

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.777: 621.777.22

АНАЛИЗ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ УСЛОВИЙ НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ МЕТОДОМ CONFORM

Беляев С.В.¹, Богданов Д.В.¹, Губанов И.Ю.¹, Горохов Ю.В.¹,
Крохин А.Ю.², Фролов В.Ф.², Костин И.В.¹

¹ Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

² ООО «РУСАЛ ИТЦ», Красноярск, Россия

Аннотация. Представлены аналитические зависимости расчета энергосиловых условий непрерывного прессования методом conform и проведен анализ влияния конструктивных параметров инструмента и технологических условий деформирования на энергосиловые показатели процесса conform. Впервые в статье для определения усилия прессования учитывались параметры очага деформации и реология деформируемого металла. С применением полученных зависимостей был разработан алгоритм расчета изменения энергосиловых условий непрерывного прессования методом conform, реализованный в программе Microsoft Excel, которая позволяет при дискретном вводе исходных данных определять энергосиловые условия во время прессования. Применение полученного решения на практике не требует специальной подготовки инженерно-технического персонала, делает возможным проведение анализа влияния основных параметров процесса на изменение энергосиловых условий непрерывного прессования методом conform для разработки оптимальной технологии производства профилей или создания АСУ ТП.

Ключевые слова: непрерывное прессование методом conform, анализ энергосиловых условий деформирования.

Введение

При разработке технологии, оборудования, проектировании инструмента для совмещенного процесса литья и непрерывного прессования методом conform, как и для любого другого вида ОМД, актуально проведение анализа энергосиловых условий процесса conform с целью создания математических моделей для расчета данных параметров с учетом особенностей формоизменения процесса и реологических свойств деформируемого металла.

В обобщающей работе [1] представлены современные представления теоретических и технологических основ расчета и моделирования температурно-скоростных и энергосиловых условий непрерывного прессования методом conform и совмещенного процесса литья и прессования цветных металлов и сплавов. Однако не учитывается протяженность зон деформации в башмаке, что снижает точность расчетов.

Методика определения энергосиловых условий непрерывного прессования методом conform

Во время деформирования металла методом conform, которое происходит в области ограниченной длиной башмака и его упором, перекрывающим в поперечном сечении кольцевую канавку карусельного кристаллизатора, объем деформируемого металла условно можно разбить на три характерные области (**рис. 1**):

1) входная область протяженностью L_{BX} от входа в башмак и до конца участка наклонной поверхности башмака под углом α_B , где деформируемый металл полностью заполняет поперечное сечение и вступает в полный контакт со стенками канавки карусельного кристаллизатора и башмака – происходит распрессовка заготовки с уменьшением ее высоты до h_K .

В данной области напряжение σ_φ , возникающее в поперечном сечении деформируемого металла, будет равно

$$\sigma_\varphi = \overline{\sigma}_S \left[\mu_A \left(\frac{2R}{b} + 1 \right) + \frac{\mu_A \cos \alpha_B - \mu_P}{h_K \cos \alpha_B} \left(R + \frac{b}{2} \right) \right] \varphi + \sigma_{S0}, \quad (1)$$

где $0 < \varphi < \varphi_{BX} = \frac{L_{BX}}{R_K + b_K/2}$ – центральный угол входной области; $\overline{\sigma}_S = \sqrt{\sigma_{S0} \cdot \sigma_{SK}}$ – среднее сопротивление деформации во входной области; $\sigma_{S0} \approx \sigma_{0,2}$ – условный предел текучести металла на входе в башмак;

2) область основного активного трения протяженностью L_{AT} от конца участка наклонной поверхности башмака до поперечного сечения входа в очаг деформации, где в результате взаимодействия деформируемого металла с приводным вращающимся карусельным кристаллизатором в конце данной области создается напряжение σ_ϕ в поперечном сечении на входе в очаг деформации, необходимое для последующего выдавливания деформируемого металла через калибрующее отверстие матрицы;

3) очаг деформации (ОД) протяженностью L_D от поперечного сечения, где напряжение σ_ϕ достигло величины, достаточной для осуществления прессования и до поперечного сечения выхода профиля из рабочего канала матрицы.

