНОЙ ЗАГОТОВКИ ПЕРЕД ВОЛОЧЕНИЕМ НА СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМОЙ ПРОВОЛОКИ

Ю. Л. БОБАРИКИН, С. И. ПРАЧ

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

Введение

Силы трения, возникающие в очаге деформации между поверхностью протягиваемой проволоки и инструментом, оказывают значительное влияние на процесс волочения. От силы трения в значительной степени зависит величина усилия волочения, а следовательно, расход энергии на волочение, величина мощности, требуемая для волочения, температура волочения, износ волочильного инструмента и другие параметры. На изменение пластических свойств проволоки также влияет коэффициент контактного трения. Уменьшение контактного трения снижает контактный нагрев проволоки в целом, что уменьшает степень динамического старения и, как следствие, величину падения пластичности высокоуглеродистой стали.

Целью исследования является влияние применения дополнительного латунирования высокоуглеродистой стальной проволочной заготовки на коэффициент контактного трения при ее волочении и свойства получаемой проволоки.

Исследование изменения величины коэффициента контактного трения в процессе волочения стальной высокоуглеродистой проволоки при различных свойствах латунного покрытия на поверхности проволоки

В работе было проанализировано влияние изменения величины коэффициента контактного трения в процессе волочения стальной высокоуглеродистой проволоки при различных свойствах латунного покрытия на поверхности проволоки. При волочении тонкой латунированной стальной проволоки на коэффициент контактного трения наряду со свойствами смазки влияют свойства поверхностного слоя латуни, который играет роль металлической твердой смазки при волочении проволоки. Для снижения контактного трения латунное покрытие должно иметь повышенную пластичность. Латунное покрытие, толщина которого 1,5–3,5 мкм, должно быть не только пластичным, но и плотным. Оно должно иметь хорошее сцепление со стальной основой. Несоблюдение этих требований приводит к таким дополнительным отрицательным явлениям, как повышенный износ инструмента, повышенный съём латунного покрытия и снижение адгезионных свойств металлокорда, свитого из этой проволоки, к резине.

Для изменения химического состава латуни был предложен способ дополнительного латунирования [1]. Целью предложенного способа являлось выровнять химический состав латунного покрытия и устранить присутствие в латуни β -фазы, что повысит пластичность латуни и снизит коэффициент контактного трения при последующем волочении стальной латунированной проволоки.

Для достижения поставленных целей было применено дополнительное охлаждение проволоки в водном растворе сульфата меди (дополнительное латунирование), осуществляемое после диффузионного нагрева перед травлением в водном растворе ортофосфорной кислоты.

Эксперимент проводился на агрегате латунирования на заготовке диаметром 1,98 мм. В качестве исходного варианта использовалась латунированная заготовка, изготовленная по серийной технологии. При серийной технологии охлаждение проволоки после термодиффузии осуществляется технологической водой без каких-либо добавок. Для сравнения было изготовлено два экспериментальных варианта заготовки. Экспериментальные варианты отличались тем, что после диффузионного нагрева проволока охлаждалась в воде с концентрацией CuSO_4 3 г/л для первого экспериментального варианта и 10 г/л для второго экспериментального варианта.

Образцы латунированной заготовки были обработаны волочением. Из проведенных экспериментов над заготовками, полученными по исходному варианту (без дополнительного латунирования), экспериментальному варианту 1 (после диффузионного нагрева проволока охлаждалась в воде с концентрацией CuSO_4 3 г/л) и экспериментальному варианту 2 (после диффузионного нагрева проволока охлаждалась в воде с концентрацией CuSO_4 10 г/л), были получены значения, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Значения механических характеристик латунированной заготовки и проволоки по исходному и экспериментальным вариантам

Параметр	Исходный вариант	Вариант 1 с охлаждением в воде (3 г/л $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	Вариант 2 с охлаждением в воде (10 г/л $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
Диаметр заготовки, d_0 , мм	1,980		
Диаметр проволоки, d_1 , мм	1,748		
Полуугол волоки, α , град	6		
Начальное значение предела текучести материала, σ_{s0} , МПа	871	880	876
Усилие волочения, $F_{\text{вол}}$, Н	1295	1244	1235

Напряжение и сила волочения проволоки с латунным покрытием в отличие от условий волочения проволоки без покрытия будут определяться изменением условий трения на контакте. Толщина наносимого покрытия обычно составляет несколько микрон, объемное содержание цветного металла на единицу длины по площади поперечного сечения пренебрежимо мало по сравнению с размерами самой проволоки, но наличие другого металла значительно влияет на коэффициент трения, значение которого можно найти из уравнения для напряжения волочения. Исходя из экспериментальных значений усилия волочения из формулы для напряжения волочения, расчетным методом определяются значения коэффициента контактного трения. Для этого использовали формулу [2]:

$$\sigma_{\text{вол}} = \frac{(1 + f \operatorname{ctg} \alpha)}{f \operatorname{ctg} \alpha} \sigma_s \left[1 - \left(\frac{F_1}{F_0} \right)^{f \operatorname{ctg} \alpha} \right] + \sigma_0 \left(\frac{F_1}{F_0} \right)^{f \operatorname{ctg} \alpha} + \Delta \sigma_{\text{вол}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{вол}}$ – напряжение волочения.

