

ки неспеченного карбидного каркаса // Изв. вуз. Черная металлургия. 2006. № 3. С. 40 – 42.

2. Гуревич Ю.Г. Влияние нитрида титана на качество изделий из карбидостали TiC–X18H10T // Черные металлы. 2014. № 1. С. 15 – 17.
3. Попель С.И., Шерстобитов Р.А., Царевский Б.В. Определение скорости проникновения оксидных расплавов в капиллярно-пористые материалы. – В кн.: Поверхностные явления в расплавах

и возникающих из них твердых фазах. – Нальчик: Кабардино-Балкарское книжное изд-во, 1965. С. 550 – 557.

4. Износостойкие композиционные материалы / Ю.Г. Гуревич, В.Н. Анциферов Л.М., Савиных и др. – Екатеринбург: УО РАН, 2005. – 216 с.

© 2015 г. Гуревич Ю.Г.
Поступила 24 ноября 2014 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA – FERROUS METALLURGY. 2015. Vol. 58. No. 1, pp. 21–24.

IMPREGNATION KINETICS OF UNSINTERED CARBIDE FRAME BY CORROSION-RESISTANT STEEL 18Cr10NiTi

Gurevich Yu.G., Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair
“Energy and Technology of Metals” (ygg@rambler.ru)

Kurgan State University (25, Gogolya str., Kurgan, Russia,
640000)

Abstract. The optimal porosity of carbide frame is 44 ... 52 %. The author explored the kinetics of the process of impregnating of the green carbide frame of titanium carbide by steel 18Cr10NiTi and experimentally found dependence of the rate of impregnation of the distance of 1 cm from the contact surface of the steel with carbide frame. The dependence of the impregnation time from the pressing height was found. The regularities of distribution of grains of titanium carbide in pressing height after impregnation was determined and its dependence on recrystallization of carbide grains through the liquid phase was described.

Keywords: kinetics, carbide frame, impregnation, steel, porosity, grain size.

REFERENCES

1. Gurevich Yu.G. Theoretical and technological foundation of production of quality items of carbidic steel by impregnation of unsintered carbide frame. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya – Ferrous Metallurgy*. 2006, no. 3, pp. 40–42. (In Russ.).
2. Gurevich Yu.G. Effect of titanium nitride on the quality of products of carbidic steel TiC–18Cr10NiTi. *Chernye metally*, 2014, no. 1, pp. 15–17. (In Russ.).
3. Popel’ S.I., Sherstobitov R.A., Tsarevskii B.V. Determination of the penetration rate of oxide melts in capillary-porous materials. In: *Poverkhnostnye yavleniya v rasplavakh i voznikayushchikh iz nikh tverdykh fazakh* [Surface phenomena in melts and solid phases emerging of them]. Nalchik: Kabardino-balkarskoe knizhnoe izd., 1965, pp. 550–557. (In Russ.).
4. Gurevich Yu.G., Antsiferov V.N., Savinykh L.M. etc. *Iznosostoikiye kompozitsionnye materialy* [Wear-resistant composite materials]. Ekaterinburg: UO RAN, 2005. 216 p. (In Russ.).

Received November 24, 2014

УДК 621.778

ЗАПАС ПРОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ПРОВОЛОКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА ВОЛОЧЕНИЯ

Гурьянов Г.Н., к.т.н., доцент (ggnbelorhome@rambler.ru)

Железков О.С., д.т.н., профессор кафедры «Сопротивление материалов»

Платов С.И., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Машины и технологии обработки давлением»

Терентьев Д.В., к.т.н., доцент кафедры «Машины и технологии обработки давлением»

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова
(455000, Россия, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38)

Аннотация. Приведены результаты расчета осевого напряжения, абсолютного запаса прочности, коэффициента запаса прочности проволоки по И.Л. Перлину и предложенных критериев для оценки эффективности формоизменения при волочении круглого сплошного профиля. При оптимальной величине угла волочения, когда минимальное осевое напряжение, наблюдаются максимальные значения показателей запаса прочности и предложенных критериев эффективности формоизменения.

Ключевые слова: волочение, проволока, осевое напряжение, пояска волоки, угол волочения оптимальный, запас прочности, экономия энергии.

При производстве проволоки малого сечения применяют несколько волочильных переделов, что требует высоких затрат электроэнергии. Энергия расходуется не только на формоизменение исходной заготовки волочильного производства – катанки до готового раз-

мера проволоки, но и преодоление силы контактного трения в рабочем канале волоки, на осуществление сдвига металла на входе и выходе очага пластической деформации и уравнивание силы противонапряжения [1 – 5].

На выходе волокна полное осевое напряжение определяется составляющими [1, 3, 5]

$$\sigma_z = \sigma_{z1} + \sigma_{z2} + \sigma_{zq} + \sigma_{cd}, \quad (1)$$

где σ_{z1} , σ_{z2} – прирост осевого напряжения в рабочем конусе и калибрующем пояске волокна соответственно; σ_{zq} , σ_{cd} – составляющие от действия напряжения противонапряжения и от дополнительного сдвига металла на входе и выходе из рабочего конуса.

