

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАРШРУТОВ МНОГОКРАТНОГО ВОЛОЧЕНИЯ ДЛЯ СТАНОВ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКОЙ СКОРОСТЕЙ

Ю. В. Шипинский

*Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

В технической литературе по данной тематике отсутствуют методики полного последовательного расчета маршрута волочения применительно к определенным видам обрабатываемых сталей. Целью данной работы является создание на базе существующих исследований в этой области полной методики расчета маршрута многократного волочения из стальной исходной заготовки в виде проката (катаного прутка)

готовой продукции в виде тончайшей проволоки, а также её исследование и экспериментальная проверка.

Разработанная методика включает в себя следующие этапы и расчетные формулы:

1. Определение суммарной фактической вытяжки μ_{Σ} :

$$\mu_{\Sigma} = \frac{(d_0)^2}{(d_k)^2}, \quad (1)$$

где d_0 – диаметр проволочной заготовки; d_k – конечный диаметр готовой проволоки.

2. Определение числа переходов волочения n :

$$n = \frac{\ln(\mu_{\Sigma})}{\ln(\mu_{cp})}, \quad (2)$$

где μ_{cp} – кинематическая (средняя) вытяжка волочильного стана.

3. Определение единичных вытяжек для переходов волочения:

- 3.1. По принципу постоянной температуры волочения μ_j :

$$\zeta = \frac{n}{\mu_{\Sigma}^{0,25} - 1}; \quad (3)$$

$$\mu_j = \left[1 - \frac{1}{(i + \zeta)} \right]^{-4}, \quad (4)$$

где ζ – коэффициент интенсивности изменения единичных вытяжек; i – номер перехода волочения.

- 3.2. По принципу понижения температуры волочения μ_j :

$$\zeta = \frac{n}{\mu_{\Sigma}^{0,5} - 1}; \quad (5)$$

$$\mu_j = \left[1 - \frac{1}{(i + \zeta)} \right]^{-2}. \quad (6)$$

- 3.3. По принципу равномерно уменьшающихся обжатий μ_j :

$$\Delta = \frac{3(1 - q_1)}{2n - 1} \cdot \left[1 - \sqrt{1 + \frac{4(2n - 1)}{3n(n - 1)} \cdot \ln(\mu_{\Sigma}) \cdot (1 - q_1)^n} \right]; \quad (7)$$

$$q_i = q_{i-1} + \Delta; \quad (8)$$

$$\mu_i = \frac{1}{1 - q_i}, \quad (9)$$

где Δ – величина уменьшения единичных обжатий; q_i – обжатие на i -м переходе волочения.

4. Определение скоростей волочения проволоки:

$$V_j : V_{j-1} = \frac{V_j}{\mu_j}. \quad (10)$$

5. Определение диаметров волок для переходов волочения d_j :

$$d_j = d_{j-1} \cdot (\mu_i)^{-0,5}. \quad (11)$$

6. Определение пределов прочности проволоки σs_{i-1} для переходов волочения:

$$\sigma s_i = \sigma s_{i-1} \cdot \sqrt{\frac{d_{i-1}}{d_i}}. \quad (12)$$

7. Определение средней температуры сечения проволоки t_i и температуры на поверхности проволоки t_{ni} :

$$t_i = t_0 + 0,5 \cdot \sigma s_i \cdot \left(1 - \frac{1}{\mu_i}\right); \quad (13)$$

$$t_{ni} = t_0 + 0,3 \cdot \sigma s_i \cdot \left(1 - \frac{1}{\mu_i}\right) + 0,06 \cdot \sigma s_i \cdot \sqrt{\frac{V_i \cdot d_i}{\left(1 - \frac{1}{\mu_i}\right)}} \cdot 0,1. \quad (14)$$

8. Определение модулей упрочнения проволоки W_i для переходов волочения:

$$W_i = \frac{\sigma s_i - \sigma s_{i-1}}{\mu_i - 1}. \quad (15)$$

9. Определение напряжений волочения σv_i для переходов волочения:

$$\sigma v_i = \sigma s_i \cdot (1 + 2f) - \frac{(W_i - \sigma s_{i-1}) \cdot \left[(\mu_i)^{\frac{f}{\tan(\alpha)}} - 1 \right]}{\frac{f}{\tan(\alpha)} \cdot (\mu_i)^{\frac{f}{\tan(\alpha)}}} - \frac{\sigma s_{i-1} - (q \cdot \sigma v_{i-1})}{(\mu_i)^{\frac{f}{\tan(\alpha)}}}, \quad (16)$$

где α – полуугол деформирующей зоны волокна, принимаемый 6–8 град;
 f – коэффициент контактного трения, принимаемый 0,15; q – коэффициент противонапряжения.

10. Определение коэффициентов запаса:

$$\gamma_i : \gamma_i = \frac{\sigma s_i}{\sigma v_i}. \quad (17)$$

11. Определение усилий P_i и требуемой мощности двигателя привода тягового барабана N_i :

$$P_i = \sigma v_i \cdot \frac{\pi(d_i)^2}{4}; \quad (18);$$

$$Q_i = q \cdot \left[\sigma v_{i-1} \cdot \frac{\pi(d_{i-1})^2}{4} \right]; \quad (19)$$

$$N_i = \left[\frac{V_i}{102 \cdot \eta} \cdot \left[P_i - Q_i + \frac{0.68 \cdot \sigma s_i \cdot (d_i)^3}{D_{\text{БАР}}} \right] + (1 - \eta) \cdot \frac{V_i}{102 \cdot \eta} \cdot (P_i - Q_i) \right] \cdot 0,1, \quad (20)$$

где Q – усилие противонапряжения; η – коэффициент полезного действия привода тяговых барабанов; для прямоточных и петлевых волочильных станов принимается равным от 0,85 до 0,9; $D_{\text{БАР}}$ – диаметры тяговых барабанов или шкивов.