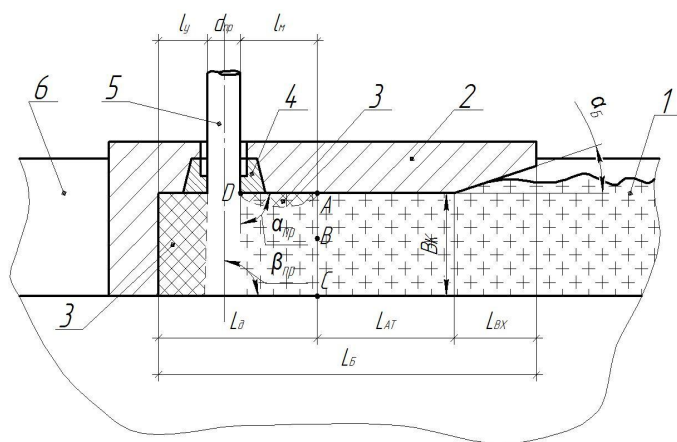


Рис. 1. Расчетная схема для углового ($\beta_{PP} = 90^\circ$) прессования методом conform:

1 – заготовка; 2 – башмак с заходным углом α_B ; 3 – «мертвые» зоны в объеме деформируемого металла перед матрицей; 4 – матрица; 5 – прутки; 6 – канавка карусельного кристаллизатора

Следует отметить, что протяженность данных зон определяет длину башмака L_B , которая должна быть рациональной: при малой протяженности башмака напряжение σ_ϕ может оказаться недостаточным для осуществления прес-

сования – $\sigma_\phi \leq \sigma_{PP}$. В то же время при значительной протяженности башмака могут возникнуть перегрузки на инструмент, неэффективно использоваться подводимая к установке мощность и снижаться эффективность процесса методом conform [2]. Поэтому расчет длины башмака L_B , несомненно, представляет практический интерес.

Общая протяженность башмака будет равна:

$$L_B = L_{BX} + L_{AT} + L_D = (\varphi_{BX} + \varphi_{AT} + \varphi_D) \left(R_K + \frac{b_K}{2} \right), \quad (2)$$

где φ_{BX} , φ_{AT} , φ_D – центральные углы для соответствующих областей; R_K – радиус удаления кольцевой канавки от оси вращения карусельного кристаллизатора; h_K , b_K – высота и ширина кольцевой канавки.

Длину входной области L_{BX} можно определить с учетом условий захвата и устранения усадочной раковины:

$$L_{BX} = \frac{h_{YP}}{\text{tg} \alpha_B} = \frac{\varepsilon_L^2 h_3 + \sqrt{\varepsilon_L^4 h_3^2 + m_w^2 b_K^2 / 4}}{\text{tg} \alpha_B}, \quad (3)$$

где α_B – угол наклона входной поверхности башмака; $h_{YP} = \varepsilon_L^2 h_3 + \sqrt{\varepsilon_L^4 h_3^2 + m_w^2 b_K^2 / 4}$ – глубины залегания усадочной раковины;

$\varepsilon_L = \frac{l_3 - l_D}{l_3} \cdot 100\%$ – коэффициент литейной

усадки; m_w – отношение скоростей затвердевания сверху и с других поверхностей отливки; для открытых прибылей при литье стали и цветных металлов $m_w = 2$, а для закрытых прибылей $m_w = 1$.

Для расчета длины L_{AT} области основного активного трения выделим в деформируемом металле, находящимся в данной области, элементарное сечение и рассмотрим его равновесие под действием приложенных к нему сил:

$$-(\sigma + d\sigma) h_K b_K + \sigma h_K b_K + \tau_A (2R_K + b_K) h_K \times d\varphi + (\tau_A - \tau_P) \left(R_K b_K + \frac{b_K^2}{2} \right) d\varphi = 0, \quad (4)$$

где $\tau_A = \mu_A \sigma_S$ – активные напряжения трения, действующие на границе контакта кольцевой канавки вращающегося карусельного кристаллизатора и деформируемого металла; $\tau_P = \mu_P \sigma_S$ – реактивные напряжения трения, действующие на границе контакта неподвижного башмака и деформируемого металла; μ_A и μ_P – коэффициенты трения.

После некоторых преобразований получим:

$$d\sigma = \sigma_S \left(\frac{2\mu_A}{b_K} + \frac{\mu_A - \mu_P}{h_K} \right) \cdot \left(R_K + \frac{b_K}{2} \right) d\varphi. \quad (5)$$

Данное уравнение позволяет оценить изменение напряжений в области основного активного трения и, приравнявая $\sigma_\varphi = \sigma_{PP}$, найти протяженность данной области $L_{AT} = (R_K + b_K/2) \varphi_{AT}$:

$$\varphi_{AT} = \frac{\frac{\sigma_{PP}}{\sigma_{SAT}} - \left[\frac{2\mu_A}{b_K} + \frac{\mu_A \cos \alpha_B - \mu_P}{h_K \cos \alpha_B} \right] \varphi_{BX}}{\frac{2\mu_A}{b_K} + \frac{\mu_A - \mu_P}{h_K}}. \quad (6)$$

