

КРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ ВОЛОЧЕНИЯ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ

С. И. Прач

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

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Маршрут волочения проволоки должен обеспечивать отсутствие обрыва проволоки, требуемое качество готовой проволоки, максимально возможную производительность, т. е. скорость волочения и другие требования. Увеличение скорости волочения проволоки из высокоуглеродистой стали вызывает дополнительное упрочнение стали и как следствие снижение ее технологических свойств при дальнейшей переработке, например, при свивке в металлокорд. Таким образом, рост скорости волочения проволоки из высокоуглеродистой стали снижает качество получаемой проволоки. Поэтому возникает необходимость в оптимизации маршрутов волочения, с целью достижения рационального баланса между качеством проволоки и производительностью процесса волочения.

В данной работе представлен принцип построения новых и оптимизации действующих маршрутов волочения высокоуглеродистой проволоки с помощью оценочного критерия.

Критерии для построения новых и оптимизации действующих маршрутов волочения высокоуглеродистой проволоки:

1. Предельная степень деформации, которую можно сообщить металлу при пластическом его формоизменении [1]:

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

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.

Для оптимизации процесса волочения определяется базовое значение коэффициента запаса пластичности $\psi_{\text{баз}}$ по формуле (1) для известного действующего процесса волочения. Далее вводятся изменения в режимы волочения и пересчитывается значение ψ . Если после изменения режимов процесса волочения ψ уменьшается или остается равным относительно $\psi_{\text{баз}}$, то такие изменения не приведут к потере ка-

чества проволоки, а если ψ увеличится относительно $\psi_{\text{баз}}$, то качество ухудшится вследствие истощения при волочении запаса пластичности и трещинообразования. При $\psi \geq 1$ происходит обрыв проволоки.

Недостатком использования данного критерия является то, что он учитывает влияние изменения параметров волочения на свойства получаемой проволоки, т. е. учитывается только изменение качества получаемой проволоки.

2. Критерий K , зависящий от максимальной температуры поверхности проволоки и ее скорости волочения, рассчитываемый по формуле [2]:

$$K = \frac{\left(\frac{t_n}{t_6}\right)^{50} + \left(\frac{V_6}{V}\right)^{15}}{2}, \quad (2)$$

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

При действующем маршруте волочения $K = 1$. 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.

Температура поверхности проволоки в маршруте волочения влияет на качество производимой проволоки, так как температура поверхности проволоки определяет запас пластичности проволоки и, как следствие, величину обрывности металлокорда, свиваемого из этой проволоки после волочения.

Критерий K обладает недостатком, заключающимся в том, что качество проволоки оценивается только температурой поверхности проволоки при волочении. В действительности имеется целый ряд других параметров, влияющих на качество проволоки. В этой связи критерий K следует признать оценкой производительности волочения, ограниченной температурой поверхности проволоки.

3. При выборе наиболее оптимального маршрута волочения проволоки учитывается соотношение наилучшего качества проволоки, представленного запасом пластичности проволоки, и производительности процесса волочения, представленной скоростью волочения. Для выполнения этого вида оптимизации маршрута волочения разработан оценочный коэффициент W :

$$W = \left(\frac{1-\psi}{K}\right)100, \quad (3)$$

где ψ – критерий предельной пластичности, рассчитываемый по формуле (1); K – критерий, рассчитываемый по формуле (2).

На основе оценочного критерия W разработан принцип построения новых и оптимизации маршрутов волочения проволоки по следующей разработанной методике:

1. Задаются исходные данные для расчета маршрута волочения.

2. Рассчитывается базовый процесс волочения заданного диаметра и свойства проволоки, который обеспечивает относительно стабильное удовлетворительное ка-

чество проволоки. Определяют значения деформационно-кинематических параметров волочения и энергосиловых режимов волочения.

По формулам (1)–(3) рассчитываются базовые значения критерия предельной пластичности $\psi_{\text{баз}}$, критерия $K_{\text{баз}}$ и оценочного критерия $W_{\text{баз}}$.