Зависимость предела текучести металла σ_{sk} от коэффициента вытяжки μ определяются как [4, 5]

$$\sigma_{sk} = \sigma_{s0} \mu^k, \quad (2)$$

где σ_{s0} , σ_{sk} – предел текучести металла на входе и выходе рабочего конуса волокна; k – коэффициент упрочнения; $\mu = \left(\frac{r_0}{r_k}\right)^2$ – коэффициент вытяжки; r_0 , r_k – радиус заготовки до и после деформации. Эмпирическая формула (2) наиболее подходит для описания изменения прочности холоднотянутой углеродистой проволоки из патентованной заготовки [4, 5].

Расчет основной составляющей полного осевого напряжения – прироста осевого напряжения в рабочем конусе волокна выполняли по уравнению [5]

$$\sigma_{z1} = \frac{\sigma_{s0}}{k} (\mu^k - 1) (1 + f \operatorname{ctg} \alpha), \quad (3)$$

где f – коэффициент трения; α – угол наклона образующей рабочего конуса к оси волочения. Формула (3) при расчете напряжения σ_{z1} учитывает интенсивность деформационного упрочнения и непрерывное изменение предела текучести вдоль длины очага деформации согласно зависимости (2) и из нее вытекает (при $k = 0$) формула Зибеля

$$\sigma_{z1} = \sigma_s \ln \mu (1 + f \operatorname{ctg} \alpha),$$

где $\sigma_s = \frac{\sigma_{s0} + \sigma_{sk}}{2}$ – средний предел текучести металла в очаге деформации.

Составляющую полного напряжения σ_{cd} рассчитывали по формуле

$$\sigma_{cd} = 4\sigma_s \frac{\operatorname{tg} \alpha}{3 \cdot \sqrt{3}}. \quad (4)$$

При выполнении расчетов основной составляющей σ_{z1} полного напряжения волочения по формуле (3) целесообразно применять новое уравнение [6]

$$\sigma_{zq} = \sigma_{q0} \left(\frac{1 - f(\mu^k - 1)}{k \operatorname{tg} \alpha} \right), \quad (5)$$

где σ_{q0} – напряжение противонапряжения.

Перед входом калибрующего пояска осевое напряжение равно $\sigma_{zk} = \sigma_{z1} + \sigma_{zq} + \sigma_{cd}$.

Прирост осевого напряжения в пояске длиной L определили по формуле [7]

$$\sigma_{z2} = 2fL \frac{\sigma_{sk} - \sigma_{zk}}{r_k} = 2\sigma_{sk} fL \frac{1 - \sigma_{zk}}{r_k}. \quad (6)$$

Формула (6) учитывает напряженное состояние металла на входе пояска.

Первое слагаемое в уравнении (3) определяет прирост осевого напряжения, идущего на пластическое формоизменение заготовки с учетом деформационного упрочнения металла:

$$\sigma_{z0} = \sigma_{s0} \frac{\mu^k - 1}{k}. \quad (7)$$

Относительный прирост осевого напряжения на осуществление изменения формы проволочной заготовки равен

$$\eta = \frac{\sigma_{z0}}{\sigma_z}. \quad (8)$$

Назовем отношение η показателем или критерием эффективности формоизменения и коэффициентом полезного действия (КПД) напряжений волочения при формоизменении заготовки в проходе волочения. В работе [8] предложено использовать величину отношения коэффициента фактической вытяжки и коэффициента максимально возможной вытяжки (μ/μ_{\max}) для определения КПД процесса волочения за проход волочения. В уравнении (8) КПД оценивается отношением «полезного» приращения осевого напряжения σ_{z0} (7) и полного напряжения σ_z (1) на выходе волокна.

Выполнен расчет абсолютного запаса прочности Zap и коэффициента запаса прочности γ по И.Л. Перлину [2] по значениям предела текучести σ_{sk} и осевого напряжения σ_z на выходе волокна и соответствующим уравнениям:

$$Zap = \sigma_{sk} - \sigma_z; \quad \gamma = \frac{\sigma_{sk}}{\sigma_z}.$$

Принято, что начальный предел текучести заготовки $\sigma_{s0} = 1000$ МПа, коэффициент упрочнения $k = 0,25$ и $1,25$. Диаметр калибрующего пояска 2 мм, длина пояска 0 и 1 мм. На рис. 1 приведены зависимости полного осевого напряжения σ_z , абсолютного запаса прочности Zap , коэффициента запаса прочности γ и критерия эффективности формоизменения η от угла α при коэффициенте вытяжки 1,15, а на рис. 2 при коэффициенте вытяжки 1,35. Коэффициент трения 0,05 и 0,15, напряжение противонапряжения 0 и 250 МПа.