Учитывая, что на практике $\mu_A \approx \mu_P$, то выражение (6) можно упростить:

$$\varphi_{AT} = \frac{\sigma_{PP} b_K}{2\mu_A \sigma_S} - \left[1 - \frac{b_K (1 - \cos \alpha_B)}{2h_K \cos \alpha_B} \right] \varphi_{BX}, \quad (7)$$

где $\sigma_{PPM} = \frac{P_{PP} + P_M}{b_K h_K}$ – давление, необходимое

для выдавливания прутка из рабочего канала матрицы; P_{PP} и P_M – силы прессования и трения на рабочем пояске матрицы.

Из известных опубликованных исследований силовых условий прессования наиболее обоснованной является инженерная формула Л.А. Шофмана [3]:

– для прямого (горизонтального $\beta_{PP} = 0^\circ$) прессования

$$\sigma_{PP} = \sigma_S (0,8 + 1,2 \ln \lambda_{PP}); \quad (8)$$

– для бокового ($\beta_{PP} = 90^\circ$) прессования

$$\sigma_{PP} = \sigma_S (0,8 + 1,45 \ln \lambda_{PP}), \quad (9)$$

где λ_{PP} – вытяжка при прессовании.

Из формул (8) и (9) видно, что при увеличении угла β_{PP} от 0 до 90° давление прессования σ_{PP} увеличивается на 0,25. Поэтому можно предложить следующую формулу для оценки давления при угловом прессовании:

$$\sigma_{PP} = \sigma_S \left[0,8 + \left(1,2 + \frac{\beta_{PP}}{360^\circ} \right) \ln \lambda_{PP} \right]. \quad (10)$$

Протяженность очага пластической деформации L_D при выдавливании в канал матрицы обусловлена действием активных сил трения на деформируемый металл. Угол образующей упругой зоны α_{PP} будет больше, чем при обычном прямом прессовании, что показано применительно к СПАТ в работе [4]: $\alpha_{PP} = 65 \div 70^\circ$, а в работе [5] α_{PP} определен для процесса conform из условия минимума мощности деформации и составил $\alpha_{PP} = 70^\circ$. Экспериментальное обоснование таких значений углов α_{PP} дано в монографии [6]. Поэтому для горизонтального выдавливания принимаем значение угла $\alpha_{PP} = 70^\circ$.

В своих работах И.Л. Перлин [4], М.З. Ерманок [7] указывали на то, что ОД при прессовании имеет довольно сложную форму, которая, как и размеры, зависит от множества факторов и не поддается точному математическому описанию. Понятие границы ОД в значительной степени условно, так как построить какую-то поверхность (в плоскости чертежа – линию), строго отделяющую зону пластического течения от зоны, находящейся преимущественно в упругом состоянии, невозможно. Особенно это касается задних и передних границ ОД. Вследствие невозможности их теоретического построения сделаем гипотетическое предположение, что при горизонтальном выдавливании $\beta_{PP} = 0^\circ$ через одноканальную матрицу из прямоугольного калибра сечением $F_K = b_K h_K$ ОД представляет собой усеченный конус. При угле конусности матрицы $\alpha_M \geq 70^\circ$ (в том числе и для плоской матрицы) расчетный угол конуса принимается равным $\alpha_{PP} = 70^\circ$, а при $\alpha_M \leq 70^\circ$ – равным действительному $\alpha_{PP} = \alpha_M$ (рис. 2).

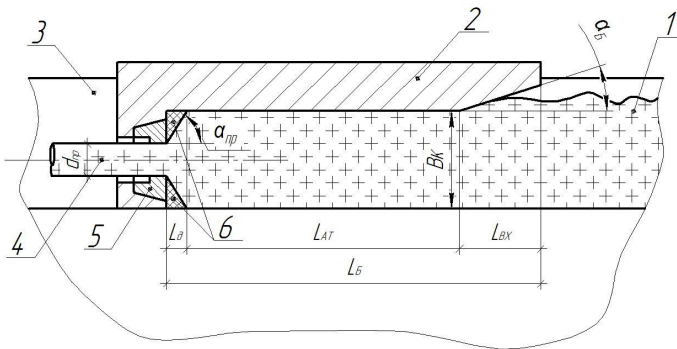


Рис. 2. Расчетная схема для горизонтального прессования ($\beta_{\text{пр}} = 0^\circ$) методом conform:

- 1 – заготовка; 2 – башмак с заходным углом α_B ;
- 3 – канавка карусельного кристаллизатора; 4 – пруток;
- 5 – матрица; 6 – «мертвые» зоны в объеме деформируемого металла перед матрицей

Тогда протяженность ОД будет равна

$$L_{\text{д}} = \frac{D_{\text{к}} - d_{\text{пр}}}{2 \cdot \text{tg}\alpha_{\text{пр}}}, \quad (11)$$

где $D_{\text{к}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{к}}}{\pi}}$ – приведенный диаметр;

$F_{\text{к}} = b_{\text{к}} h_{\text{к}}$ – площадь поперечного сечения канала карусельного кристаллизатора, ограниченного башмаком, перед очагом деформации; $d_{\text{пр}}$ – диаметр прутка.

При вертикальном (угловом) выдавливании $\beta_{\text{пр}} = 90^\circ$ через одноканальную матрицу из прямоугольного калибра сечением $F_{\text{к}} = b_{\text{к}} h_{\text{к}}$ ОД будет иметь более сложную форму (см. рис. 1). В работе предложено [1] в первом приближении протяженность ОД при угловом прессовании рассчитывать как

$$L_{\text{д}} = l_{\text{в}} + d_{\text{пр}} + l_{\text{м}}, \quad (12)$$

где $l_{\text{м}} = 0,382 b_{\text{к}} \text{tg}\alpha_{\text{пр}}$, т.е. точка В делит отрезок АВ по правилу золотого сечения.

Зная геометрические размеры очага деформации, можно найти его объем $V_{\text{од}}$ и такие параметры деформации, как:

$$t_{\text{д}} = \frac{V_{\text{од}}}{b_{\text{к}} h_{\text{к}} \omega_{\text{к}} (R_{\text{к}} + b_{\text{к}}/2)} \text{ – время деформации; } (13)$$

$$\varepsilon_{\text{д}} = \ln \lambda_{\text{пр}} = \ln \left(\frac{\pi d_{\text{пр}}^2}{4 b_{\text{к}} h_{\text{к}}} \right) \text{ – степень деформации; } (14)$$

$$\xi_{\text{д}} = \frac{\varepsilon_{\text{д}}}{t_{\text{д}}} \text{ – скорость деформации. } (15)$$

Далее, если известно уравнение реологии деформируемого металла, то с помощью параметров (13)–(15) можно рассчитать сопротивление деформации $\sigma_{\text{с}}$ деформируемого металла и определить такие важные энергосиловые параметры совмещенного процесса литья и непрерывного прессования методом conform, как усилие прижима башмака $P_{\text{прб}}$ к карусельному кристаллизатору и мощность привода установки $N_{\text{вс}}$.

При проектировании технологии совмещенного процесса литья и непрерывного прессования методом conform важно правильно выбрать усилие прижима башмака к карусельному кристаллизатору. При недостаточном усилии прижима деформируемый металл начнет вытекать в зазоры между башмаком и карусельным кристаллизатором, а при чрезмерном усилии прижима возможен повышенный абразивный износ инструмента, заклинивание и выход его из строя. Для оценки усилия прижима башмака к карусельному кристаллизатору воспользуемся выражением (5)

$$P_{\text{прб}} = \overline{\sigma}_{\text{сип}} b_{\text{к}} \left(R_{\text{к}} + \frac{b_{\text{к}}}{2} \right) (\varphi_{\text{ат}} + \varphi_{\text{вх}}) \times \left[\left(\frac{2\mu_{\text{а}}}{b_{\text{к}}} + \frac{\mu_{\text{а}} - \mu_{\text{р}}}{h_{\text{к}}} \right) \cdot \left(R_{\text{к}} + \frac{b_{\text{к}}}{2} \right) (\varphi_{\text{ат}} + \varphi_{\text{вх}}) + 1 \right]. \quad (16)$$

При равенстве коэффициентов трения на поверхности контакта башмака и канавки карусельного кристаллизатора – $\mu_{\text{а}} = \mu_{\text{р}}$ и $\mu_{\text{р}}$ выражение (16) примет следующий вид:

$$P_{\text{прб}} = \overline{\sigma}_{\text{сип}} b_{\text{к}} \left(R_{\text{к}} + \frac{b_{\text{к}}}{2} \right) (\varphi_{\text{ат}} + \varphi_{\text{вх}}) \times \left[\left(\frac{2\mu_{\text{а}}}{b_{\text{к}}} \right) \cdot \left(R_{\text{к}} + \frac{b_{\text{к}}}{2} \right) (\varphi_{\text{ат}} + \varphi_{\text{вх}}) + 1 \right], \quad (17)$$

где $\overline{\sigma}_{\text{сип}} = \sqrt{\sigma_{\text{с0}} \cdot \sigma_{\text{ск}}}$, $\sigma_{\text{с0}}$ и $\sigma_{\text{ск}}$ – сопротивления деформации в начале и конце области деформации.

