

## **ПОДСИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ УСЛОВИЙ ПОЛУНЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

**Маслов И.Ю.**

**Научный руководитель – ст. преподаватель Губанов И.Ю.,  
д-р техн. наук, профессор Беляев С.В.**

**Сибирский федеральный университет**

Алюминиевым сплавам присущи исключительно ценные эксплуатационные и технологические свойства, поэтому по важности и распространенности они являются вторыми после стали металлическими конструкционными материалами. Пресс-изделия из алюминиевых сплавов, представляя собой высокоэффективный вид металлопродукции, находят широкое применение во многих отраслях промышленности и имеют развитый мировой рынок с постоянным приростом потребления.

Основным способом производства профилей из алюминиевых сплавов является прямое дискретное и полунепрерывное прессование на автоматизированном комплексе с мощным гидравлическим прессом, которое отличается недостаточной эффективностью. Процесс прессования алюминиевых сплавов, как правило, проводится без смазки и является очень энергоемким процессом обработки металлов давлением. При этом практически вся затраченная энергия идет на образование тепла. Повышение скорости прессования интенсивно увеличивает температуру прессования, и при достижении ею вполне определенных для каждого алюминиевого сплава предельных температур происходит разрушение пресс-изделия, т. е. 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. Дальнейшее повышение эффективности прессового производства связано с внедрением полунепрерывного изотермического прямого прессования легкодеформируемых сплавов с применением принудительно охлаждаемого прессового инструмента и автоматизированной системы управления процессом прессования (АСУП).

Следует отметить, что все эти направления тесно связаны с управлением тепловыми условиями при прессовании, для чего необходимо организовать регламентируемый отвод избыточного тепла деформации и трения на границе контакта деформируемого металла и прессового инструмента. Поэтому разработка подсистемы определения тепловых условий полунепрерывного прессования строительных профилей из алюминиевых сплавов является актуальной проблемой.

В основе реализации программы для решения тепловой задачи использована математическая модель, предложенная в работе авторов Н.Н. Довженко, С.В. Беляева, С.Б. Сидельников и др. «Прессование алюминиевых сплавов: моделирование и управление тепловыми условиями».

Программа написана на алгоритмическом языке Borland Delphi 7. В качестве исходных данных для моделирования используется следующая информация: геометрические характеристики профиля и инструмента, теплофизические характеристики заготовки и прессового инструмента, технологические параметры

процесса прессования (скорость прессования, начальные температуры заготовки, контейнера, форкамеры и матрицы и т.д.).

Алгоритм определения изменения температуры деформируемого металла и инструмента при полунепрерывном прессовании алюминиевых сплавов состоит из следующих этапов:

1. Для определенных параметров профиля, форкамеры, заготовки, контейнера, рассчитывают геометрические параметры и время прохождения металла в пяти характерных зонах прессования.

2. Затем вычисляют скорости и степени деформации для каждой зоны.

3. Определяют тепловые источники тепла от деформации и контактного трения в каждой зоне.

4. Находят выходную температуру изделия с учетом изменения реологических характеристик деформируемого металла и температуры инструмента, последовательно определяя изменения температурных условий в каждой термодинамической зоне.

Расчет начинают с зоны распрессовки, где для начальных температур нагрева заготовки и инструмента рассчитывают температуру на границе контакта тел. Для данной температуры находят сопротивление металла деформации и поверхностный источник тепла. Далее для начальных температур нагрева заготовки и контейнера рассчитывают изменение температуры в данной зоне, уточняют сопротивление металла деформации и определяют среднее сопротивление металла деформации в зоне. После чего для начальных температур нагрева заготовки и инструмента снова рассчитывают температуру заготовки в зоне и изменение температуры контейнера. Определение температуры в других зонах повторяют в такой же последовательности.

Выходную температуру профиля определяют по формуле:

$$T_{\text{ПР}}(t_{\text{ПР}}) = T_{10} + \frac{1}{c_1 \rho_1} \left[ \frac{4t_{1\text{К}}}{(k_1 + 1)D_{\text{К}}} \left( q_{\text{ТРК}} k_1 - \frac{2\Delta T_{\text{К}} \cdot b_1}{\sqrt{\pi \cdot t_{1\text{К}}}} \right) + \frac{9(D_{\text{К}}^2 - D_{\text{Ф}}^2)t_{1\text{КД}}}{(k_1 + 1)(D_{\text{К}}^3 - D_{\text{Ф}}^3)} (q_{\text{ТРКД}} k_1 - \frac{4q_{\text{VKД}}}{3} \sqrt{\frac{a_1 t_{1\text{КД}}}{\pi}} - \frac{2\Delta T_{\text{КД}} \cdot b_1}{\sqrt{\pi \cdot t_{1\text{КД}}}}) + q_{\text{VKД}} \cdot t_{1\text{КД}} \left( 1 - \frac{2,6D_{\text{К}}^2 K_{\text{ТВ}}}{D_{\text{К}}^3 - D_{\text{Ф}}^3} \sqrt{\frac{a_1 t_{1\text{КД}}}{\pi}} \right) + \frac{\Pi_{\text{Ф}} t_{1\text{Ф}}}{(k_3 + 1)F_{\text{Ф}}} \left( q_{\text{ТРФ}} k_3 - \frac{4q_{\text{VФ}}}{3} \sqrt{\frac{a_1 \cdot t_{1\text{Ф}}}{\pi}} \right) + q_{\text{VФ}} \cdot t_{1\text{Ф}} + \frac{t_{1\text{М}} \Pi_{\text{ПР}} k_3 \cdot q_{\text{ТРМ}}}{F_{\text{ПР}} (k_3 + 1)} \right],$$

