

УДК 621.777: 621.777:22

Повышение эффективности производства профилей из алюминиевых сплавов на основе управления тепловыми условиями процесса прессования

**С.В. Беляев*, Н.Н. Довженко, С.Б. Сидельников,
А.С. Пещанский, П.О. Широков, А.Л. Киселев**

*Сибирский федеральный университет,
Россия 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79¹*

Received 16.11.2009, received in revised form 03.12.2009, accepted 18.12.2009

Приведены результаты исследования теплового взаимодействия в системе деформируемый металл – прессовый инструмент. Представлены аналитические зависимости определения температурных условий при дискретном прессовании сплошных и полых профилей, при полуунпрерывном и непрерывном прессовании алюминиевых сплавов. Научно обосновано применение принудительного охлаждения прессового инструмента. Представлена методика оптимизации температурно-скоростных условий прессования с учетом реологических свойств деформируемого металла.

Ключевые слова: прессование алюминиевых сплавов, тепловое взаимодействие, оптимизация температурно-скоростных условий, реологические характеристики металла.

Введение

Пресс-изделия из алюминиевых сплавов применяются во многих отраслях промышленности и представляют собой высокоэффективный вид металлопродукции, который имеет развитый мировой рынок с постоянным приростом потребления.

Процесс прессования алюминиевых сплавов является очень энергоемким процессом обработки металлов давлением, и практически вся затраченная энергия идет на образование тепла. Баланс тепла от деформационного теплообразования и отвод тепла при прессовании существенно изменяют температурные условия протекания процесса. При увеличении скорости прессования интенсивно растет температура деформируемого металла и при достижении «критических» температур для каждого алюминиевого сплава происходит разрушение пресс-изделия [1]. Поэтому тепловые условия прессования алюминиевых сплавов оказывают решающее влияние на качество пресс-изделий, на производительность и в совокупности влияют на технико-экономические показатели всего процесса прессования [2]. Таким образом, разработка научно обоснованных технических и технологических решений для управления тепловыми условиями процесса прессования с целью повышения эффективности производства пресс-изделий из алюминия и его

* Corresponding author E-mail address: 244812@mail.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

сплавов, несомненно, является актуальной научно-технической проблемой, требующей оперативного решения [3].

Исследование температурно-скоростных условий прессования алюминиевых сплавов

Дальнейшее совершенствование металлообработки алюминиевых сплавов и повышение эффективности прессового производства связано с решением задач создания отраслевых разработок, которые можно отнести к приоритетным по новизне и показателям, следующих процессов:

- дискретное прямое прессование труднодеформируемых сплавов с применением принудительно охлаждаемого прессового инструмента [4, 5];
- полуунепрерывное изотермическое прямое прессование легкодеформируемых сплавов с использованием форкамерных матриц и автоматизированной системы управления процессом прессования [4, 5];
- непрерывное прессование профилей с относительно небольшим поперечным сечением (проволока, катанка и т.п.) методом совмещенной прокатки – прессования (СПП) [6].

Все эти направления тесно связаны с процессом управления тепловыми условиями при прессовании, которые заключаются в организации регламентированного отвода избыточного тепла деформации и трения на границе контакта деформируемого металла и инструмента.

Одним из эффективных методов управления тепловыми условиями процесса прессования является принудительное испарительное охлаждение контейнера (ПОК) [7]. Однако в отечественной промышленности, несмотря на имеющиеся многочисленные технические решения в виде авторских свидетельств и патентов, до сих пор не создано промышленных установок, которые успешно работали бы в области производства прессовой продукции из алюминиевых сплавов. Одной из главных причин, сдерживающих промышленное освоение данного процесса, является отсутствие теоретических и экспериментальных исследований в этой области. На основе анализа теплового взаимодействия в системе деформируемый металл – прессовый инструмент разработан комплекс математических моделей для расчета тепловых условий для исследуемых видов прессования с учетом реологии деформируемого металла и проведено сравнение экспериментальных и теоретических данных [8]:

- для дискретного прессования сплошных профилей:

$$\begin{aligned}
 T_{PP}(t_{PP}) = & T_{10} + \frac{1}{c_1 \rho_1} \left[\frac{4t_{IK}}{(k_1+1)D_K} \left(q_{TPK} k_1 - \frac{2\Delta T_K \cdot b_1}{\sqrt{\pi \cdot t_{IK}}} \right) + \frac{2q_{V_D} \sqrt{a_1 t_{IK}}}{3\sqrt{\pi} (v_{PP} + 3,2\sqrt{a_1/t_{IK}})} + \right. \\
 & + \frac{F_D \cdot t_{1D}}{(k_1+1) \cdot V_D} \left(q_{TPD} \cdot k_1 - \frac{4q_{V_D}}{3} \sqrt{\frac{a_1 \cdot t_{1D}}{\pi}} - \frac{2\Delta T_D \cdot b_1}{\sqrt{\pi \cdot t_{1D}}} \right) + q_{V_D} \cdot t_{1D} \left(1 - \frac{2K_{TV} F_K}{3V_D} \sqrt{\frac{a_1 t_{1D}}{\pi}} \right) + \\
 & \left. + \frac{t_{1M} \Pi_{PP}}{F_{PP} (k_4+1)} \left(q_{TPM} \cdot k_4 - \frac{2\Delta T_{MP} \cdot b_1}{\sqrt{\pi \cdot t_{1M}}} \right) \right], \tag{1}
 \end{aligned}$$

где D_K - диаметр контейнера; F_K и F_{PP} - площади поперечного сечения контейнера и профиля; Π_{PP} - периметр профиля; $K_{TV} = 1 - v_{PP}/v_T$ - коэффициент потерь тепла; v_{PP} - скорость

движения пресс-штемпеля; $v_T = 1,6\sqrt{t/a_1}$ - скорость распространения тепла в горизонтальном направлении; V_{Δ} и F_{Δ} - объем и боковая поверхность обжимающей части пластической зоны (ОЧПЗ);

- для дискретного прессования труб:

$$\begin{aligned}
 T_{TP}(t_{PP}) = & \frac{4}{c_1\rho_1} \left\{ \frac{t_{IK}}{D_K f_H} \left[\frac{q_{TPK} k_1}{k_1+1} + \frac{q_{TPK}^H d_0}{k_3+1} - \frac{2}{(k_1+1)\sqrt{\pi \cdot t_{IK}}} (b_1 \Delta T_K + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{b_3 d_0 \Delta T_H (k_1+1)}{k_3+1}) \right] + \frac{f_H q_{VD} \sqrt{a_1 t_{IK}}}{6\sqrt{\pi} (v_{PP} + 3,2\sqrt{a_1/t_K})} + \frac{t_{1D}}{D_K (k_1+1)(1-d_0^2)} [q_{TPD} k_1 + \right. \\
 & \left. \frac{q_{TPD}^H d_0 (k_1+1)}{k_3+1} - \frac{4q_{VD}}{3} \sqrt{\frac{a_1 t_{1D}}{\pi}} - \frac{2b_1 \Delta T_{KD}}{\sqrt{\pi \cdot t_{1D}}} \right] + \frac{q_{VD} t_{1D}}{4} (1 - \frac{2K_{TV}}{3l_D} \sqrt{\frac{a_1 t_{1D}}{\pi}}) + \frac{t_{1M}}{d_{TP}^2 - d_H^2} \cdot \right. \\
 & \left. \left. + \frac{d_{TP}}{k_4+1} (q_{TPM} k_4 - \frac{2b_1 T_{MPP}}{\sqrt{\pi \cdot t_{1M}}}) + \frac{d_H q_{TPM}^H}{k_3+1} \right\} + T_{10}, \quad (2)
 \end{aligned}$$

где d_H ; d_{TP} - диаметры иглы и трубы соответственно; $f_H = 1 - d_0^2$; $d_0 = d_H/D$;