Кривые для осевого напряжения имеют область минимальных значений, а для показателей запаса

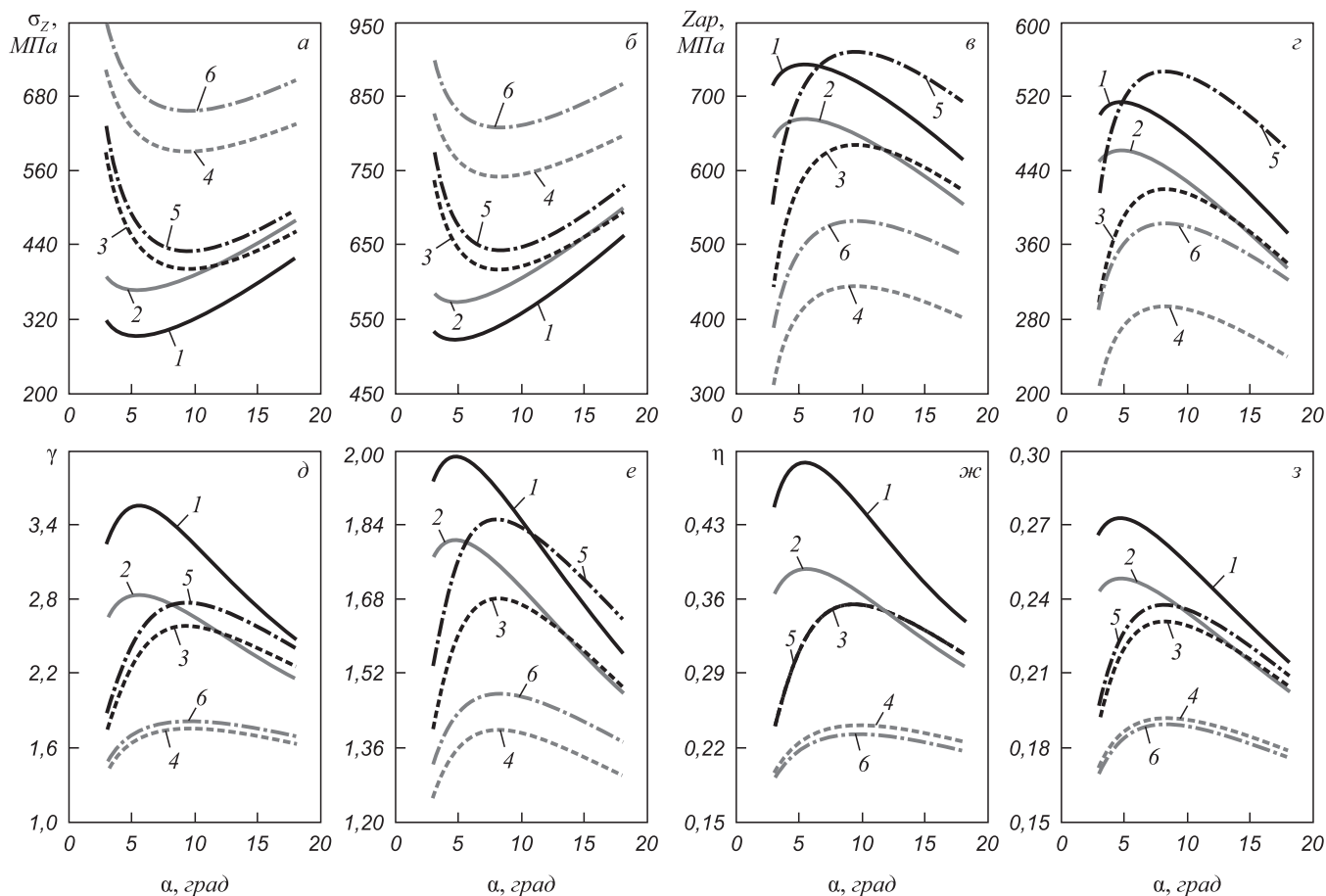


Рис. 1. Зависимости полного осевого напряжения σ_z , абсолютного запаса прочности Zap , коэффициента запаса прочности γ и критерия эффективности формоизменения η от угла α при коэффициенте вытяжки 1,15:
 а, в, д, жс - $\sigma_q = 0$; б, г, з, е, з - $\sigma_q = 250$ МПа; 1, 2 - $f = 0,05$; 3 - 6 - $f = 0,15$; 1 - 4 - $k = 0,25$; 5, 6 - $k = 1,25$; 1, 3, 5 - $L = 0$; 2, 4, 6 - $L = 1,0$ мм

Fig. 1. The dependences of the total axial stress σ_z , absolute safety margin Zap , safety factor γ and η efficiency criterion of forming from the angle α with reduction ratio 1.15:

а, в, д, жс - $\sigma_q = 0$; б, г, з, е, з - $\sigma_q = 250$ МПа; 1, 2 - $f = 0,05$; 3 - 6 - $f = 0,15$; 1 - 4 - $k = 0,25$; 5, 6 - $k = 1,25$; 1, 3, 5 - $L = 0$; 2, 4, 6 - $L = 1,0$ мм

