

Обмен опытом

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОНАТЯЖЕНИЯ ДЛЯ РАЗГРУЗКИ ВОЛОКИ ОТ РАДИАЛЬНОЙ СИЛЫ

Статья поступила 29 сентября 2014 г.

Противонатяжение снижает радиальную силу на волоку. В результате уменьшаются сила контактного трения и температура в очаге деформации [1]. Сохраним обозначение параметров процесса волочения с противонатяжением по И. Л. Перлину [2]: Q — сила противонатяжения; P_0 и P_q — силы волочения без противонатяжения и с его действием; M_0 и M_q — радиальные силы на волоку до и после приложения противонатяжения. Положительное влияние противонатяжения на радиальную силу в волоке предложено оценивать коэффициентом противонатяжения [2]

$$\gamma_q = (M_0 - M_q)/Q. \quad (1)$$

Рассмотрим две модели упрочнения:

$$\sigma_s = \sigma_{s0}\mu^k; \quad (2)$$

$$\sigma_s = \sigma_{s0} + m\varepsilon^n = \sigma_{s0} + m(\ln \mu)^n, \quad (3)$$

где σ_{s0} — предел текучести металла на входе рабочего конуса волоки; k — коэффициент упрочнения; $\mu = (r_0/r_k)^2$ — коэффициент вытяжки; r_0, r_k — радиусы заготовки до и после деформации; m, n — эмпирические коэффициенты модели (3); $\varepsilon = \ln \mu$ — степень деформации. Зависимость (3) позволяет представлять более сложные формы кривых упрочнения, чем степенная функция (2), так как включает три постоянных коэффициента.

Для модели (2) численным методом определена величина коэффициента γ_q и показано, что она может быть больше единицы [3]. Но необходимо отметить утверждение и о том, что случай превышения γ_q единицы исключается [2]. В работе [2] также отмечено, «что уменьшение нагрузки на волоку меньше противонатяжения. Поэтому противонатяжение как полезный фактор, уменьшающий нагрузку на волоку, может быть использовано лишь частично».

Для кривой упрочнения (2) предложена аналитическая зависимость [4]

$$\gamma_1 = \frac{\mu - 1}{\mu \tan \alpha} \left(1 - \frac{f(\mu^k - 1)}{2k \tan \alpha} \right), \quad (4)$$

где α — угол наклона образующей рабочего канала волоки; f — коэффициент трения.

Аналогичная аналитическая формула получена для модели (3):

$$\gamma_2 = \frac{\mu - 1}{\mu \tan \alpha} \left[1 - \frac{f}{\tan \alpha} \left(\ln \mu - \frac{m(\ln \mu)^{n+1}}{\sigma_{s0}(n+1)} \right) \right]. \quad (5)$$

Были приняты следующие модели упрочнения:

$$\sigma_{s1} = 1000\mu^{0,25}, \text{ МПа}; \quad (6)$$

$$\sigma_{s2} = 1000\mu^{0,75}, \text{ МПа}; \quad (7)$$

$$\sigma_{s3} = 1000 + 1250(\ln \mu)^{1,778}, \text{ МПа}; \quad (8)$$

$$\sigma_{s4} = 1000 + 500(\ln \mu)^{0,767}, \text{ МПа}; \quad (9)$$

$$\sigma_{s5} = 1000 + 250(\ln \mu)^{1,778}, \text{ МПа}; \quad (10)$$

$$\sigma_{s6} = 1000 + 1250(\ln \mu)^{0,767}, \text{ МПа}. \quad (11)$$

На рис. 1 приведены кривые упрочнения для этих моделей.

На рис. 2 представлены результаты расчетов коэффициента противонатяжения γ при коэффициенте трения 0,075, $\alpha = 5^\circ$ и моделях упрочнения (6) – (11). Для более четкого представления расположения кривых дополнительно построен график (б) при изменении коэффициента вытяжки от 1,3 до 1,4. При существенном различии форм кривых упрочнения (см. рис. 1) имеем незначительное отличие зависимости γ_q от μ , особенно при коэффициенте вытяжки менее 1,2. На рис. 3 показаны такие зависимости для моделей упрочнения $\sigma_s = 1000\mu^{0,25}$ (а) и $\sigma_s = 1000 + 500(\ln \mu)^{0,767}$ (б) при разных значениях угла α (5° , 8° и 12°) и коэффициента трения f (0,05 и 0,10).

