

На правах рукописи



ПЕЦАНСКИЙ Алексей Сергеевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУНЕПРЕРЫВНОГО
ПРЕССОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ ИЗ МЯГКИХ АЛЮМИНИЕВЫХ
СПЛАВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОРКАМЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА**

Специальность 05.16.05 – Обработка металлов давлением

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Красноярск - 2010

Работа выполнена на кафедре ОМД института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск)

- Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор
Сидельников Сергей Борисович
- Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор
Чукин Михаил Витальевич
кандидат технических наук
Новоженов Владимир Иванович
- Ведущая организация:** ОАО «Каменск-Уральский металлургический завод»

Защита состоится «14» декабря 2010 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д212.099.10 в ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» по адресу: 660025, г. Красноярск, пр. Красноярский рабочий, 95, ауд. 212 л.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Автореферат разослан «12» ноября 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Гильманшина Т. Р.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ*

Актуальность работы.

В последнее время в общем объеме производимой металлопродукции все более возрастает доля прессованных профилей из алюминиевых сплавов. Малый удельный вес, высокая тепло- и электропроводность, высокая коррозионная стойкость, относительно высокие механические свойства обуславливают широкое распространение профилей из алюминиевых сплавов в различных отраслях промышленности, таких, как машиностроение, энергетика, транспорт, приборостроение. Особенно широкое распространение прессованные профили из алюминиевых сплавов получили в строительной индустрии. Они используются в качестве каркасов светопроницаемых конструкций, опалубки, отделочных материалов. Результаты исследования отечественного рынка прессованных профилей из алюминиевых сплавов позволяют судить о стабильном росте потребления прессованных профилей, так производство архитектурных алюминиевых профилей в 2009 году составляло 320 тыс. тонн, в то же время, основываясь на уровне потребления архитектурных алюминиевых профилей на Европейском рынке, емкость отечественного рынка можно оценить в размере 488 тыс. тонн. В настоящее время большинство типоразмеров таких профилей производят путем полунепрерывного прессования на гидравлических прессовых установках, оснащенных устройствами для натяжения пресс-изделий, с применением форкамерного инструмента. Это позволяет существенно увеличить производительность и получать длинномерные пресс-изделия из мягких алюминиевых сплавов. Таким образом, повышение производительности процесса прессования можно выделить в качестве одной из актуальных задач, стоящих перед отечественным прессовым производством. Одним из путей совершенствования технологии и решения этой задачи является автоматизация процессов проектирования инструмента и управления технологическим процессом полунепрерывного прессования.

Представленная работа выполнялась в рамках научной программы гранта Президента РФ №НШ-2212.2003.8 (2003-2005 гг.) на поддержку молодых российских ученых и ведущих научных школ, научной программы «Развитие научного потенциала высшей школы» (2005 г.), по программе развития СФУ на 2007–2010 год «Поддержка на конкурсной основе разработок по научно-методическому обеспечению образовательного процесса по приоритетным областям развития СФУ», молодежных грантов СФУ, грантов 2009 – 2010 годов Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности, хозяйственных договоров с ООО «Литейно-прессовый завод «Сегал» (ООО «ЛПЗ «Сегал»).

* Диссертация выполнена при научной консультации доцента, д. т. н. С.В. Беляева.

Цель и задачи исследований.

Повышение эффективности производства и создание комплексной системы автоматизированного проектирования инструмента и технологии с элементами управления процессом полунепрерывного прессования профилей из алюминиевых сплавов.

Для достижения этой цели предусматривалось решение следующих задач:

1. Моделирование процесса полунепрерывного прессования с формкамерами с целью выявления особенностей течения металла в зависимости от температурно-скоростных и геометрических параметров процесса.

2. Уточнение методики расчета температуры и скорости металла и ее применение для определения температурно-скоростных параметров процесса полунепрерывного прессования профилей из сплава АД 31.