прочности и эффективности формоизменения – максимальных значений. Области экстремальных значений исследуемых показателей процесса волочения смещаются в сторону увеличения угла α при повышении коэффициентов вытяжки и трения и уменьшении напряжения противонапряжения (см. рис. 1, 2). В меньшей степени влияет на величину оптимального угла волочения коэффициент упрочнения. Особенность этого влияния показана в работе [9]. Расстояние между парами кривых 1 и 3, 2 и 4 характеризует степень изменения параметра от увеличения коэффициента трения от 0,05 до 0,15 при коэффициенте упрочнения 0,25 при отсутствии и наличии калибрующего пояска соответственно. Чем меньше величина угла α , тем в большей степени изменяется величина параметров от изменения коэффициента трения. Рост степени деформации вызывает увеличение осевого напряжения и критерия η при снижении показателей запаса прочности. Повышение коэффициента трения вызывает увеличение напряжения σ_z и уменьшение значений Zap , γ и η . Противонапряжение уменьшает критерий η и

запас прочности и повышает осевое напряжение, особенно при меньших значениях коэффициентов трения и вытяжки. С ростом коэффициента упрочнения от 0,25 до 1,25 значительно повысилось осевое напряжение, особенно при наличии пояска. Это показывает сравнение расположения кривых 3 и 5 при отсутствии пояска и 4 и 6 при наличии пояска и коэффициенте трения 0,15. Усиление деформационного упрочнения почти не вызвало изменения критерия η при отсутствии пояска и противонапряжения, поэтому кривые 3 и 5 почти слились при коэффициенте вытяжки 1,15 и 1,35 (рис. 1, жс; 2, жс). Однако при действии противонапряжения и отсутствии пояска величина η несколько повысилась при увеличении коэффициента упрочнения (рис. 1, з; 2, з). При наличии пояска рост коэффициента k вызвал снижение критерия η при отсутствии и действии противонапряжения, что показывают кривые 4 и 6 (рис. 1, жс; з; 2, жс; з).

Зависимости для абсолютного запаса прочности и коэффициента запаса прочности при некоторых сочетаниях значений параметров деформации дают неод-