- для прессования из принудительно охлаждаемого контейнера:

$$\begin{aligned}
 T_{PP}(t_{PP}) = & T_{10} + \frac{1}{c_1\rho_1} \left[\frac{4t_{IK}}{(k_1+1)D_K} (q_{TPK} k_1 - \frac{2\Delta T_K b_1}{\sqrt{\pi \cdot t_{IK}}}) + \frac{2q_{VD} \sqrt{a_1 t_{IK}}}{3\sqrt{\pi} (v_{PP} + 3,2\sqrt{a_1/t_{IK}})} + \right. \\
 & \left. + \frac{4t_{1D}}{c_1\rho_1(k_2+1)D_K} \{q_{TPD} [1 + \frac{8k_2}{k_2+1} i^2 erfc(\frac{R}{\sqrt{a_2 t_{1D}}})] - 8q_0 i^2 erfc(\frac{R}{2\sqrt{a_2 t_{1D}}}) - \right. \\
 & \left. - \frac{2\Delta T_{KD} b_2}{\sqrt{\pi t_{1D}}} [1 - \frac{2\sqrt{\pi}}{k_2+1} i erfc(\frac{R}{\sqrt{a_2 t_{1D}}})] - \frac{4q_{VD} b_2 t_{1D}^{3/2}}{3c_1\rho_1 \sqrt{\pi}} [1 - \frac{12\sqrt{\pi}}{k_2+1} i^3 erfc(\frac{R}{\sqrt{a_2 t_{1D}}})] \} \right\} + \\
 & + \frac{q_{VD} t_{1D}}{c_1\rho_1} (1 - \frac{2K_{TV}}{3l_D} \sqrt{\frac{a_1 t_{1D}}{\pi}}) + \frac{t_{1M} \Pi_{PP}}{c_1\rho_1 F_{PP} (k_4+1)} (q_{TPM} k_4 - \frac{2b_1 \Delta T_{MPP}}{\sqrt{\pi \cdot t_{1M}}}); \quad (3)
 \end{aligned}$$

- для полунепрерывного прессования с использованием форкамерных матриц:

$$\begin{aligned}
 T_{PP}(t_{PP}) = & T_{10} + \frac{1}{c_1\rho_1} \left[\frac{4t_{IK}}{(k_1+1)D_K} (q_{TPK} k_1 - \frac{2\Delta T_K \cdot b_1}{\sqrt{\pi \cdot t_{IK}}}) + \frac{9(D_K^2 - D_\phi^2)t_{IKD}}{(k_1+1)(D_K^3 - D_\phi^3)} (q_{TPKD} k_1 - \right. \\
 & \left. - \frac{4q_{VKD}}{3} \sqrt{\frac{a_1 t_{IKD}}{\pi}} - \frac{2\Delta T_{KD} \cdot b_1}{\sqrt{\pi \cdot t_{IKD}}}) + q_{VKD} \cdot t_{IKD} (1 - \frac{2,6D_K^2 K_{TV}}{D_K^3 - D_\phi^3} \sqrt{\frac{a_1 t_{IKD}}{\pi}}) + \right. \\
 & \left. + \frac{\Pi_\phi t_{1\phi}}{(k_3+1)F_\phi} (q_{TP\phi} k_3 - \frac{4q_{V\phi}}{3} \sqrt{\frac{a_1 \cdot t_{1\phi}}{\pi}}) + q_{V\phi} \cdot t_{1\phi} + \frac{t_{1M} \Pi_{PP} k_3 \cdot q_{TPM}}{F_{PP} (k_3+1)} \right], \quad (4)
 \end{aligned}$$

где Π_ϕ ; D_ϕ ; F_ϕ - периметр, диаметр и площадь поперечного сечения форкамеры.

Полученные решения позволили определить режимы охлаждения для конкретных параметров прессования и размеров контейнера с учетом накладываемых на процесс прессования с использованием ПОК указанных ограничений (рис. 1).

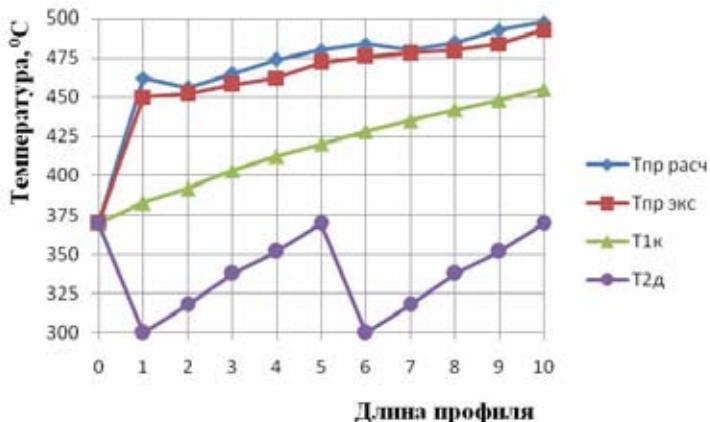


Рис. 1. Изменение температурных условий при прессовании прутка Шг36 с использованием ПОК ($T_{10} = T_{20} = 370^{\circ}\text{C}$; $v_{PP} = 3,5 \text{ мм/с}$): выходные температуры профиля $T_{\text{пр расч}}$ - расчетная и $T_{\text{пр эксп}}$ - экспериментальная; T_{1k} - температура прессуемого металла на входе в ОЧПЗ; T_{2d} - изменение средней температуры контейнера в ОЧПЗ