Мощность привода установки $N_{\text{вс}}$, затрачиваемая на реализацию процесса conform, будет равна

$$N_{yc} = M_{пп} \omega_K = \left(R_K + \frac{b_K}{2} \right) \omega_K \sum_{i=1}^n P_i, \quad (18)$$

где $\sum_{i=1}^n P_i = P_{ТРБ} + P_{ПП} + P_M + P_{ОД} + P_{ТРУ}$ – сумма сил трения на башмаке $P_{ТРБ}$, на наружной поверхности очага деформации $P_{ОД}$, на контакте упора башмака и канавки карусельного кристаллизатора $P_{ТРУ}$, на рабочем пояске матрицы P_M и силы прессования $P_{ПП}$:

$$P_{ТРБ} = \mu_B \overline{\sigma_{SBX}} b_K \left(R_K + \frac{b_K}{2} \right) (\varphi_{AT} + \varphi_{BX}), \quad (19)$$

$$P_{ПП} = b_K h_K \overline{\sigma_{SPP}} \left[0,8 + \left(1,2 + \frac{\beta_{ПП}}{360^0} \right) \ln \lambda_{ПП} \right], \quad (20)$$

$$P_M = \mu_M \overline{\sigma_{SM}} F_M, \quad (21)$$

$$P_{ОД} = \mu_B \overline{\sigma_{SPP}} \times \left[R_K (2h_K + b_K) + b_K h_K \left(1 + \frac{b_K}{2h_K} \right) \right] \varphi_{ОД}, \quad (22)$$

$$P_{ТРУ} = \mu_B \overline{\sigma_{SPP}} l_{BV} (2h_K + b_K), \quad (23)$$

где $\overline{\sigma_i}$ – среднее значение сопротивления деформации в i -й зоне; F_M – боковая поверхность рабочего пояса матрицы; μ_i – коэффициент трения i -й зоне; l_{BV} – толщина упора башмака.

Полученные выражения вполне приемлемы для инженерных расчетов и позволяют провести анализ энергосиловых условий непрерывного прессования методом conform для следующих значениях параметров:

– радиус удаления кольцевой канавки от оси вращения карусельного кристаллизатора изменялся в пределах $R_K = 100 - 300$ мм;

– высота и ширина кольцевой канавки были равны $h_K = b_K = 10$ мм;

– коэффициенты трения принимались равными $\mu_A = \mu_P = 0,5$;

– коэффициент вытяжки изменялся в пределах $\lambda_{ПП} = 2 - 12$;

– заготовка из свинца непрерывно заливалась в кольцевую канавку, остывала и на входе в башмак имела температуру, равную $T_{10} = 20^0 C$;

– карусельный кристаллизатор вращался с постоянной скоростью $n_K = 2$ об/мин.

Общая длина башмака определялась в каждом случае по формуле (2), что обеспечивало необходимое и достаточное усилие для реализации процесса СЛик. Следует отметить, что если конструктивно задается длина башмака $L_{КОН}$ большей длины, чем рассчитанной по формуле (2), то во время реализации процесса СЛик возникает дополнительная сила трения на границе контакта заготовки и башмака, равная:

$$P_{РТБ} = \frac{\mu_B \overline{\sigma_{SAT}} b_K^2 \varphi_{РТБ}}{2} \left(\frac{2R_K}{b_K} + 1 \right), \quad (24)$$

где

$$\varphi_{РТБ} = \frac{L_{КОН} - L_D - L_{AT} - L_{BX}}{R_K + b_K / 2}. \quad (25)$$

Кроме того, дополнительная протяженность башмака не только увеличивает энергозатраты, снижая коэффициент полезного действия процесса СЛик, но и приводит к увеличению силы прижима башмака.

Результаты и их обсуждение

Использование представленных математических зависимостей на практике не требует специальной подготовки инженерно-технического персонала, делает возможным проведения анализа влияния основных параметров процесса на изменение энергосиловых условий непрерывного прессования методом conform для разработки оптимальной технологии производства профилей или создания АСУ ТП с учетом результатов работы [8].