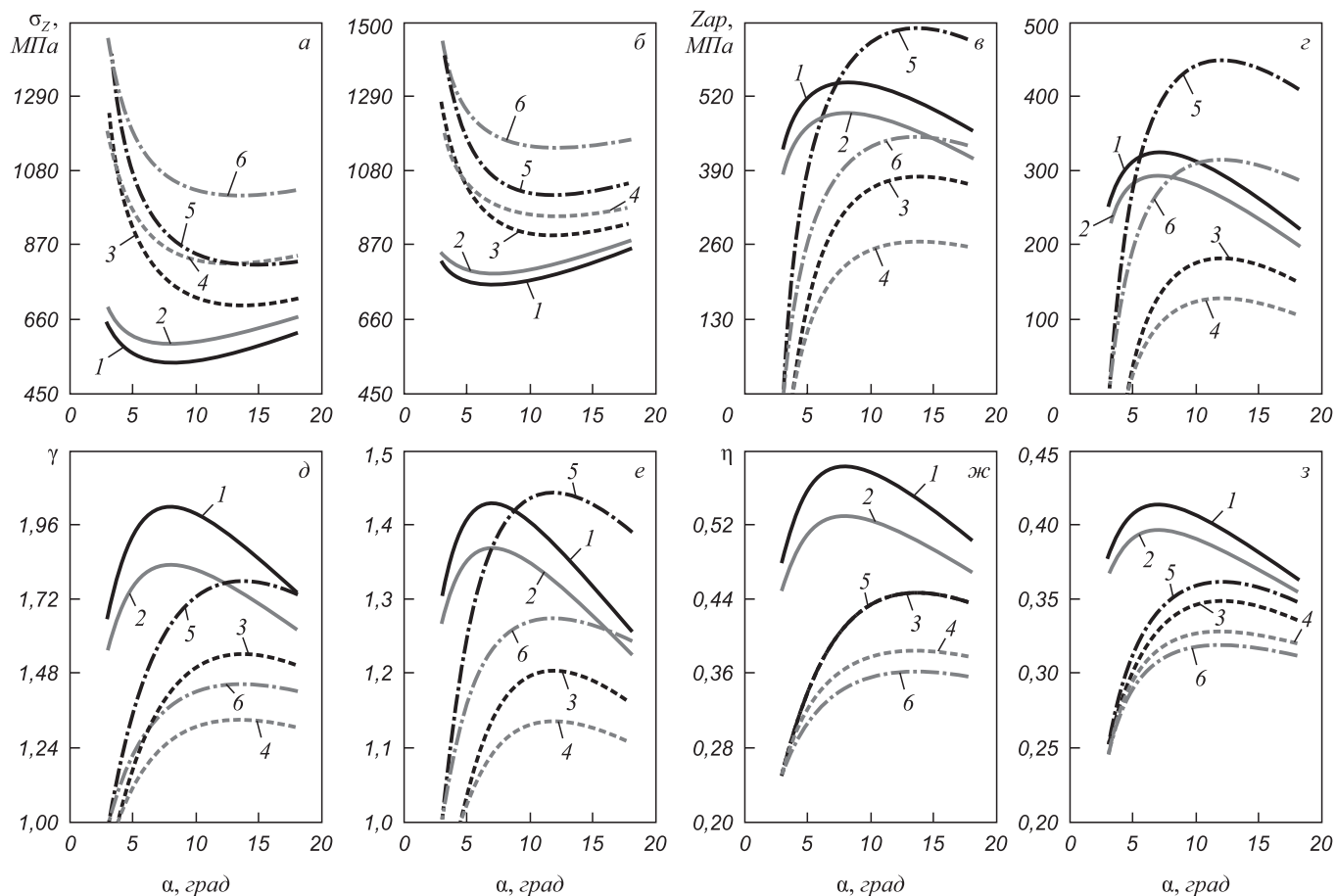


Рис. 2. Зависимости полного осевого напряжения σ_{zz} , абсолютного запаса прочности Zap , коэффициента запаса прочности γ и критерия эффективности формоизменения η от угла α при коэффициенте вытяжки 1,35:
 а, в, д, ж - $\sigma_q = 0$; б, з, е, з - $\sigma_q = 250$ МПа; 1, 2 - $f = 0,05$; 3 - 6 - $f = 0,15$; 1 - 4 - $k = 0,25$; 5, 6 - $k = 1,25$; 1, 3, 5 - $L = 0$; 2, 4, 6 - $L = 1,0$ мм

Fig. 2. The dependences of the total axial stress σ_{zz} , absolute safety margin Zap , safety factor γ and η efficiency criterion of forming from the angle α with reduction ratio 1.35:

а, в, д, ж - $\sigma_q = 0$; б, з, е, з - $\sigma_q = 250$ МПа; 1, 2 - $f = 0,05$; 3 - 6 - $f = 0,15$; 1 - 4 - $k = 0,25$; 5, 6 - $k = 1,25$; 1, 3, 5 - $L = 0$; 2, 4, 6 - $L = 1,0$ mm

нозначные выводы. Например, при $\alpha = 15^\circ$ и отсутствии противонапряжения кривая 5 ($f = 0,15; L = 0; k = 0$) выше кривой 1 ($f = 0,05; L = 0; k = 1,25$) на графиках для зависимостей Zap от α , а на графиках γ от α выше кривая 1 (рис. 1, в, д; 2, в, д). Таким образом, критерии Zap и γ дают разную оценку уровня запаса прочности при заданных значениях степени деформации. При коэффициентах вытяжки 1,35 и трения 0,15 абсолютный запас прочности $Zap < 0$, а коэффициент запаса прочности $\gamma < 1$, если угол $\alpha < 3^\circ$ (рис. 2, в - е, кривые 3 - 6). В этом случае нарушается устойчивость процесса волочения по причине повышенной частоты обрывов тянущего конца проволоки [2 - 5]. Расстояние в вертикальном направлении между парами кривых 1 и 2; 3 и 4; 5 и 6 характеризует степень влияния пояска на величину исследуемого показателя деформации проволоки.

На рис. 3 показано влияние калибрующего пояска диаметром 2 мм и длиной 1 мм на прирост в нем осевого напряжения σ_{zz} при коэффициенте вытяжки 1,15 и 1,35. Кривые для прироста напряжения в пояске имеют максимум при оптимальной величине угла волочения.

Величина прироста напряжения σ_{zz} больше при коэффициенте упрочнения 1,25 и коэффициенте вытяжки 1,15 (рис. 3, а, б). Противонапряжение существенно снизило прирост напряжения в пояске.

Напряжение σ_{zz} при коэффициенте трения 0,15 (кривая 2) больше, чем при $f = 0,05$ (кривая 1) во всем интервале изменения угла α (рис. 3, а, б), если коэффициент вытяжки 1,15. Однако при $\mu = 1,35$ (рис. 3, в, з) и малых значениях угла α прирост напряжения в пояске больше при $f = 0,05$. Более высокие расчетные значения прироста осевого напряжения в пояске при меньшем коэффициенте трения невозможны при использовании уравнений [10], не учитывающих, в отличие от уравнения (6), напряженное состояние проволоки на выходе рабочего конуса волоки:

$$\sigma_{zz} = \frac{2fL\sigma_{sk}}{r_k}; \quad (9)$$

$$\sigma_{zz} = \frac{2fL\sigma_s}{r_k}. \quad (10)$$

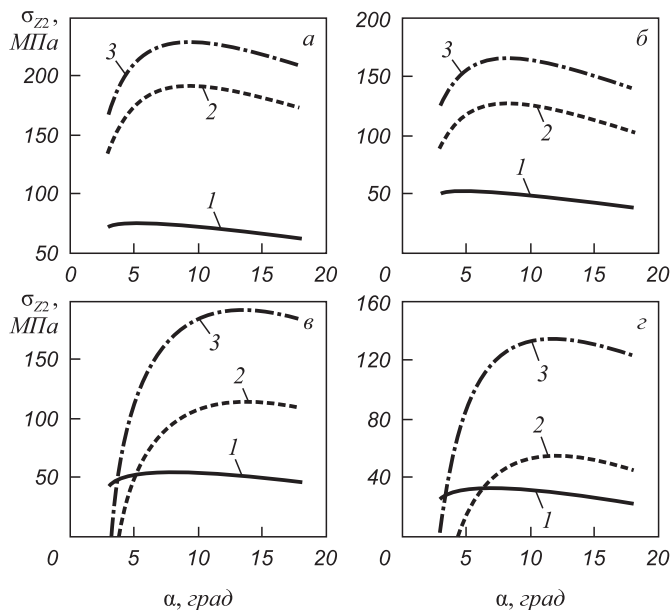


Рис. 3. Прирост осевого напряжения в калибрующем пояске в зависимости от угла α при коэффициенте вытяжки 1,15 (а, б) и 1,35 (в, г):
 а, в - $\sigma_q = 0$; б, г - $\sigma_q = 250$ МПа; 1 - $f = 0,05$; 2 - $f = 0,15$; 3 - $f = 0,15$; $k = 1,25$