3. Вводятся предлагаемые изменения в режим волочения базового процесса с целью его оптимизации. По аналогии с базовым процессом формируются исходные данные для измененного процесса с изменением предлагаемых для оптимизации режимов волочения с сохранением величины конечного диаметра проволоки и ее свойств в конце волочения.

Выполняют общую оценку оптимизации маршрута волочения с помощью оценочного критерия W , рассчитываемого по формуле (3).

После оптимизации маршрута волочения проволоки за счет изменения режимов волочения, если изменения в режимах волочения вызывают повышение коэффициента $W \geq W_{\text{баз}}$, то принимаемые изменения приводят к повышению эффективности волочения проволоки и свивки из нее маталлокорда. Если изменения в режимах волочения вызывают понижение коэффициента $W \leq W_{\text{баз}}$, то принимаемые изменения приводят к понижению эффективности волочения и свивки. Если $W \leq 0$, происходит обрыв проволоки.

Пример применения принципа оптимизации маршрута волочения ультравысокопрочной проволоки (УТ) диаметром 0,35 мм из стали 96 микролигированной хромом на волочильном стане тонкого волочения НТ12.6.

В действующем маршруте волочения с 21 волокой при скорости волочения 5 м/с все параметры находятся в допустимых пределах, за исключением максимальной температуры поверхности проволоки, равной 580 °С на 21-й волоке. Этот маршрут принимаем базовым. Для маршрута характерно: $W_{\text{баз}} = -7,9$ при $K_{\text{баз}} = 1$, $\psi_{\text{баз}} = 1,08$, т. е. при данном режиме волочения возможен обрыв проволоки.

Проводим оптимизацию базового маршрута волочения, изменяя различные параметры волочения.

Например, в маршрут волочения вводятся шесть сдвоенных волок. Для измененного маршрута характерно $W = 24,9$ при $K = 0,71$, $\psi = 0,823$. Увеличение оценочного критерия указывает на повышение качества проволоки при сохранении производительности волочения. Таким образом, введение шести сдвоенных волок повысило качество получаемой проволоки, но температура поверхности проволоки осталась выше допустимой.

С целью дальнейшего уменьшения температуры поверхности проволоки и роста качества проволоки предпринята попытка снижения скорости волочения до 4 м/с. $W = 1,2$ при $K = 14,21$, $\psi = 0,825$. Снижение оценочного критерия указывает на снижение эффективности волочения по сравнению с предыдущим вариантом. Таким образом, простое снижение скорости волочения в технологии волочения не повышает эффективности производства проволоки из-за уменьшения производительности, хотя вызывает некоторый рост качества проволоки.

Далее для уменьшения температуры поверхности проволоки вводим семь сдвоенных волок. Для маршрута характерно $W = 38,9$ при $K = 0,514$, $\psi = 0,8$. Увеличение оценочного критерия W до 38,9 говорит о повышении эффективности волочения по сравнению со всеми предыдущими вариантами волочения. При этом сохранена производительность базового варианта, и все параметры находятся в допустимых пределах.

С целью повышения производительности без значительной потери качества маршрута волочения с семью сдвоенными волоками можно повысить скорость волочения с 5 до 5,3 м/с. Для маршрута характерно $W = 81,2$ при $K = 0,247$, $\psi = 0,7995$. Увеличение оценочного критерия W указывает на повышение эффективности волочения. Режим волочения с семью сдвоенными волоками при скорости волочения 5,3 м/с следует признать наиболее эффективным. Он обеспечивает повышение производительности получаемой проволоки без существенной потери ее качества.

Способ оптимизации маршрута волочения высокоуглеродистой проволоки с помощью оценочного критерия позволяет оптимизировать действующие и разрабатывать новые маршруты волочения с целью повышения производительности волочения без потери качества проволоки или с заданным балансом между производительностью и качеством волочения.

Л и т е р а т у р а

1. Колмогоров, В. Л. Механика обработки металлов давлением / В. Л. Колмогоров. – М. : Металлургия, 1986. – 688 с.
2. Температурно-деформационный критерий оптимизации маршрутов волочения тонкой высокоуглеродистой проволоки / Ю. Л. Бобарикин [и др.] // Литье и металлургия. – Минск : БНТУ, 2012. – Вып. 3. – С. 205–209.