$$\sigma_{\text{вол}} = \frac{F_{\text{вол}}}{F_1}, \quad (2)$$

где $F_{\text{вол}}$ – усилие волочения; f – коэффициент контактного трения; α – полуугол волоки; σ_s – среднее значение предела текучести материала проволоки при волочении:

$$\sigma_s = \frac{\sigma_{sk} + \sigma_{s0}}{2}, \quad (3)$$

где σ_{sk} , σ_{s0} – соответственно, конечное и начальное значение пределов текучести материала при конечной вытяжке за проход.

$$\sigma_{sk} = \sigma_{s0} \sqrt{\frac{d_0}{d_1}}, \quad (4)$$

где d_1 , d_0 – диаметр проволоки на выходе и входе рабочей зоны волоки, соответственно; F_0 , F_1 – площадь поперечного сечения проволоки на входе и выходе рабочей зоны волоки, соответственно,

$$F_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}, \quad F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}; \quad (5)$$

$\Delta\sigma_{\text{вол}}$ – напряжение протяжки заготовки через калибрующую зону волоки,

$$\Delta\sigma_{\text{вол}} = 2kf\sigma_{sk}, \quad (6)$$

где k – коэффициент, зависящий от условий деформаций, $k = 0,125-0,15$ – для волочения цилиндрических тел со смазкой.

На основе исходных данных (табл. 1) с использованием формул (1)–(6) были получены значения коэффициентов контактного трения по исходному и экспериментальному вариантам (табл. 2).

Таблица 2

Значения коэффициентов контактного трения по исходному и экспериментальному вариантам

Вариант	Коэффициент контактного трения, f
Исходный вариант	0,1767
Вариант с охлаждением в воде (3 г/л $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0,1598
Вариант с охлаждением в воде (10 г/л $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0,1581

Из табл. 2 видно, что использование охлаждения в воде с концентрацией CuSO_4 3 г/л и 10 г/л значительно снижает коэффициент контактного трения между проволокой и волокой.

Влияние измененных значений коэффициента контактного трения на пластические свойства полученной проволоки

С целью определения влияния измененных значений коэффициента контактного трения на пластические свойства полученной проволоки был проведен анализ критерия предельной пластичности [3]:

$$\Psi = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta\Lambda_i}{\Lambda_i} \right)^{a_i}, \quad (7)$$

где Ψ – критерий предельной пластичности; n – число этапов деформирования к моменту разрушения проволоки; a_i – эмпирический коэффициент, зависящий от схемы напряженного состояния; Λ_i – степень деформации сдвига.

Критерий предельной пластичности учитывает влияние изменения параметров волочения на свойства получаемой проволоки, т. е. учитывает изменение качества получаемой проволоки. При изменении коэффициента контактного трения были получены значения критерия предельной пластичности, представленные в табл. 3.

Таблица 3

Значения критерия предельной пластичности по исходному и экспериментальному вариантам

Вариант	Критерий предельной пластичности, Ψ
Исходный вариант	0,532
Вариант с охлаждением в воде (3 г/л $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0,501
Вариант с охлаждением в воде (10 г/л $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0,499

На рис. 1 представлена зависимость критерия предельной пластичности (табл. 3) от коэффициента контактного трения (табл. 2).



Рис. 1. График зависимости критерия предельной пластичности от коэффициента контактного трения

Анализ табл. 3 и рис. 1 показывает, что охлаждение проволоки в воде с концентрацией CuSO_4 3 г/л и 10 г/л для дополнительного латунирования значительно снижает критерий предельной пластичности. Снижение критерия предельной пластичности указывает на увеличение запаса пластичности проволоки, что положительно отразится на снижении обрывности проволоки при дальнейшей обработке.

Заключение

Таким образом, применение дополнительного латунирования высокоуглеродистой стальной проволочной заготовки снижает коэффициент контактного трения при ее волочении. Уменьшение коэффициента контактного трения влияет на сниже-

ние значения критерия предельной пластичности. Таким образом, снижение коэффициента контактного трения повышает пластические свойства проволоки, а следовательно, и ее качество.

Применение дополнительного латунирования снижает коэффициент контактного трения при волочении, повышает пластические свойства проволоки и снижает уровень ее обрывности при дальнейшей переработке.

Литература

1. Исследование использования дополнительного меднения латунного покрытия стальной проволоки / Ю. Л. Бобарикин [и др.] // Черн. металлы, окт. 2012. – С. 25–29.
2. Коковихин, Ю. И. Технология сталепроволочного производства : учеб. для студентов вузов / Ю. И. Коковихин. – К. : Ин-т систем. исслед. образования. – 1995. – С. 608.
3. Бобарикин, Ю. Л. Оптимизация тонкого волочения высокоуглеродистой стальной проволоки : монография / Ю. Л. Бобарикин, М. Н. Верещагин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 163 с.

Получено 23.06.2015 г.