Fig. 3. Increase in the sizing of the axial stress depending on the girdle from the angle α with drawing ratio 1.15 (а, б) and 1.35 (в, г):
 а, в - $\sigma_q = 0$; б, г - $\sigma_q = 250$ МПа; 1 - $f = 0.05$; 2 - $f = 0.15$; 3 - $f = 0.15$; $k = 1.25$

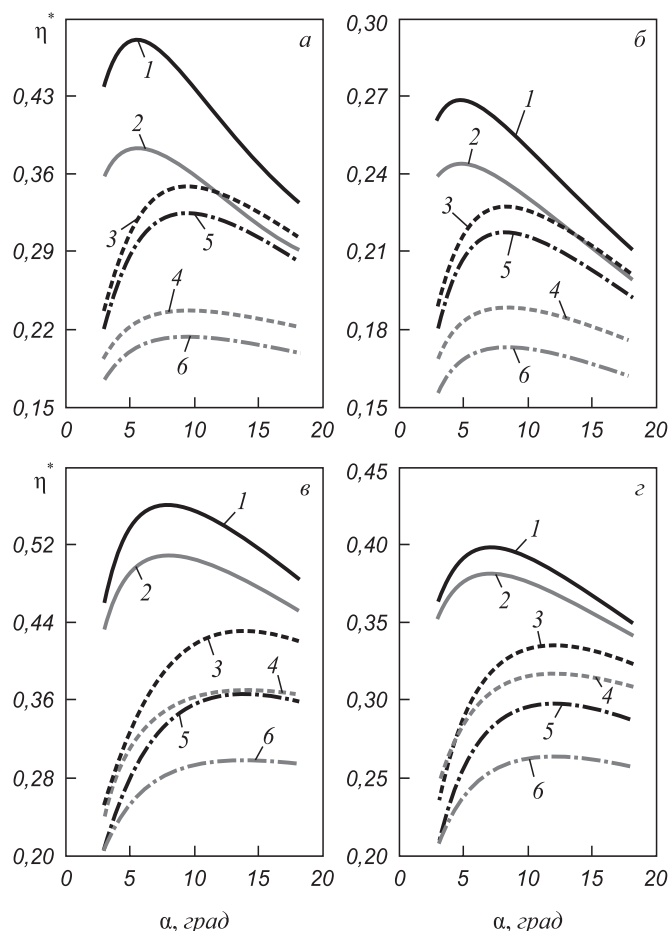


Рис. 4. Зависимость критерия эффективности формоизменения η^* от угла α при коэффициенте вытяжки 1,15 (а, б) и 1,35 (в, г):
 а, в - $\sigma_q = 0$; б, г - $\sigma_q = 250$ МПа; 1, 2 - $f = 0,05$; 3 - 6 - $f = 0,15$; 1 - 4 - $k = 0,25$; 5, 6 - $k = 1,25$; 1, 3, 5 - $L = 0$; 2, 4, 6 - $L = 1,0$ мм

Fig. 4. Dependence of the efficiency criterion η^* of forming from the angle α with reduction ratio 1.15 (а, б) and 1.35 (в, г):
 а, в - $\sigma_q = 0$; б, г - $\sigma_q = 250$ МПа; 1, 2 - $f = 0.05$; 3 - 6 - $f = 0.15$; 1 - 4 - $k = 0.25$; 5, 6 - $k = 1.25$; 1, 3, 5 - $L = 0$; 2, 4, 6 - $L = 1.0$ мм

разность критериев η и η^* при отсутствии и наличии пояска длиной 1,0 мм:

$$\Delta\eta = \eta(L) - \eta(L = 0); \Delta\eta^* = \eta^*(L) - \eta^*(L = 0).$$

Разности $\Delta\eta$ и $\Delta\eta^*$ в зависимости от угла α показаны на рис. 5 при отсутствии противонапряжения и напряжении противонапряжения 250 МПа.

Отрицательное влияние пояска на критерий эффективности формоизменения выше при оптимальной величине угла волочения. При этом величина критерия η снизилась в несколько большей мере, чем критерия η^* . Снижение критериев более заметно при коэффициенте упрочнения 1,25 (кривая 3 выше кривой 2). Значения $\Delta\eta$ меньше при коэффициенте вытяжки 1,35 (рис. 5, в, г), чем при $\mu = 1,15$ (рис. 5, а, б). Противонапряжение снизило негативное действие пояска на эффективность формоизменения, что показывает парное сравнение соответствующих зависимостей а и б, в и г, д и е на рис. 5.

