

## СПОСОБ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОВОЛОКИ

С. И. Прач

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

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Общая характеристика способа комплексной оценки качества проволоки:

Способ комплексной оценки качества проволоки основан на наличии связи между качеством готовой высокоуглеродистой проволоки и напряженным, деформационным, кинематическим, температурным состоянием проволоки в каждой волоке при ее многократном «тонком» волочении.

Схема общего вида стана тонкого многократного волочения стальной проволоки (левая катушка – размотка проволочной заготовки, правые крайние катушки – готовая тонкая проволока) представлена на рис. 1.

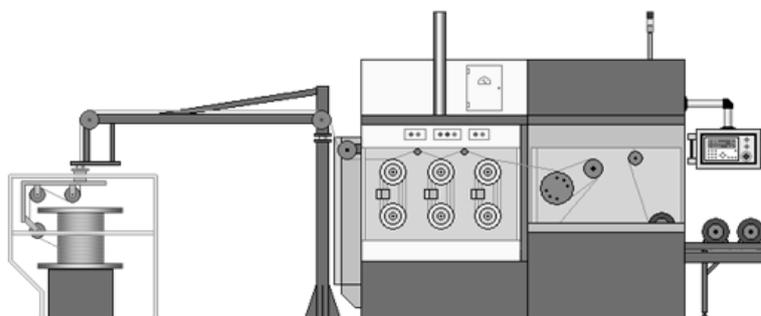


Рис. 1. Схема общего стана тонкого волочения

Общий вид основной зоны волочильного стана, в которой протягивается и пластически деформируется стальная проволока, представлен на рис. 2.

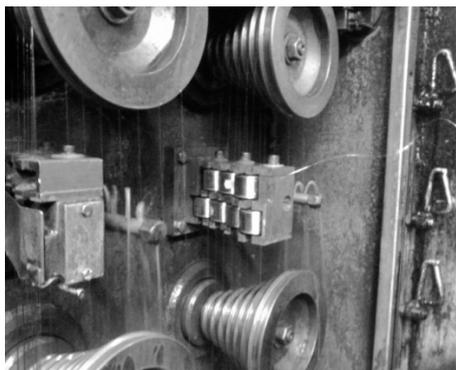


Рис. 2. Основная зона волочильного стана

Способ позволяет оптимизировать действующие и разрабатывать новые маршруты волочения с целью повышения качества проволоки, а также с целью повышения производительности волочения без потери качества проволоки.

Способ учитывает механические характеристики и количество углерода в проволочной заготовке, конструкцию и кинематику волочильных станков, определяет критические режимы волочения, приводящие к потере качества проволоки.

Способ основан на расчете новых маршрутов волочения или алгоритме расчета режимов «тонкого» волочения, обеспечивающих повышение технологичности свивки металлокорда из обрабатываемой волочением проволоки при сохранении нормальных режимов волочения.

Основные критерии оптимальных режимов волочения, обеспечивающие качественное и эффективное волочение и свивку проволоки:

Коэффициент запаса волочения, равный отношению предела текучести проволоки при деформации в волоке к напряжению волочения, должен находиться в пределах 1,25...3. Меньшие значения могут привести к дополнительному растяжению проволоки при волочении силой волочения. Большие значения приводят к неэффективному расходу энергии волочильных станов.

Мощность волочения для всего маршрута волочения не должна превышать мощность мотора привода стана. Запас мощности должен обеспечиваться в пределах не менее 30 %.

Величина коэффициента скольжения (другое название коэффициента износа волок) должна превышать число 0 и не превышать число 0,05. Исключение: первый переход волочения.

Максимальная мгновенная температура поверхности проволоки определяет запас пластичности проволоки и как следствие величину обрывности металлокорда, свиваемого из этой проволоки после волочения. Значение указанной температуры устанавливается из графика рис. 1 в зависимости от требуемой обрывности.

Основные этапы разработанного способа:

1. **Задаем исходные данные:** волочильное оборудование: волочильный стан «тонкого» волочения; диаметр проволоки начальный с плюсовым допуском заводской:  $d_0$ , мм; диаметр проволоки конечный с минусовым допуском:  $d_k$ , мм; временное сопротивление разрыву заводской проволочной заготовки:  $\sigma_{в0}$ , МПа; предел прочности готовой проволоки:  $\sigma$ , МПа; паспортная максимальная скорость проволоки на выходе из волочильного стана:  $V_k$ , м/с; полуугол конической рабочей зоны волоки:  $\alpha$ , град; температура ванны СОЖ:  $t_0$ , °С; напряжение противонапряжения проволоки на входе в волочильный стан:  $\sigma_{н0}$ , МПа; максимальное конструктивно возможное количество волок (без учета сдвоенных волок):  $m$ ; мощность двигателя привода волочильного стана,  $N_{паспорт}$ , кВт; коэффициент полезного действия привода волочильного стана:  $\eta$ ; коэффициент контактного трения в волоке:  $f$ ; паспортные кинематические вытяжки ( $\mu_{ni}$ ) для  $m$  волок; содержание углерода в проволоке в относительных единицах:  $c$ ; коэффициенты износа волок:  $\beta = 0,01 \dots 0,05$ ; число витков проволоки на тяговом шкиве:  $v_{si}$ ; коэффициент трения скольжения между поверхностями проволоки и тяговых шкивов:  $f_s$ ; номера волок, в которых устанавливаются сдвоенные  $v_i$ ; соотношение диаметров в сдвоенных волоках:  $u_i$ ; диаметры тяговых шайб:  $D_{ni}$ .