Достаточная сходимость расчетных и экспериментальных данных (отклонение составило не более 5 %) позволила применить результаты исследований для разработки технологий при прессовании пресс-изделий из алюминиевых сплавов с ПОК на металлургических предприятиях отрасли.

В настоящее время оптимальные температурно-скоростные режимы при прессовании определяются в основном опытным путем. Отсутствие методики достижения максимально возможной скорости прессования (МВСП) отрицательно сказывается на технико-экономических показателях процесса прессования. Для аналитического определения МВСП разработана методика расчета оптимальных условий процесса прессования.

На основе известной формулы И.Л. Перлина [3] для расчета усилия прессования и уравнения реологии для определения сопротивления деформации при прессовании алюминиевых сплавов, предложенного Я.М. Охрименко с сотрудниками [9], получена аналитическая зависимость ограничения по усилию прессования:

$$v_{PP} = \left[\frac{P_0}{K_0 K_{yPP} K_\sigma \exp(-DT)} \right]^{1/C}, \quad (5)$$

где K_{yPP} – коэффициент усилия прессования, учитывающий влияние технологических параметров на усилие прессования в формуле И.Л. Перлина $P_{PP} = K_{yPP} \sigma_s$; $K_\sigma = A(\ln \lambda)^B K_v^C$; $K_0 = 1,1 \div 1,2$ – коэффициент запаса по усилию пресса;

$$\sigma_s = A \varepsilon^B \xi^C \exp[-DT], \quad (6)$$

где A, B, C, D, K – реологические коэффициенты; $\varepsilon = \ln \lambda$; λ – вытяжка; ξ – скорость деформации; T – температура деформации, $^{\circ}\text{C}$.

Для определения аналитической зависимости по предельной температуре провели в промышленных условиях планово-факторный эксперимент, на основе результатов которого получено уравнение регрессии изменения МВСП:

$$v_{pp} = 10,16 - 6,9 \cdot 10^{-3} T_3 + 0,20 V_0 - 1,42 \cdot 10^{-2} T_K - 3,27 \cdot 10^{-4} T_3 V_0, \quad (7)$$

где T_3 , T_K – температуры нагрева заготовки и контейнера; V_0 – расход хладагента (воды) в систему охлаждения.

Установлено, что гиперплоскость в четырехмерном пространстве является достаточно хорошим приближением поверхности отклика, а семейство прямых для постоянных значений температуры нагрева контейнера – графической интерпретацией полученного уравнения регрессии, т.е. для рассмотренного температурного диапазона МВСП линейно зависит от температуры нагрева заготовки (рис. 2).

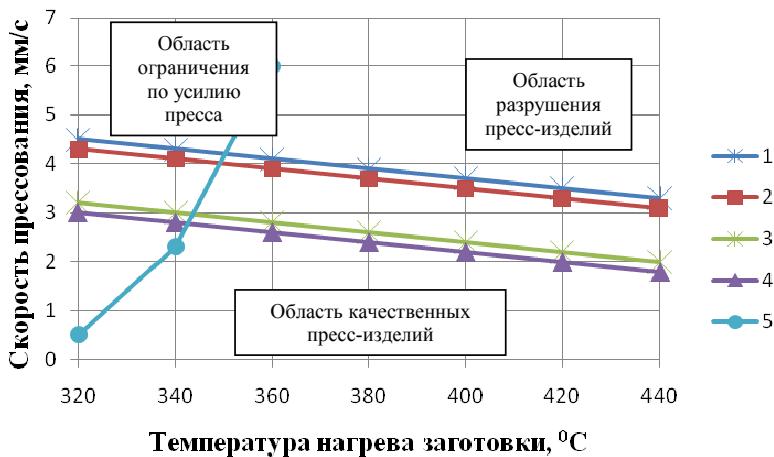


Рис. 2. Границные кривые при прессовании прутка Шг36 из сплава Д16: «дефектные» кривые 1, 2 – с ПОК; 3, 4 – штатный режим; 5 – ограничение по усилию пресса 20 МН; 1, 3 – экспериментальные данные