Результаты исследований представлены на рис. 3–7.

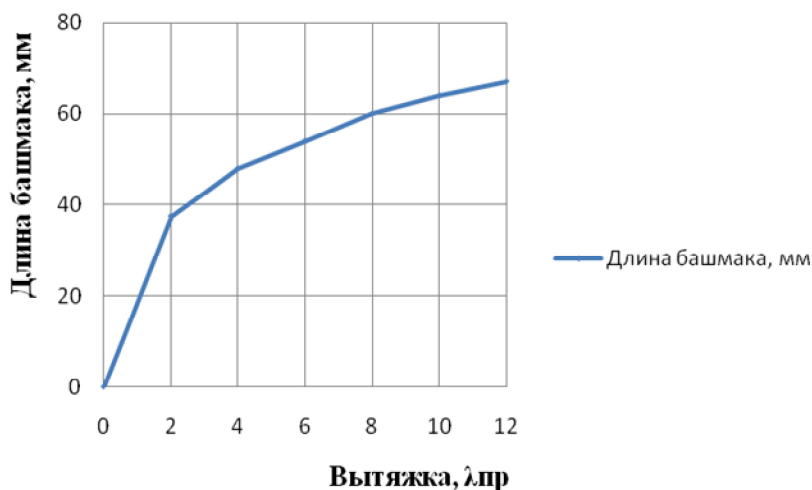


Рис. 3. Изменение длины башмака L_B от коэффициента вытяжки $\lambda_{пр}$

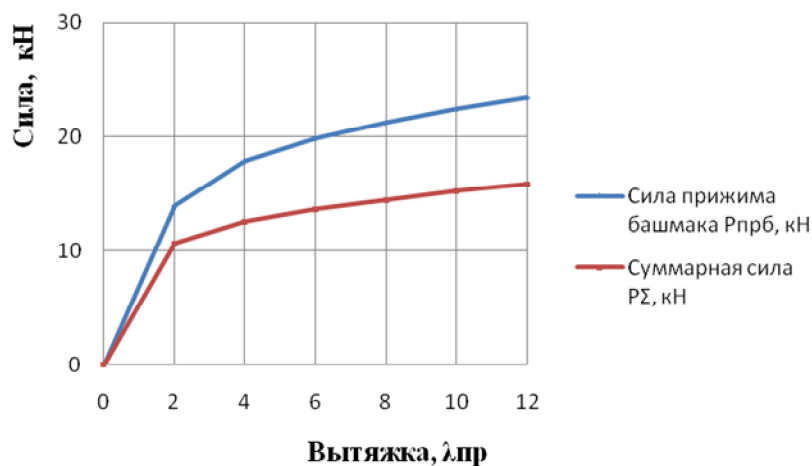


Рис. 4. Изменение сил прижима башмака $P_{прб}$ и суммарной силы P_{Σ} от коэффициента вытяжки $\lambda_{пр}$

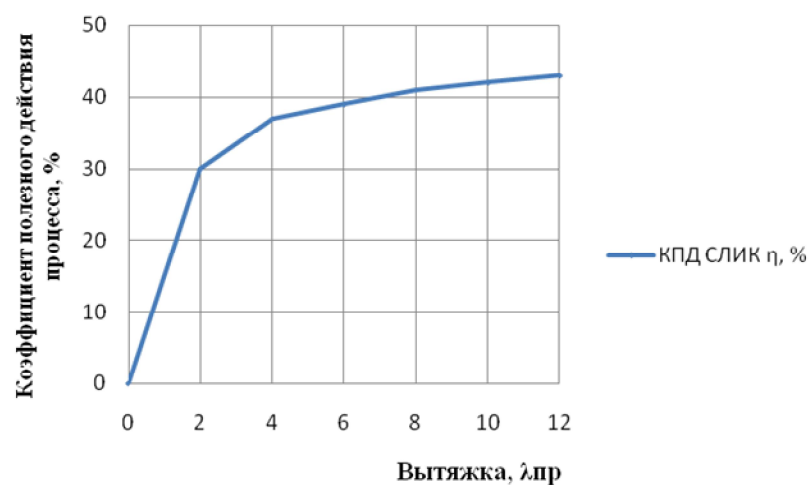


Рис. 5. Изменение коэффициента полезного действия процесса СЛИК η от коэффициента вытяжки $\lambda_{пр}$