2. **Расчет деформационно-кинематических параметров волочения:** диаметр проволочной заготовки для тонкого волочения; суммарная фактическая вытяжка; частные вытяжки; коэффициент износа; скорости волочения проволоки, м/с; линейные скорости вращения тяговых шайб, м/с; величины относительного скольжения; диаметры волок, мм; пределы прочности проволоки, МПа; средняя температура сечения проволоки и температура поверхности проволоки, °С.

3. **Расчет энергосиловых режимов волочения:** модули упрочнения проволоки, МПа; напряжения волочения, МПа; коэффициент запаса волочения; усилия волочения и усилия противонапряжения, Н; мощность волочения, кВт.

4. **Перерасчет основных параметров маршрута волочения** при введении сдвоенных волок или оптимизации маршрута волочения.

Пример расчета нового оптимального маршрута волочения ультравысокопрочной проволоки (УТ) диаметром 0,35 мм из стали 96, микролигированной хромом:

Расчет маршрута волочения проводится по представленному способу, предварительно задав исходные данные. В результате расчета получены значения основных параметров, которые сведены в общую таблицу.

В действующем маршруте волочения без сдвоенных волок, при скорости волочения 5 м/с все параметры находятся в допустимых пределах, за исключением максимальной температуры поверхности проволоки, равной 580 °С на 21-м переходе.

При введении в маршрут шести сдвоенных волок: при скорости волочения 5 м/с все параметры находятся в допустимых пределах, за исключением максимальной температуры поверхности проволоки, равной 570 °С на 25-й волоке. Таким образом, введение шести сдвоенных волок существенно не повысило качество получаемой проволоки.

С целью устранения этого недостатка 25-ю волоку диаметром заменим на сдвоенную: при скорости волочения 5 м/с все параметры находятся в допустимых пределах, включая максимальную температуру поверхности проволоки, равную 540 °С, 23-й волоке.

Для комплексной оценки качества маршрута волочения используется интегральный коэффициент расхождения параметров волочения, рассчитываемый по формуле

$$K = \frac{\left(\frac{t_n}{t_6}\right)^{50} + \left(\frac{V_5}{V}\right)^{15}}{2},$$

где  $t_n$  – максимальная температура поверхности проволоки в маршруте волочения, °С;  $V$  – скорость волочения проволоки на выходе из волочильного стана, м/с;  $t_6$  – базовая температура поверхности проволоки в маршруте волочения, °С;  $V_6$  – базовая скорость волочения проволоки на выходе из волочильного стана, м/с.

При оптимизированном действующем маршруте волочения  $K = 1$ . Этот режим волочения принимается как базовый.

Если изменения в режимах волочения вызывают повышение коэффициента  $K$ , то принимаемые изменения приводят к потере эффективности волочения проволоки и свивки из нее корда.

Если изменения в режимах волочения вызывают понижение коэффициента  $K$ , то принимаемые изменения приводят к повышению эффективности волочения и свивки.

Примеры использования коэффициента расхождения параметров волочения:

*Пример 1.* Для режима волочения при  $t_n = 540$  и  $V = 5$  получаем  $K = 1$ . Данный оптимизированный заводской маршрут волочения с семью сдвоенными волоками, принятый как базовый, соответствует технологичности свивки корда 4+3x0,35УТ не более 20 обр/т при скорости тонкого волочения 5 м/с.

*Пример 2.* Для режима волочения  $K = 7,965$ . Этот маршрут волочения соответствует заводскому маршруту волочения с шестью сдвоенными волоками до оптимизации при скорости волочения 5 м/с и максимальной температуре поверхности проволоки при волочении 570 °С.

*Пример 3.* Если в заводском маршруте волочения до оптимизации с шестью сдвоенными волоками уменьшить скорость волочения до 4 м/с, то температура поверхности проволоки уменьшится до 528 °С. Для такого варианта волочения  $K = 14,373$ . Таким образом, простое снижение скорости волочения в технологии волочения до оптимизации не повышает эффективности производства корда.

## **150 Секция II. Материаловедение и технология обработки материалов**

*Пример 4.* Для режима волочения  $K = 0,868$ . Этот маршрут волочения соответствует новому разработанному маршруту волочения с семью сдвоенными волокнами при скорости волочения 5,3 м/с и максимальной температуре поверхности проволоки при волочении 543 °С. Этот режим волочения более эффективный сравнительно с примером 1.