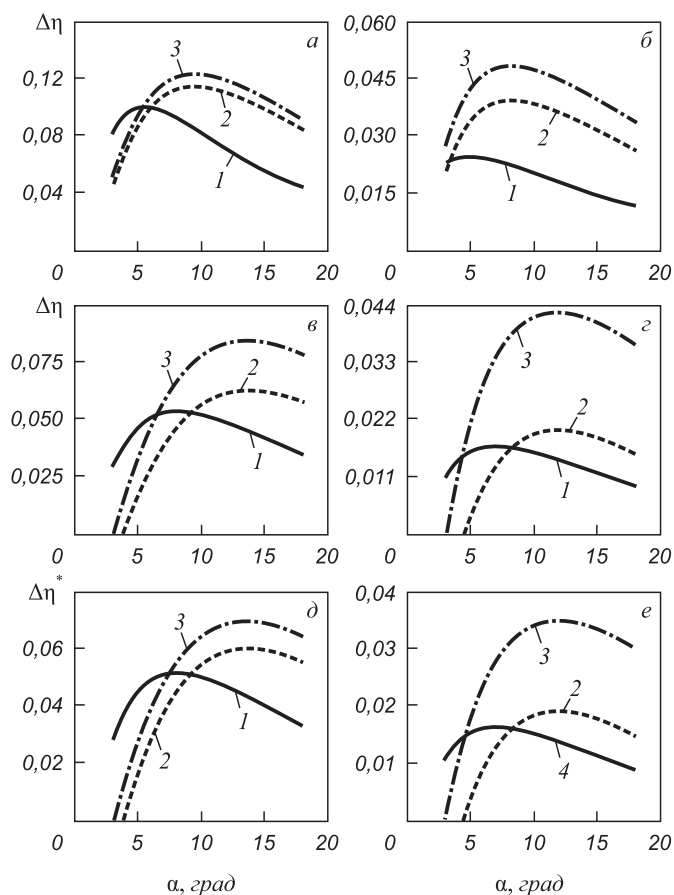


Рис. 5. Влияние калибрующего пояска на величину снижения критерия эффективности формоизменения η при коэффициенте вытяжки 1,15 (а, б) и 1,35 (в - е) в зависимости от угла α :
 а, в, д - $\sigma_q = 0$; б, г, е - $\sigma_q = 250$ МПа; 1 - $f = 0,05$; $k = 0,25$;
 2 - $f = 0,15$; $k = 0,25$; 3 - $f = 0,15$; $k = 1,25$

Fig. 5. The effect of the girdle on reduction magnitude of sizing criterion η of efficiency of forming with drawing ratio 1.15 (а, б) and 1.35 (в - е) in dependence from the angle α :
 а, в, д - $\sigma_q = 0$; б, г, е - $\sigma_q = 250$ МПа; 1 - $f = 0.05$; $k = 0.25$;
 2 - $f = 0.15$; $k = 0.25$; 3 - $f = 0.15$; $k = 1.25$

Выводы. При расчете критерия η для оценки эффективности формоизменения энергия, затраченная на формоизменение заготовки и повышение прочностных свойств обрабатываемого материала, принята как полезная, а затраты энергии на преодоление сил контактного трения и противонапряжения, на сдвиговую деформацию в очаге деформации и на его границах – дополнительными и бесполезными. Второй аналогичный критерий η^* к бесполезным затратам энергии относит также работу силы волочения, идущую на повышение прочности проволоки. Этот критерий меньше η . Оба критерия η и η^* увеличиваются с ростом коэффициента вытяжки и снижением коэффициента трения, длины калибрующего пояска и напряжения противонапряжения. Влияние коэффициента упрочнения на критерии эф-

фективности формоизменения менее значимо, чем коэффициентов вытяжки и трения. Графики зависимости осевого напряжения, абсолютного запаса прочности, коэффициента запаса прочности и критериев эффективности формоизменения от величины угла α показали увеличение оптимального угла волочения с повышением коэффициентов вытяжки и трения и снижением напряжения противонапряжения волочения.