3. Разработка алгоритмов и новой версии САПР INPRESS, которая позволит проектировать прессовый инструмент и определять технологические параметры для прессования сплошных и полых профилей из алюминиевых сплавов.

4. Разработка принципиальной схемы и элементов АСУ ТП полунепрерывного прессования, обеспечивающей возможность оперативного контроля качества получаемых пресс-изделий и экспресс-анализ реологии прессуемых металлов в производственных условиях.

Научная новизна полученных результатов.

1. С помощью физического и компьютерного моделирования, а также теоретического анализа, установлены геометрические параметры очага деформации, закономерности формоизменения металла и распределения температур и скоростей течения металла по длине очага деформации при полунепрерывном прессовании алюминиевых профилей с применением формкамерного инструмента.

2. Получены зависимости температуры пресс-изделия и максимально возможной скорости прессования от основных параметров процесса прессования.

3. Установлены оптимальные температурно-скоростные условия для реализации процесса полунепрерывного прессования профилей из сплава АД 31, использование которых дает возможность получить максимальную производительность и требуемое качество пресс-изделий.

4. Разработано научно-методическое и программное обеспечение для автоматизированного проектирования инструмента и технологии полунепрерывного прессования сплошных и полых профилей из мягких алюминиевых сплавов.

Практическая ценность работы.

1. Разработаны новые технические решения для создания АСУ ТП полунепрерывного прессования, защищенные патентами РФ.

2. Создана методика экспресс-анализа реологии прессуемого металла и спроектирована лабораторная установка для ее реализации.

3. Разработаны методики и алгоритмы для проектирования инструмента и технологии полунепрерывного прессования алюминиевых профилей, на базе которых создана система автоматизированного проектирования.

4. Разработана принципиальная схема АСУ ТП полунепрерывного прессования, элементы которой внедрены в производство и обеспечили увеличение производительности прессового оборудования без снижения качества пресс-изделий.

5. Программное обеспечение и технические решения используются в учебном процессе при подготовке инженеров по специальности 150106 «Обработка металлов давлением».

Реализация работы в промышленности.

Результаты исследований внедрены на ООО «ЛПЗ «Сегал», что позволило увеличить производительность прессового оборудования в среднем на 5 % и повысить выход годного на 0,2 %, при этом годовой экономический эффект составил 4,2 млн. руб.

Апробация работы.

Основные положения диссертационной работы изложены и обсуждены на ежегодных традиционных Всероссийских научно-технических конференциях университета цветных металлов и золота 2005-2007 гг. и СФУ 2008 – 2010 гг.; на Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации» (Новосибирск, 2007 г.); Международной научно-практической конференции «Стратегические приоритеты и инновации в производстве цветных металлов и золота» (Красноярск, 2006 г.); на VI Международной научно-технической конференции «Материалы и технологии XXI века» (Пенза, 2008 г.); Международной научно-практической конференции «Системы проектирования, моделирования, подготовки производства и управление проектами CAD/CAM/CAE/PDM» (Пенза, 2008 г) и др.

Публикации.

Результаты диссертационной работы отражены в 14 публикациях, в том числе 3 статьях в научных изданиях, рекомендуемых ВАК для опубликования результатов кандидатских диссертаций.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения. Содержит 126 страниц машинописного текста, 89 рисунков, 7 таблиц, библиографический список из 101 наименований и 2 приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении описаны цель и задачи исследования, показаны актуальность и прикладное значение работы.

В первой главе рассмотрены литературные данные о различных способах получения пресс-изделий, типовых технологических схемах, проанализированы результаты основных теоретических и экспериментальных исследований в области полунепрерывного прессования, указаны программные средства, применяющиеся для проектирования и моделирования процесса прессования, даны сведения об автоматизации прессового производства.