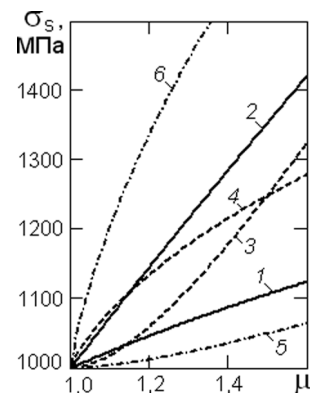


Рис. 1. Зависимости предела текучести от коэффициента вытяжки при разных моделях упрочнения материала проволоки: 1 – 6 соответствуют моделям (6) – (11)

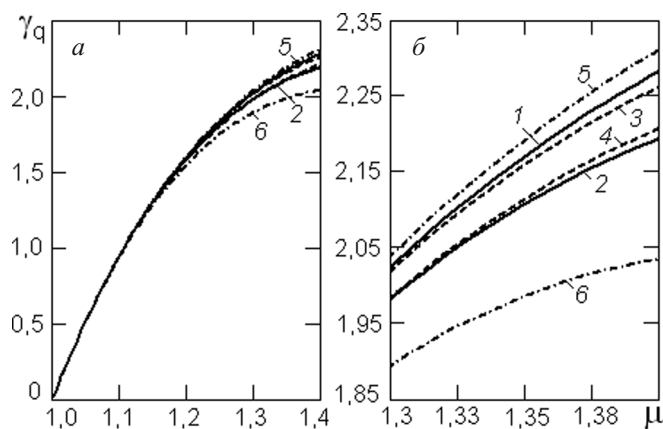


Рис. 2. Зависимости коэффициента противонапряжения γ_q от коэффициента вытяжки при $f=0,075$ и $\alpha=5^\circ$: 1 – 6 — то же, что на рис. 1

Видно, что с уменьшением угла α и коэффициента трения γ_q возрастает. Сравнение кривых на рис. 3, а и б дает основание полагать, что коэффициент γ_q незначительно зависит от модели упрочнения в заданном диапазоне изменения коэффициента вытяжки. Однако он существенно зависит от коэффициента вытяжки (см. рис. 2 и 3). Следует отметить, что величина коэффициента γ_q может быть больше единицы в зависимости от параметров деформации. Таким образом, данные рис. 2 и 3 показывают эффективность применения противонапряжения с целью снижения радиальной силы на волоку. Оно уменьшает величину растягивающих тангенциальных напряжений в волоке, снижая вероятность ее раскола.

Таким образом, предложены аналитические формулы для расчета величины коэффициента противонапряжения γ_q по И. Л. Перлину для разных моделей упрочнения материала круглого сплошного профиля. Показан рост степени влияния формы кривой упроч-

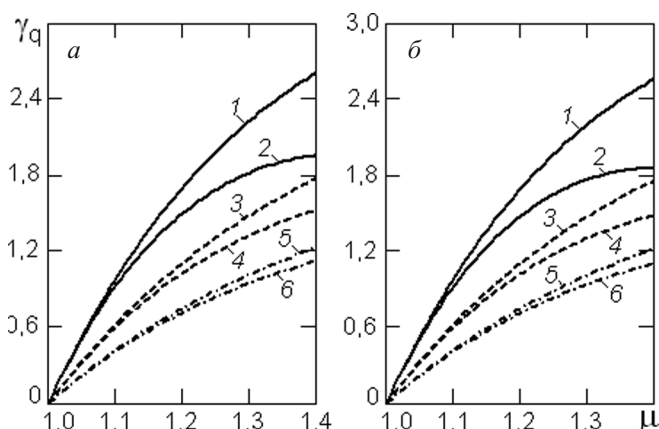


Рис. 3. Зависимости коэффициента γ_q от μ для моделей (6) (а) и (9) (б): 1, 2 — $\alpha=5^\circ$; 3, 4 — $\alpha=8^\circ$; 5, 6 — $\alpha=12^\circ$; нечетные номера — $f=0,05$; четные — $f=0,10$

нения на величину коэффициента γ_q с увеличением степени деформации в проходе волочения. В зависимости от параметров деформации коэффициент γ_q может быть больше единицы. Это указывает на эффективность применения противонапряжения с целью снижения радиальной силы на волоку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарнавский А. Л. Эффективность волочения с противонапряжением. — М.: Металлургиздат, 1959. — 152 с.
2. Перлин И. Л., Ерманок М. З. Теория волочения. — М.: Металлургия, 1971. — 447 с.
3. Гурьянов Г. Н. Оценка эффективности противонапряжения при волочении круглой заготовки / Сталь. 2013. № 11. С. 63 – 70.
4. Гурьянов Г. Н. К разработке рациональной технологии волочения с противонапряжением круглого сплошного профиля / Механика и актуальные проблемы металлургического машиностроения: междунар. сб. науч. тр. / Под ред. О. С. Железкова. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2014. С. 110 – 118.

© Г. Н. Гурьянов
ООО «Феникс+», г. Белорецк, Россия;
e-mail: ggnbelorhome@rambler.ru