При оптимальном значении угла волочения α достигаются максимальные значения критериев эффективности формоизменения η и η^* , абсолютного запаса прочности Z_{ap} и коэффициента запаса прочности γ , а также максимальное снижение критериев η и η^* при увеличении длины калибрующего пояска волокна. Критерий η более приемлем при оценке эффективности формоизменения при волочении проволоки на готовый размер с нормированными прочностными свойствами, а критерий η^* при аналогичной оценке при деформировании только с целью уменьшения поперечного сечения проволоки. При построении маршрутов волочения перетяжной и готовой проволоки с целью снижения затрат внешней энергии на ее пластическое формоизменение следует рекомендовать показатели η и η^* .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. Т. 3. – М.: Metallurgizdat, 1960. – 306 с.
2. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. – М.: Metallurgiya, 1971. – 447 с.
3. Тарнавский А.Л. Эффективность волочения с противонапряжением. – М.: Metallurgizdat, 1959. – 152 с.
4. Изготовление высококачественных метизов (научный и практический опыт Белорецкого металлургического комбината) / В.А. Кулеша, Н.А. Клековкина, Х.Н. Белалов и др. – Магнитогорск: Магнитогорский дом печати, 1999. – 327 с.
5. Гурьянов Г.Н. Расчет, анализ напряжений, деформаций и запаса прочности при холодном волочении проволоки. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 358 с.
6. Гурьянов Г.Н. К оценке эффективности применения противонапряжения при волочении круглого сплошного профиля // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 12. С. 30 – 38.
7. Гурьянов Г.Н. Расчет прироста осевого напряжения в калибрующем пояске с учетом напряженного состояния в калибрующей заготовке на выходе рабочего конуса волокна // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 6. С. 34 – 36.
8. Аркулис Г.Э. О максимальной вытяжке при волочении. // Тр. конф. по метизному производству. – Челябинск: Изд. ЦБТИ Челябинского совнархоза, 1961. С. 36 – 42.
9. Гурьянов Г.Н. Оптимальные углы рабочего конуса волокна в зависимости от основных параметров деформации проволоки // Изв. вуз. Черная металлургия. 2009. № 9. С. 42 – 45.
10. Зыков Ю.С. Определение максимально допустимых вытяжек при волочении. // Сталь. 1998. № 4. С. 54 – 55.

© 2015 г. Гурьянов Г.Н., Железков О.С.,
 Платов С.И., Терентьев Д.В.
 Поступила 26 апреля 2014 г.

MARGIN AND EFFICIENCY OF FORMING OF WIRE DEPENDING ON THE ANGLE OF DRAWING

Gur'yanov G.N., *Cand. Sci. (Eng.), assist. Professor*
(GGNbelorhome@rambler.ru)

Zhelezkov O.S., *Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair*
“Strength of materials”

Platov S.I., *Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Chair*
“Machinery and metal forming technology”

Terent'ev D.V., *Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the*
Chair “Machinery and metal forming technology”

Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov
(38, Lenina ave., Magnitogorsk, 455000, Russia)

Abstract. Results of calculation of the axial stress, the absolute margin of safety, safety I.L. Perlin factor for wire were determined and the authors proposed criteria for evaluating the effectiveness of forming at drawing round solid profile. At the optimum value of the angle of drawing, when the axial stress is minimal, can be observed maximum values of the safety factor and the proposed performance criteria of forming.

Keywords: drawing, wire, axial stress, die parallel, optimum corner of drawing, economy of energy, margin.

REFERENCES

1. Gubkin S.I. *Plasticheskaya deformatsiya metallov* [Plastic deformation of metals]. Vol. 3. Moscow: Metallurgizdat, 1960. 306 p. (In Russ.)
2. Perlin I.L., Ermanok M.Z. *Teoriya volocheniya* [Theory of drawing]. Moscow: Metallurgiya, 1971. 447 p. (In Russ.)
3. Tarnavskii A.L. *Effektivnost' volocheniya s protivonatyazheniem* [Efficiency of drawing with counterstrain]. Moscow: Metallurgizdat, 1959. 152 p. (In Russ.)
4. Kulesha V.A., Klekovkina N.A., Belalov Kh.N. *Izgotovlenie vysokokachestvennykh metizov (nauchnyi i prakticheskii opyt Beloretskogo metallurgicheskogo kombinata)* [Making of high-quality hardware (scientific and practical experience of Beloretsk Metallurgical Plant)]. Magnitogorsk: Magnitogorskii dom pechati, 1999. 327 p. (In Russ.)
5. Gur'yanov G.N. *Raschet, analiz napryazhenii, deformatsii i zapasa prochnosti pri kholodnom volochenii provoloki: Monografiya* [Calculation analysis of stresses, strains and the safety margin for cold wire drawing: Monograph]. Magnitogorsk: MGTU, 2008. 358 p. (In Russ.)
6. Gur'yanov G.N. Evaluation of effectiveness of counterstrain at drawing of round solid profile. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii*. 2012, no.12, pp. 30–38. (In Russ.)
7. Gur'yanov G.N. Calculation of growth of axial stress in the sizing girdle considering the stress state at the output of the round billet on drawing working cone dies. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii*. 2012, no. 6, pp. 34–36. (In Russ.)
8. Arkulis G.E. *O maksimal'noi vytyazhke pri volochenii* [Maximal drawn at drawing]. In: *Trudy konferentsii po metiznomu proizvodstvu* [Proceedings of the Conference on hardware production]. Chelyabinsk: Izd-vo TsBTI Chelyabinskogo sovmarkhoza, 1961, pp. 36–42. (In Russ.)
9. Gur'yanov G.N. Optimal working cone angles dies depending on the basic parameters of the deformation of the wire. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya – Ferrous Metallurgy*. 2009, no. 9, pp. 42–45. (In Russ.)
10. Zykov Yu.S. Determination of maximum permissible draft ratio in wire drawing. *Steel in Translation*. 1998, vol. 28, no.4, pp. 40–42.

Received April 26, 2014