где  $T_{10}$  – начальная температура заготовки;  $a_1$ ,  $c_1$ ,  $\rho_1$  – теплофизические характеристики;  $t_{1\text{К}}$  – время процесса;  $D_{\text{К}}$ ,  $D_{\text{Ф}}$  – диаметр контейнера, форкамеры;  $\Delta T_{\text{К}}$  – температура заготовки в контейнере;  $t_{1\text{КД}}$  – время прохождения элементарного блока в контейнере;  $q_{\text{ТРК}}$  – поверхностный источник тепла на контакте заготовки и контейнера;  $q_{\text{VKД}}$  – объемный источник тепла в очаге деформации в контейнере;  $q_{\text{ТРКД}}$  – поверхностные источники тепла от трения на поверхности очага деформации в контейнере;  $q_{\text{ТРФ}}$  – поверхностные источники тепла от трения на поверхности заготовки и форкамеры;  $q_{\text{VФ}}$  – объемные источники тепла в очаге деформации в форкамере;  $q_{\text{ТРМ}}$  – поверхностные источники тепла от трения на поверхности профиля и матрицы;  $\Delta T_{1\text{КД}}$  – изменение температуры элементарного блока во время прохождения при прессовании очага деформации в контейнере;  $t_{1\text{Ф}}$  – время прохождения форкамеры;  $t_{1\text{М}}$  – время прохождения рабочего канала матрицы.

Результаты расчета температуры в характерных зонах деформации по времени прессования можно вывести в массив данных текстового файла или в виде графика на дисплей ЭВМ.

Сравнение расчетной температуры с результатами экспериментальных исследований (рисунок 1) показало достаточную их сходимость, расхождение составило не более 5 %.

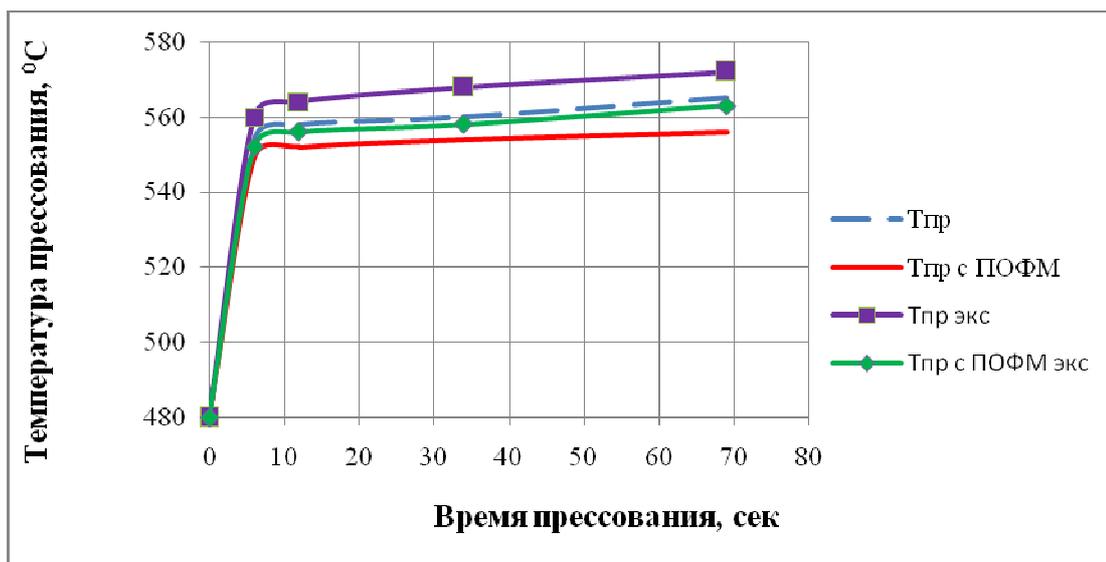


Рисунок 1 - Изменение выходной температуры строительного профиля КП 45460-1 из сплава АД31 при полунепрерывном прессовании на горизонтальном гидравлическом прессе усилием 25 МН:  $T_{гр}$  и  $T_{гр с ПОФМ}$  - расчетные значения выходной температуры профиля без и с использованием ПОФМ соответственно;

$T_{гр экс}$  и  $T_{гр с ПОФМ экс}$  - экспериментальные значения

Что доказывает возможность применения подсистемы при создании элементов автоматизированной системы управления технологическим процессом полунепрерывного прессования. Кроме этого, программа может быть использована для инженерных расчетов температурных условий полунепрерывного прессования в дипломном и курсовом проектировании студентов по специальности 150106.65 «Обработка металлов давлением».