Предложено аналитическую зависимость для предельной кривой, обусловленную разрушением пресс-изделия при достижении «критической» температуры, определять из уравнения прямой, проходящей через две точки, которые находятся из уравнений выходной температуры пресс-изделия (3) – (6), приравненной к «критической». Пусть эти точки имеют следующие координаты $A(T_1, v_1)$, $B(T_2, v_2)$, тогда получим следующую аналитическую зависимость:

$$v_{pp} = \frac{v_2 - v_1}{T_2 - T_1} (T - T_1) + v_1. \quad (8)$$

Решая систему уравнений (5) и (8), можно определить оптимальную температуру нагрева заготовки, обеспечивающую МВСП. Результаты расчетов по данной методике для пресс-изделий из сплава Д16 представлены на рис. 2 в виде температурно-скоростной диаграммы.

Анализ полученного решения показал, что при прессовании алюминиевых сплавов в регламентируемом интервале температур нагрева заготовок МВСП ограничена предельными температурами прессования, поэтому применение ПОК является одним из способов повышения эффективности производства.

Установлено, что эффективность при использовании принудительно охлаждаемого инструмента возрастает с увеличением вытяжки λ (рис. 3) и падает с увеличением температуры

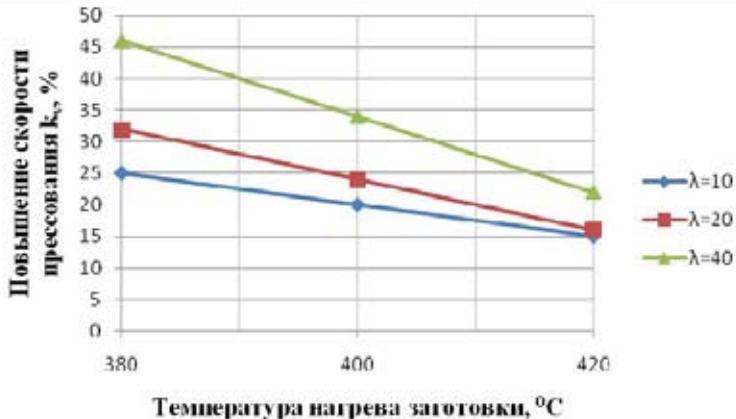


Рис. 3. Эффективность применения ПОК при прессовании труб из сплава Д16 с разной вытяжкой λ

нагрева заготовки, что связано с повышением интенсивности тепловыделения при увеличении степени деформации и возрастании роли теплоотвода при прессовании.

На основе анализа теплового взаимодействия в системе деформируемый металл – инструмент при СПП и с помощью уравнения теплового баланса разработаны аналитические зависимости для расчета температурных условий при СПП:

$$T_{1P}(t_{1P}) = T_{10} + \Delta T_{1\alpha}(\Delta t_{1\alpha}) + \Delta T_{1\beta}(\Delta t_{1\beta}) + \Delta T_{1\theta}(\Delta t_{1\theta}) + \Delta T_{1M}(\Delta t_{1M}), \quad (9)$$

где T_{10} - начальная температура нагрева заготовки; $t_{1P} = \Delta t_{1\alpha} + \Delta t_{1\beta} + \Delta t_{1\theta} + \Delta t_{1M}$ - общее время деформации; $\Delta T_{1\alpha}; \Delta T_{1\beta}; \Delta T_{1\theta}; \Delta T_{1M}$ - изменение температуры деформируемого металла во время прохождения термодинамических зон при СПП: прокатки, распрессовки, прессования и через рабочий канал матрицы соответственно;

$$\Delta T_{1i} = \frac{1}{c_1 \rho_1} \left[\frac{F_{Ki}}{V_{1i}} \int_0^{\Delta t_i} q_i(H, t) dt + \int_0^{\Delta t_i} q_V(t) dt \right], \quad (10)$$