Ключевым звеном этой методики являются расчетные формулы (3)–(9) этапа 3, позволяющие рассчитывать параметры единичных вытяжек для последовательных переходов многократного волочения с учетом технологических факторов существенно влияющих на качество продукции, к которым относятся температура нагрева, упрочнение материала и другие. С целью эффективного практического применения этой методики в редакторе MathCAD разработаны три версии программы автоматизированного расчета процесса многократного волочения стальной проволоки, отличающиеся тем, что:

- в 1-й версии параметры единичных вытяжек определяются с учетом методики обеспечения по переходам постоянной температуры волочения (формулы (3), (4));
- во 2-й версии параметры единичных вытяжек определяются с учетом методики обеспечения по переходам понижения температуры волочения (5), (6);
- в 3-й версии параметры единичных вытяжек определяются по принципу равномерно уменьшающихся обжатий (7), (8), (9).

При исследовании и экспериментальной проверке методики и разработанных программ по этим трем версиям выполнены расчеты конкретного процесса многократного волочения проволоки диаметром $d_k = 2,33$ мм из исходной стальной (сталь 85) заготовки $d_0 = 4,55$ мм с построением графиков расчетных параметров по переходам.

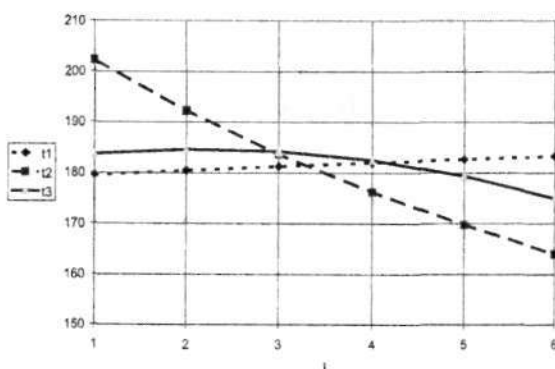


Рис. 1. Графики температур t_i

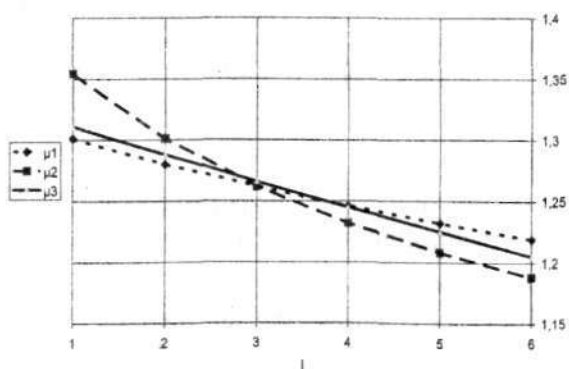


Рис. 2. Графики вытяжек μ_j

Анализ графиков показал, что расчетные значения параметров волочения по переходам, полученные по принципу равномерно уменьшающихся обжатий, лежат между расчетными значениями, полученными по двум другим методикам (рис. 1, 2), и не превышают предельно допустимых норм.

Из теории волочения известно, что чем больше температура в сечении (t) проволоки при волочении и чем больше содержание углерода в стали, тем больше выпадает карбидов по плоскостям скольжения микроструктуры и в результате ухудшается пластичность изготавливаемой проволоки. Это может привести к образованию поверхностных микротрещин, что негативно сказывается на качестве проволоки, которое формируется на последних переходах. Поэтому для исключения разрывов проволоки при волочении, вытяжки (μ) на последних переходах для более прочных сталей, ввиду их большего упрочнения и меньшей пластичности, должны быть меньше, а коэффициент запаса (γ) – больше. Исходя из этого, можно сделать следующие выводы:

– методика расчета маршрута волочения для петлевых и прямоточных станов по принципу постоянной температуры волочения (рис. 1, график $t1$) приемлема для сталей с содержанием углерода от 0,70 до 0,75 %;

– методика расчета маршрута волочения для петлевых и прямоточных станов по принципу понижения температуры волочения (рис. 1, график $t2$) приемлема для сталей с содержанием углерода от 0,90 до 0,95 %;

– методика расчета маршрута волочения для петлевых и прямоточных станов по принципу равномерно уменьшающихся обжатий (рис. 1, график $t3$) приемлема для сталей с содержанием углерода от 0,80 до 0,85 %.

Достоверность этих методик и выводов подтверждается экспериментальными данными, полученными на Белорусском металлургическом заводе (г. Жлобин).

Литература

1. Бобарикин, Ю. Л. Проектирование маршрута волочения : метод. указания к курсовой работе по дисциплине «Теория и технология прокатки и волочения» для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» днев. и заоч. форм обучения / авт.-сост. Ю. Л. Бобарикин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 34 с.