Исследованиям в области прессования металлов посвящены научные работы многих отечественных и зарубежных ученых, таких как Б. Авитцур, В.Л. Бережной, Г.Я. Гун, Б.М. Готлиб, Н.Н. Довженко, М. З. Ерманок, В.В. Желобов, А.В. Зиновьев, Г.И. Зверев, Ю.Н. Логинов, И.Л. Перлин, И.Н. Потапов, Б.А. Прудковский, Л.Х. Райтбарг, Л.Г. Степанский, В.Н. Шеркунов, В.Н. Щерба и др.

Полунепрерывное прессование является одним из наиболее перспективных видов прессового производства, широко применяющимся в настоящее время для получения разнообразных профилей из мягких алюминиевых сплавов. В технологии подготовки производства характерно сильное влияние субъективного фактора, как на стадии проектирования, так и на стадии управления процессом. Основными способами совершенствования технологической подготовки является использование систем автоматизированного проектирования (САПР) на стадии проектирования процесса и автоматизированных систем управления процессом (АСУ ТП) на стадии управления процессом. Для создания таких эффективных САПР и АСУ ТП необходим набор достоверных моделей, описывающих процесс прессования, и зависимостей, отражающих изменение основных параметров процесса и реологических свойств при деформации металла. В результате анализа теоретических и экспериментальных исследований в области полунепрерывного прессования было выявлено, что еще недостаточно полно изучен характер течения металла при реализации схемы полунепрерывного прессования с использованием форкамерного инструмента, а также температурно-скоростные условия процесса. Обзор существующих САПР показал, что на данный момент не существует систем проектирования, удовлетворяющий современным требованиям прессового производства. АСУ ТП, представленные на рынке, в целом соответст-

вуют современным требованиям и успешно эксплуатируются, однако имеют ряд серьезных недостатков:

- значение сопротивления деформации прессуемого металла задается в управляющую ЭВМ на основе статистических справочных данных и не совпадает с его реальным значением, что требует проведения дополнительной коррекции технологических параметров процесса для достижения изотермических условий и приводит к снижению производительности процесса прессования и качества профилей;
- отсутствует возможность оперативного контроля качества получаемых пресс-изделий.

На основе обзора научно-технической литературы и сделанных выводов сформулированы задачи исследований.

Во второй главе представлены результаты моделирования и теоретических исследований закономерностей формоизменения металла и температурно-скоростных условий при реализации процесса полунепрерывного прессования алюминиевых сплавов с применением форкамер.

Для определения характера течения металла в процессе полунепрерывного прессования с использованием классических приемов были проведены опыты по выдавливанию профилей из пластилина на специально изготовленной оснастке. Качественный анализ образцов (рис. 1) показал, что в случае выдавливания материала из форкамеры в профиль характер течения материала аналогичен выдавливанию из контейнера в форкамеру.

На основании данных, полученных при моделировании были построены зависимости угла пластической зоны деформации α от коэффициента вытяжки из форкамеры в матрицу $\lambda_{фк}$ и высоты форкамеры $H_{фк}$, а также относительного подпорного давления p/σ_s от вытяжки $\lambda_{фк}$ и высоты $H_{фк}$. Анализ полученных зависимостей позволил сделать вывод, что высоту форкамер $H_{фк}$ целесообразно выбирать в пределах 10-20 мм, вытяжку $\lambda_{фк}$ - не менее 3, а относительное давление p/σ_s - не меньше 6.



Рис. 1. Линии тока материала на продольном и поперечном разрезе образца

Компьютерное моделирование процесса полунепрерывного пресования (рис. 2) проводилось с использованием программного пакета DEFORM. Объектом моделирования был выбран процесс полунепрерывного пресования полосы 10x180 мм из сплава АД31 на прессе усилии 25 МН. Качественный анализ полученных результатов показал, что мертвые зоны наблюдаются, как в контейнере (рис. 2, а), так и в форкамере (рис. 2,б).