где V_{1i} и F_{Ki} – объем и поверхность контакта i -й термодинамической зоны; $q_i(H, t)$ - тепловой поток на границе контакта в деформируемый металл:

$$q_i(H, t) = \frac{q_r k_1}{k_1 + 1} [1 - erfc(\frac{H}{\sqrt{a_i t}})] - \frac{2q_r b_i \sqrt{t}}{c_1 \rho_1 (k_1 + 1)} \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} - ierfc(\frac{H}{\sqrt{a_i t}}) \right] - \frac{b_i \Delta T_B}{(k_1 + 1) \sqrt{\pi t}} \cdot [1 - \exp(-\frac{H^2}{a_i t})], \quad (11)$$

$$\Delta T_{1M} = \frac{\Delta t_{1M} \Pi_{PP}}{c_1 \rho_1 F_{PP} (k_3 + 1)} (q_{rM} \cdot k_3 - \frac{2 \Delta T_{MPP} \cdot b_1}{\sqrt{\pi \cdot \Delta t_{1M}}}), \quad (12)$$

где Π_{PP} и F_{PP} - периметр и площадь профиля; ΔT_{MPP} - разность температур профиля и матрицы.

Расчет изменения температурных условий при СПП проводили с учетом изменения реологических характеристик деформируемого металла и температуры инструмента во время прессования. Результаты расчета представлены на рис. 4.

Установлено, что в зонах прокатки и распрессовки температура деформируемого металла падает за счет интенсивного теплообмена с валками. В зоне прессования происходит

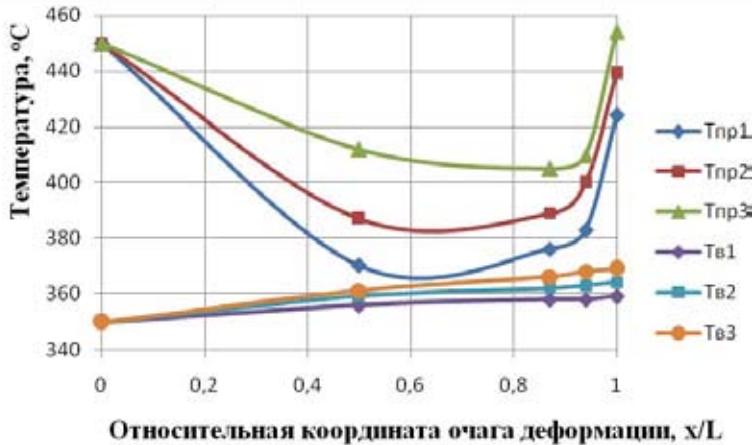


Рис. 4. Изменение температуры деформируемого металла T_{pr_i} и валков T_{bi} (где индекс $i=1, 2, 3$ соответствует различной частоте вращения валков, соответственно, 1, 2 и 4 об/мин) вдоль очага деформации (L – длина очага деформации) при начальных температурах нагрева заготовки из сплава АД31 $T_{10} = 450$ °C и валков $T_{20} = 350$ °C

достаточно резкое увеличение температуры и достижение ее максимальной величины на выходе из канала матрицы за счет более интенсивного выделения тепла деформации при выдавливании профиля. Во всех зонах температура валков практически линейно возрастает. При реализации процесса СПП в непрерывном режиме в начальный момент прокатки необходим подогрев валков до температуры 150÷200 °C, а затем принудительное охлаждение как валков, так и матрицы.

Создание термостабильных условий протекания процесса СПП – поддержание постоянной выходной температуры изделия, матрицы и входной температуры валков является одним из главных условий реализации любого непрерывного процесса ОМД, для чего необходимо применять принудительное охлаждение как валков, так и матрицы.

