

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СДВОЕННЫХ ВОЛОК ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТА ВОЛОЧЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ

В. П. Прытков

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

Научный руководитель С. И. Прач

Волочение проволоки – это процесс обработки металлов давлением, при котором происходит однократное или многократное протягивание последнего через специальный волоочильный инструмент (волоку), предназначенный для постепенного уменьшения поперечного сечения исходной заготовки. Одной из наиболее значимых проблем при волочении проволоки, а также при свивке металлокорда из нее является ее обрывность. Основной причиной обрыва проволоки при тонком волочении является снижение пластичности вследствие высокой температуры на ее поверхности в результате деформационного старения. С целью устранения причин обрыва проволоки исследовано применение сдвоенных волок для оптимизации маршрута волочения стальной проволоки.

Ключевые слова: маршрут волочения, сдвоенная волока, оптимизация, проволока, коэффициент трения, пластичность, обрыв проволоки.

В процессе волочения изменяется не только геометрическая форма и размеры заготовки, но и существенно изменяются физико-механические свойства и структура обрабатываемого металла.

Температура поверхности проволоки в маршруте волочения влияет на качество производимой проволоки, так как температура поверхности проволоки посредством деформационного старения структуры высокоуглеродистой стали определяет запас пластичности проволоки и, как следствие, величину обрывности металлокорда, свиваемого из этой проволоки после волочения. Для решения данной проблемы воспользуемся разработанной методикой оптимизации маршрутов волочения проволоки [1–3]. В соответствии с этой методикой для оптимизации маршрута волочения воспользуемся критерием, зависящим от максимальной температуры поверхности проволоки и ее скорости волочения, рассчитываемого по формуле

$$K = \frac{(t_{\text{п}}/t_{\text{б}})^{50} + (V_{\text{б}}/V)^{15}}{2}, \quad (1)$$

где $t_{\text{п}}$ – максимальная температура поверхности проволоки в маршруте волочения, °С; V – скорость волочения проволоки на выходе из волоочильного стана, м/с; $t_{\text{б}}$ – базовая температура поверхности проволоки в маршруте волочения, выбираемая в зависимости от значения относительной обрывности металлокорда при свивке, °С; $V_{\text{б}}$ – базовая скорость волочения проволоки на выходе из волоочильного стана, м/с.

В соответствии с этим критерием при действующем маршруте волочения $K = K_{\text{баз}}$. Если изменения в режимах волочения вызывают повышение критерия K , то принимаемые изменения приводят к потере эффективности волочения проволоки и свивки из нее корда. Если изменения в режимах волочения вызывают понижение критерия K , то принимаемые изменения приводят к повышению эффективности волочения. Таким образом, при оптимизации значение K должно быть минимальным.

В данном исследовании рассмотрим изменения в режиме волочения, используем сдвоенные волокни.

Конструкция сдвоенной волоки для волочения представлена на рис. 1. Внутренний диаметр первой (напорной) волоки 1 на 0,02–0,07 мм больше, чем диаметр исходной проволоки 3. В процессе волочения деформация металла происходит во второй (рабочей) волоке 2. Смазка, которая представляет собой мыльный раствор, захватывается поверхностью проволоки и через тонкий кольцевой зазор между напорной волокой и проволокой увлекается в пространство между первой и второй волоками. Давление в этом пространстве постепенно возрастает и в определенный момент превышает значение давления металла на рабочую волоку. Смазка прорывается в канал рабочей волоки и разъединяет трущиеся поверхности, образуя достаточно толстый слой для реализации жидкостного трения. Таким образом, устанавливается устойчивый режим гидродинамического трения и при волочении в режиме жидкостного трения силы трения, возникающие в слое смазки, малы по величине, и сила волочения также минимальна. Как следствие, снижение данных параметров приводит к снижению температуры поверхности проволоки.

В результате исследования было определено, что при волочении в сдвоенной волоке имеет место более высокая равномерность деформации в направлении радиуса проволоки по поперечному сечению, расположенному на выходе из волоки. Рост равномерности деформации при прочих равных условиях всегда сопровождается ростом пластических свойств обрабатываемого металла.

Использование сдвоенной чистой волоки в тонком волочении проволоки в сравнении с использованием одинарной чистой волоки позволяет повысить пластические свойства проволоки при повышении скорости на 15–20 % и снизить обрывность при свивке проволоки в металлокорд.

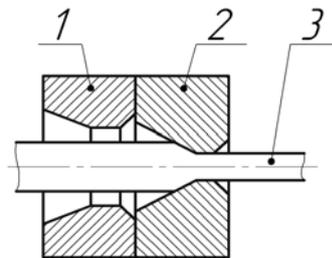


Рис. 1. Конструкция сдвоенной волоки:
1 – первая (напорная) волока; 2 – вторая (рабочая) волока;
3 – проволока

Расчет нового маршрута волочения выполняем по следующей методике.

1. Исходными данными для расчета маршрута волочения являются волочильное оборудование; 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; предел прочности готовой проволоки; паспортная максимальная скорость проволоки на выходе из волочильного стана V_k , м/с и прочее. Значение базовой температуры определяется по экспериментально установленным зависимостям от требуемой обрывности.