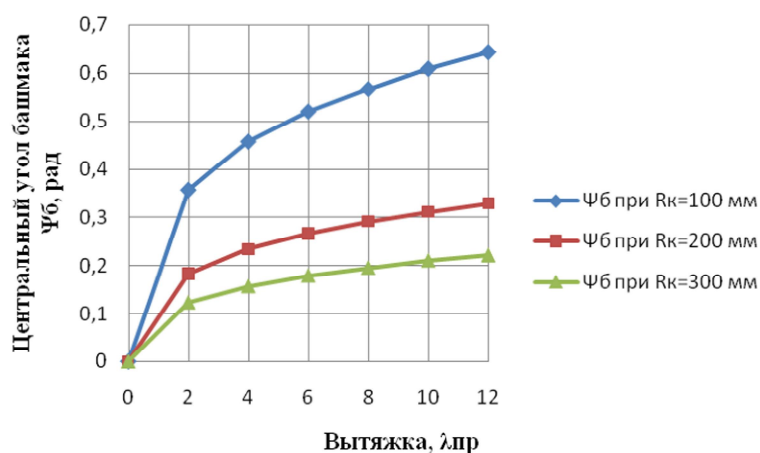


Рис. 6. Изменение центрального угла башмака Ψ_B от радиуса колеса R_K и коэффициента вытяжки $\lambda_{ПР}$

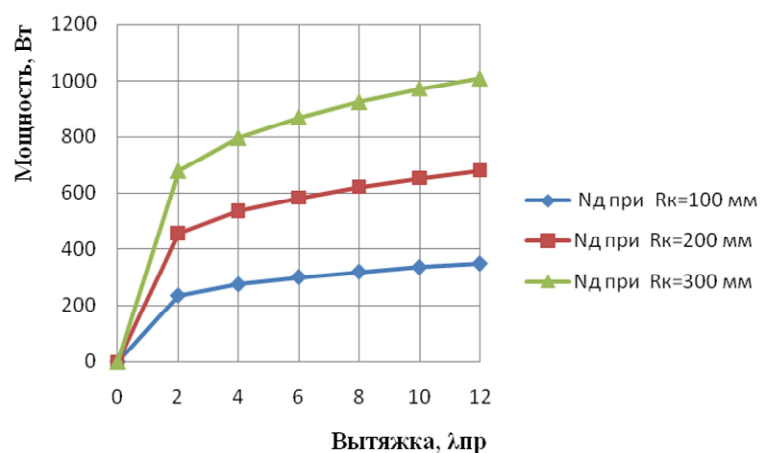


Рис. 7. Изменение мощности процесса деформирования N_D от радиуса колеса R_K и коэффициента вытяжки $\lambda_{ПР}$

Выводы

Анализируя полученные результаты, можно отметить следующее:

1. Длина башмака в значительной мере зависит только от коэффициента вытяжки и возрастает с его увеличением, но при этом не изменяется от радиуса карусельного кристаллизатора.

2. Силы прижима башмака и суммарной силы при угловом выдавливании прутка методом conformt определяются главным образом коэффициентом вытяжки и сопротивлением деформации обрабатываемого металла и увеличиваются с ростом их значений.

3. Центральный угол башмака возрастает с увеличением значений коэффициента вытяжки и уменьшением радиуса карусельного кристаллизатора.

4. Мощность процесса деформирования

возрастает с увеличением значений коэффициента вытяжки и радиуса карусельного кристаллизатора.

5. Коэффициент полезного действия процесса conformt возрастает с увеличением значений коэффициента вытяжки при условии, что общая длина башмака определялась по формуле (2), что обеспечивало необходимое и достаточное усилие для реализации процесса СЛиК.

Список литературы

1. Основы проектирования процессов непрерывного прессования металлов: монография / Ю.В. Горохов, В.Г. Шеркунов, Н.Н. Довженко [и др.]. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. 268 с.
2. Корнилов В.Н. Непрерывное прессование со сваркой алюминиевых сплавов. Красноярск: Изд-во пед. ин-та, 1993. 216 с.
3. Перлин И.Л., Райтбарг Л.Х. Теория прессования металлов.