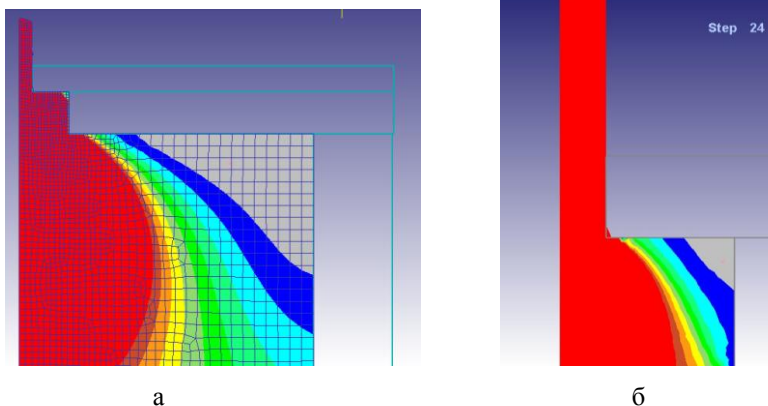


Рис. 2. Характер течения и мертвые зоны металла в форкамере (а) и контейнере (б): серым цветом обозначены объемы металла со скоростью перемещения, близкой к нулю, а красным - с максимальными скоростями

Однако величина их неодинакова и зависит от геометрических параметров форкамеры и размеров контейнера. График изменения скорости течения металла по центральному сечению форкамеры (рис. 3) позволяет подтвердить вывод о том, что в объеме форкамеры скорость течения центральных слоев во много раз превосходит скорость течения периферийных слоев.

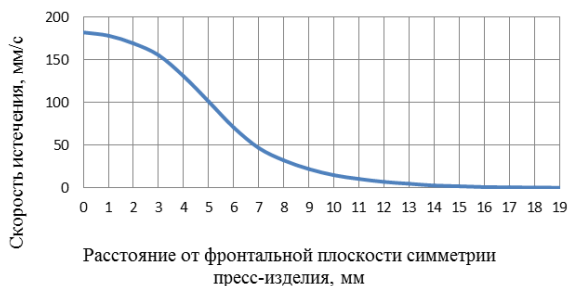


Рис. 3. График изменения скорости течения металла в вертикальном сечении форкамеры

Анализ температурных параметров полунепрерывного прессования с помощью пакета DEFORM показал, что распределение температур по сечению выходящего пресс-изделия (рис. 4) и распределение температур металла в прессовом инструменте (рис. 5) на установившейся стадии процесса имеет неравномерный характер.

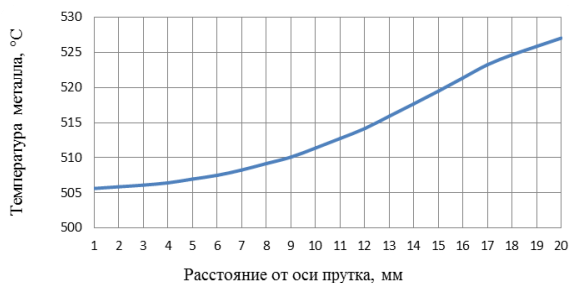


Рис. 4. Распределение температуры металла по сечению выходящего пресс-изделия

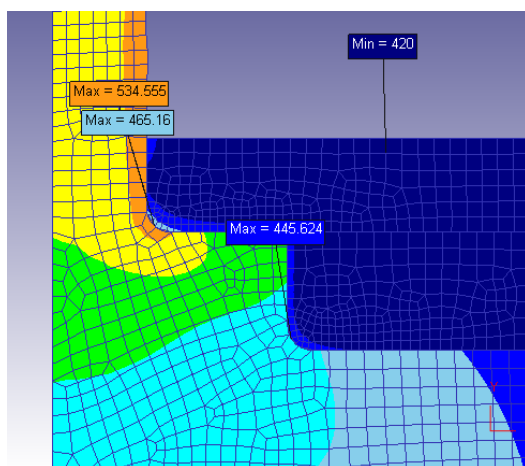


Рис. 5. Распределение температурных полей в прессовом инструменте на установившейся стадии процесса