2. Рассчитываем базовый процесс волочения заданного диаметра и свойств проволоки, который обеспечивает относительно стабильное удовлетворительное каче-

ство проволоки. При этом определяем значения деформационно-кинематических параметров волочения и энергосиловых режимов волочения.

3. Все параметры, рассчитанные в пункте 2, должны находиться в допустимых пределах, заданных техническими характеристиками волочильного оборудования и свойствами обрабатываемой стали: коэффициент запаса волочения должен находиться в пределах 1,25–3; мощность волочения для всего маршрута волочения не должна превышать мощность мотора привода стана; величина коэффициента скольжения 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.

4. Вводятся предлагаемые изменения в режим волочения рассчитанного процесса с целью его оптимизации. По аналогии с базовым процессом формируются исходные данные (пункт 1) для измененного процесса с изменением предлагаемых для оптимизации режимов волочения с сохранением величины конечного диаметра проволоки и ее свойств в конце волочения. Расчет измененного процесса выполняется в соответствии с измененными исходными данными по пунктам 2, 3 разработанной методики.

5. Выполняют общую оценку оптимизации маршрута волочения с помощью критерия, зависящего от скорости волочения и максимальной температуры поверхности проволоки (1).

В качестве примера был выполнен расчет маршрута волочения ультравысокопрочной проволоки (УТ) диаметром $d_k = 0,258$ мм из стали с содержанием углерода 82 % на волочильном стане тонкого волочения НТ12.6 из заготовки диаметром $d_0 = 1,55$ мм при базовой температуре поверхности проволоки $t_{п} = 540$ °С по предложенной методике были получены диаметры волок на каждом переходе с учетом следующих требований: 2300–2116–1934–1768–1616–1477–1350–1234–1128–1031–942–861–787–720–658–601–550–506–466–429–394–369–350 мкм и другие параметры волочения.

Результаты оптимизации нового маршрута волочения

Маршрут волочения	V_b , м/с	$t_{п}$, °С	K
21 волока	17	720,4	–
21 волока, базовый	8	537,4	0,89
28 волок (7 сдвоенных)	8	497,9	0,509
28 волок (7 сдвоенных)	10	540,4	0,536
28 волок (7 сдвоенных)	9	518,5	0,151

По результатам оптимизации, представленным в таблице, режим волочения с семью сдвоенными волоками при скорости волочения 9 м/с признан наиболее эффективным по сравнению с другими рассмотренными вариантами, так как все параметры находятся в рекомендованных пределах, а также было получено минимальное значение критерия K . Таким образом, обеспечивается повышение эффективности процесса волочения.

Литература

1. Колмогоров, В. Л. Напряжения. Деформации. Разрушения / В. Л. Колмогоров. – М. : Металлургия, 1970. – 162 с.
2. Колмогоров, В. Л. Механика обработки металлов давлением / В. Л. Колмогоров. – М. : Металлургия, 1986. – 688 с.
3. Температурно-деформационный критерий оптимизации маршрутов волочения тонкой высокоуглеродистой проволоки / Ю. Л. Бобарикин [и др.] // Литье и металлургия. – 2012. – № 3. – С. 205–209.
4. Исследование влияния применения сдвоенной чистовой волоки на пластические свойства стальной высокоуглеродистой проволоки / В. А. Евдонич [и др.] // Литье и металлургия. – 2019. – № 3. – С. 112–117.

**ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ****У. В. Ключко***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель О. П. Мурашко

Рассмотрены существующие методы геометрического моделирования, сделан вывод по результатам исследований.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, численные методы, геометрические объекты.

Геометрическое моделирование развивается по двум направлениям. Первое направление – численные методы в задачах САПР и компьютерной графике [1]. Второе направление геометрического моделирования представлено работами, где геометрические объекты задаются в аналитическом виде [2].

Основные объекты для плоского моделирования – отрезки, дуги, кривые, сплайны, с которыми можно осуществлять продление, обрезку, соединение и другие преобразования. Основные объекты для объемного моделирования – это замкнутые контуры, с которыми можно осуществлять объединение, дополнение, пересечение, преобразования поворота и другие операции. За основу берется базовая поверхность. Таким образом, с ней в процессе моделирования осуществляют различные преобразования. В результате средствами САПР проектируемый объект численно конструируется из геометрических тел, называемых графическими примитивами, которые могут быть трансформированы теми или иными программными средствами.

Аналитические методы представления геометрических объектов обладают высокой степенью точности. Формы описания и преобразования объектов могут быть векторные, операторные и другие, что позволяет задавать каждую точку данного геометрического объекта и выполнять произвольные преобразования в аналитическом виде.

Один из классов существующих поверхностей – это поверхности, которые получены преобразованием вращения плоской кривой вокруг оси. Данный класс занимает большое место среди всех поверхностей. Другой класс поверхностей, не менее важный, существует благодаря преобразованию переноса кривой некоторого направления, так что ее одна точка скользит по другой кривой (рис. 1).