- М.: Metallurgia, 1975. 448 с.
- Щерба В.Н., Райтбарг Л.Х. Технология прессования металлов. М.: Metallurgia, 1995. 336 с.
 - Расчет оптимальной геометрии инструмента при непрерывном прессовании / В.М. Сергеев, В.Г. Шеркунов, Ю.В. Горохов [и др.] // Металлы. 1990. № 4. С. 183–188.
 - Довженко Н.Н., Сидельников С.Б., Васина Г.И. Система автоматизированного проектирования технологии прессования металлов. Научное методическое обеспечение: монография. Красноярск: ГАЦМиЗ, 2000. 196 с.
 - Ерманок М.З., Фейгин В.И., Сухоруков Н.А. Прессование профилей из алюминиевых сплавов. М.: Metallurgia, 1977. 264 с.
 - Автоматизация технологического процесса прессования профилей из сплавов алюминия и ее применение в производственных условиях / Н.Н. Довженко, С.Б. Сидельников, Пещанский А.С. [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 2. С. 39–42.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

ANALYSIS OF POWER CONDITIONS OF CONTINUOUS EXTRUSION BY THE CONFORM PROCESS

Belyaev Sergey Vladimirovich – D.Sc. (Eng.), Associate Professor, Head of the Foundry Engineering Department, the Institute of Non-Ferrous Metals and Materials Science, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. Phone: +7 (391) 213-36-21. E-mail: 244812@mail.ru.

Bogdanov Dmitry Vladimirovich – Postgraduate Student, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Gubanov Ivan Yurievich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Gorokhov Yuri Vasilievich – D.Sc. (Eng.), Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Krokhin Alexander Yurievich – Project Manager of LLC RUSAL R&D Centre, Krasnoyarsk, Russia.

Frolov Viktor Fedorovich – Project Manager of LLC RUSAL R&D Centre, Krasnoyarsk, Russia.

Kostin Igor Vladimirovich – Postgraduate Student, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Abstract. This article presents analytical dependences of calculations of power conditions of continuous extrusion by the conform process and analyzes the influence of the design parameters of the tool and deformation process conditions on power parameters of the conform process. For the first time the article considers parameters of a deformation zone and rheology of deformed steel to determine the pressing force. By applying the calculated dependences, the authors developed an algorithm to calculate changes in power conditions of continuous extrusion by the conform process, which was implemented in Microsoft Excel, determining power conditions during extrusion for discrete input of source data. A practical application of the solution in practice requires no special training of technical personnel, makes it possible to analyze the influence of main process parameters on changes in power conditions of continuous extrusion by the conform process to develop an optimal production technology for steel sections or create a PCS.

Keywords: Continuous extrusion by the conform process, analysis of power conditions of deformation.

References

- Gorokhov Yu.V., Sherkunov V.G., Dovzhenko N.N. et al. *Osnovy proektirovaniya protsessov nepreryvnogo pressovaniya metallov: monografiya* [Basics of designing processes of continuous extrusion of metals: a monograph]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2013, 268 p.
- Kornilov V.N. *Nepreryvnoe pressovanie so svarkoj alyuminievykh splavov* [Continuous extrusion with welding of aluminum alloys]. Krasnoyarsk: Publishing House of the Pedagogical Institute, 1993, 216 p.
- Perlin I.L., Raitbarg L.Kh. *Teoriya pressovaniya metallov* [Theory of metal pressing]. Moscow: Metallurgy, 1975, 448 p.
- Shcherba V.N., Raitbarg L.Kh. *Teoriya pressovaniya metallov* [Technology of metal pressing]. Moscow: Metallurgy, 1995, 336 p.
- Sergeyev V.M., Sherkunov V.G., Gorokhov Yu.V. et al. The calculation of the optimum geometry of the tool during continuous extrusion. *Metally* [Metals]. 1990, no. 4, pp. 183-188.
- Dovzhenko N. N., Sidelnikov S.B., Vasina G.I. *Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya tekhnologii pressovaniya metallov. Nauchnoe metodicheskoe obespechenie: monografiya* [A computer-aided design of metal pressing technology. Scientific methodological support: a monograph]. Krasnoyarsk: GATsMiZ, 2000, 196 p.
- Ermanok M.Z., Feigin V.I., Sukhorukov N.A. *Pressovanie profilej iz alyuminievykh splavov* [Extrusion of aluminum alloy sections]. Moscow: Metallurgy, 1977, 264 p.
- Dovzhenko N.N., Sidelnikov S.B., Peshchansky A.S. et al. Automation of the aluminum alloy section extrusion process and its application in an industrial environment. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2011, no. 2, pp. 39-42.

Анализ энергосиловых условий непрерывного прессования методом conform / Беляев С.В., Богданов Д.В., Губанов И.Ю., Горохов Ю.В., Крохин А.Ю., Фролов В.Ф., Костин И.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. №3. С. 44–51.

Belyaev S.V., Bogdanov D.V., Gubanov I.Yu., Gorokhov Yu.V., Krokhin A.Yu., Frolov V.F., Kostin I.V. Analysis of power conditions of continuous extrusion by the conform process. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2015, no. 3, pp. 44–51.