На основе решения сопряженной задачи нестационарной теплопроводности при заданных краевых условиях разработана аналитическая модель для расчета тепловых условий при реализации процесса полунепрерывного прессования с форкамерами с учетом влияния формы поперечного сечения профиля. В результате получено уравнение для расчета температуры пресс-изделия, имеющее вид

$$\begin{aligned}
T_{ПП}(t) = & T_{10} + \frac{1}{c_1 \gamma_1} \left[\frac{4t_{1K}}{(k_1+1)D_K} (q_{ТРК} k_1 - \frac{2\Delta T \cdot b_1}{\sqrt{\pi \cdot t_{1K}}}) + \frac{9(D_K^2 - D_\Phi^2)t_{КД}}{(k_1+1)(D_K^3 - D_\Phi^3)} \right. \\
& (q_{ТРКД} \cdot k_1 - \frac{4q_{VKД}}{3} \sqrt{\frac{a_1 \cdot t_{КД}}{\pi}} - \frac{2\Delta T \cdot D \cdot b_1}{\sqrt{\pi \cdot t_{КД}}}) q_{VKД} \cdot t_{КД} (1 - \frac{2,6D_K^2 K_{ТВ}}{D_K^3 - D_\Phi^3} \sqrt{\frac{a_1 t_{КД}}{\pi}}) + \\
& \left. + \frac{P_\Phi t_{1\Phi}}{(k_3+1)F_\Phi} (q_{ТР\Phi} k_3 - \frac{4q_{V\Phi}}{3} \sqrt{\frac{a_1 \cdot t_{1\Phi}}{\pi}}) + q_{V\Phi} \cdot t_{1\Phi} + \frac{t_{1M} \Pi k_3 \cdot q_{ТРМ}}{F (k_3+1)} \right] \cdot \\
& \cdot (23\Pi_{ПП} - 9, 2), \tag{1}
\end{aligned}$$

где T_{10} - температура слитка; $c_1 \gamma_1$ - соответственно теплоемкость и плотность прессуемого металла; $t_{1K}, t_{1КД}, t_{1\Phi}, t_{1\PhiД}, t_{1M}$ - время прохождения элементарного блока во время прохождения характерных зон 1 – 5 при прессовании (1 - к очагу деформации в контейнере, 2 - очага деформации в контейнере, 3 - к очагу деформации в форкамере, 4 - очага деформации в форкамере и 5 - через рабочий канал матрицы) соответственно; $\Delta T_{1K}, \Delta T_{1КД}, \Delta T_{1\Phi}, \Delta T_{1\PhiД}, \Delta T_{1M}$ - изменение температуры элементарного блока во время прохождения характерных зон 1 – 5 соответственно; $q_{ТРК}$ - плотность поверхностных источников тепла от трения на поверхности контейнера и заготовки; $q_{ТРКД}$ - плотность поверхностных источников тепла трения на поверхности очага деформации в контейнере; $q_{VKД}$ - плотность объемных источников тепла в очаге деформации в контейнере; $q_{ТРК\Phi}$ - плотность поверхностных источников тепла от трения на поверхности заготовки и форкамеры; $q_{ТРК\PhiД}$ - плотность поверхностных источников тепла от трения на поверхности очага деформации в форкамере; $q_{V\Phi}$ - плотность объемного источника тепла в очаге деформации в форкамере; $q_{ТРМ}$ - плотность поверхностного источников тепла от трения на поверхности профиля и матрицы; D_K - диаметр контейнера; P_Φ - давление прессования в очаге деформации; F_Φ - площадь форкамеры, $\Pi_{ПП} = \frac{\Pi}{F}$ - приведенный периметр профиля, F - площадь профиля.