Для организации принудительного охлаждения данного инструмента предложено уравнение баланса тепла:

$$\Delta Q_d = c_2 \rho_2 V_B \Delta T_B = q_0 t_0 F_B, \quad (13)$$

где q_0 и t_0 – интенсивность и время принудительного охлаждения; ΔT_B – изменение температуры валков на входе и выходе из очага деформации при СПП.

$$\Delta T_B = \sum_{i=1}^n \frac{(b_K + h_K) \int_0^{\Delta t_i} q_2(H, t) dt}{c_2 \rho_2 (b_K + h_K + 2\delta_{ki})}, \quad (14)$$

где $\delta_{ki} \geq 3,2\sqrt{a_2 \Delta t_i}$ – глубина активной зоны; h_K и b_K – высота и ширина калибра; $q_2(H, t)$ – тепловой поток на границе контакта в валки:

$$q_2(H, t) = \frac{q_r}{k_1 + 1} [1 + k_1 erfc(\frac{H}{\sqrt{a_1 t}})] + \frac{2q_r b_1 \sqrt{t}}{c_1 \rho_1 (k_1 + 1)} [\frac{1}{\sqrt{\pi}} - i erfc(\frac{H}{\sqrt{a_1 t}})] + \frac{b_1 \Delta T_B}{(k_1 + 1) \sqrt{\pi t}} \cdot [1 - \exp(-\frac{H^2}{a_1 t})]. \quad (15)$$

Полученные результаты исследований были использованы для выбора оптимальных температурно-скоростных режимов при проведении опытно-промышленных испытаний, а также при разработке и внедрении технологии изготовления прутков из алюминиевых сплавов способом совмещенной прокатки-прессования [6].

Выводы

В результате проведенных исследований разработано научно-методическое обеспечение для моделирования тепловых условий дискретного, полунепрерывного и непрерывного процессов прессования с применением принудительно охлаждаемого инструмента, которое позволило создать комплекс научно обоснованных технических и технологических решений для управления тепловыми условиями производства пресс-изделий из алюминиевых сплавов и внедрить на предприятиях отрасли с общим экономическим эффектом около 300 млн руб.

Работа выполнена в рамках реализации научно-технических исследований, разработок, инновационных программ и проектов для обеспечения конкурентных преимуществ экономики Красноярского края, проводимых Красноярским краевым фондом поддержки научной и научно-технической деятельности.

Список литературы

1. Головинов М.Ф. Исследование температурно-скоростных условий процесса прессования алюминиевых сплавов и разработка промышленных методов его интенсификации: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: ВИЛС, 1972. – 30 с.
2. Ерманок М.З., Фейгин В.И., Сухоруков Н.А. Прессование профилей из алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1977 . – 264 с.
3. Перлин И.Л., Райтбарг Л.Х. Теория прессования металлов. – М.: Металлургия, 1975. – 447 с.
4. Щерба В.Н., Райтбарг Л.Х. Технология прессования металлов: учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1995. – 336 с.
5. Бережной В.Л. Новые технологии и оборудование будущего в производстве пресс-изделий // Технология легких сплавов. – 2006. – № 1-2. – С. 52-61.
6. Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Загиров Н.Н. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: монография. – М.: МАКС Пресс, 2005. – 344 с.
7. Беляев С.В., Кузьменко В.А. Температурные условия деформации заготовки в принудительно охлаждаемом контейнере. – Красноярск, 1991. – 20 с. – Деп. в ЦНИИцветмет экономики и информации 17.06.91, № 1987-УМ 91.
8. Беляев С.В., Сидельников С.Б., Довженко И.Н. и др. Аналитическая оценка температурных условий процесса полунепрерывного прессования // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2008. – №3. – С. 41-45.
9. Охрименко Я.М., Щерба В.Н., Недугов А.В. и др. Вывод уравнения связи свойств алюминиевых сплавов с параметрами горячего деформирования // Цветные металлы. – 1983. – № 2. – С. 66-69.

The Enhancement of Productive Efficiency of the Press- Articles from Aluminum Alloys on the Operation Base of Thermal Conditions of the Extrusion

**Sergey V. Belyaev, Nikolay N. Dovzhenko,
Sergey B. Sidelnikov, Aleksey S. Peschanskij,
Pavel O. Shirokov and Andrey L. Kiselev**

*Siberian Federal University,
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

The research results of the thermal interaction in the system deformed metal and press tool are made. The following analytical dependences of the definition the temperature conditions are presented: discrete extrusion of the solid and cored profiles; semi-continuous and continuous extrusion of aluminum alloys. The forced cooling application of the press tool is substantiated scientifically. The design procedure of the optimization of the temperature and speed conditions with a glance of the deformed metal rheology is presented.

Keywords: extrusion of aluminum alloys, heat interaction, optimization of the temperature and speed conditions