При варьировании основных параметров, входящих в уравнение (1), был сформирован массив расчетных данных, отражающих зависимость температуры пресс-изделия от значимых параметров, и получено уравнение регрессии для ее определения следующего вида:

$$T_{П.И.} = a - b \cdot \lambda + c \cdot H_{fk} + d \cdot V_{np}, \tag{2}$$

где λ - суммарная вытяжка при прессовании, H_{fk} - высота форкамеры, V_{np} - скорость прессования, a, b, c, d – коэффициенты, зависящие от температуры нагрева заготовки, значения которых представлены в табл. 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов в уравнении (2)

Температура нагрева заготовки, °С	a	b	c	d
480	487.669	0.36	0.407	3.633
490	484.725	0.72	0.479	4.418
500	482.834	0.89	0.493	5.372
510	481.658	0.109	0.502	6.71
520	479.856	0.123	0.504	7.24

Результаты расчета температуры по уравнению (2) были сопоставлены с экспериментальными данными, полученными в производственных условиях при полунепрерывном прессовании сплошных профилей из сплава АД31 на ООО «ЛПЗ «Сегал». Результаты сопоставления представлены в табл. 2, максимальное отклонение не превышает 5%, что позволяет утверждать о достаточной сходимости полученных данных.

Таблица 2. Сопоставление данных экспериментов и расчетов температур

Шифр профиля	Температура расчетная, °С	Температура фактическая, °С	Отклонение Δ , °С	Отклонение, Δ , %
КП 1336	521	535	14	2,7
КП 45313-1	524	544	20	3,6
КП 45360	531	526	5	0,9
КП 45363	523	509	14	2,7
КП 1511	550	524	26	4,7
КП 45322	523	527	5	0,9

С использованием симплекс-метода и массива расчетных данных, найденных по уравнению (2), с учетом ограничений по значимым параметрам процесса было получено также уравнение, позволяющее определить максимально возможную скорость прессования, при которой обеспечивается требуемое качество пресс-изделий

$$V_{np} = -a + b \cdot \lambda - c \cdot H_{fk} + d \cdot T_{п.н.}, \quad (3)$$

где a, b, c, d – коэффициенты, зависящие от температуры нагрева заготовки, значения которых представлены в таблице 3.

Таблица 3. Значения коэффициентов в уравнении (3)

Температура нагрева заготовки, °С	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
480	107.882	0.01	0.112	0.225
490	83.794	0.016	0.109	0.177
500	70.678	0.017	0.097	0.15
510	56.352	0.019	0.075	0.12
520	47.662	0.022	0.057	0.009

Полученные зависимости были использованы при подготовке технологического процесса прессования профилей из сплава АД31 в производственных условиях, а также при создании программного обеспечения для работы АСУ ТП.

В третьей главе приведены алгоритмы, методики расчета прессового инструмента и описание программного обеспечения САПР для проектирования процесса полунепрерывного прессования профилей из алюминиевых сплавов.

Разработанная версия САПР INPRESS 5 реализована в среде Delphi 7.0, непосредственно интегрированной в пакет AutoCAD. Инструментарий представляет собой набор графических редакторов для ввода и вывода информации и процедуры обработки информации. Система предназначена для проектирования матриц, форкамер, подкладок, а также для расчета технологических, энергосиловых параметров и выбора оборудования для прессования сплошных и полых профилей из мягких алюминиевых сплавов. Включает в себя три основных блока: подсистему проектирования инструмента и технологии для полунепрерывного прессования сплошных алюминиевых профилей, подсистему проектирования инструмента и технологии для полунепрерывного прессования полых алюминиевых профилей и базу данных для выбора типовых профилей. Структурная схема САПР представлена на рис. 6.

Результатом работы системы являются характеристики процесса прессования и свойств металла для принятого к проектированию профиля, в том числе такие, как значения вытяжек при выдавливании из контейнера в форкамеру и из форкамеры в профиль; суммарная вытяжка; температура выходящего пресс-изделия; сопротивление деформации прессуемого металла; величина калибрующего пояска; полное усилие прессования, а также чертежи матриц, форкамер, рассекателей и другого прессового инструмента для сплошных и полых профилей (рис. 7, 8).

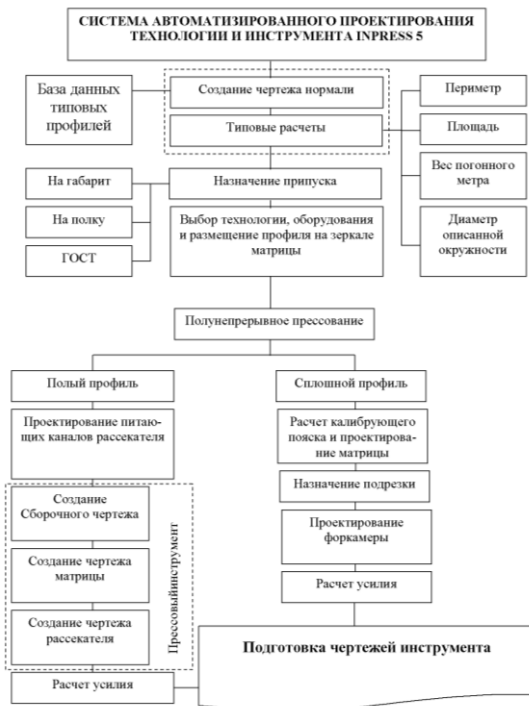


Рис. 6. Структурная схема САПР INPRESS 5

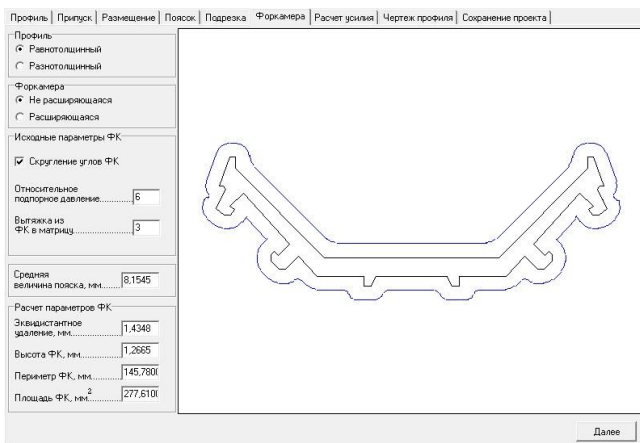


Рисунок 7 – Пример подготовки чертежа форкамеры для профиля КП 45360

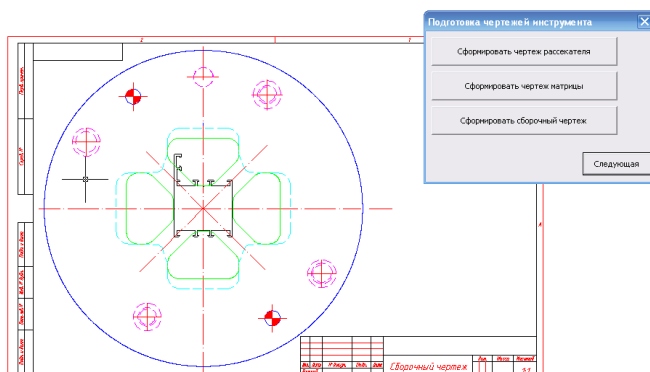


Рисунок 8 – Пример подготовки чертежа инструмента для полого профиля КП 4545

Созданная система автоматизированного проектирования позволяет, таким образом, оперативно проектировать прессовый инструмент для полунепрерывного прессования и рассчитывать основные его технологические и силовые параметры, снижая сроки подготовки производства.

В четвертой главе представлены результаты исследований по совершенствованию технологического процесса полунепрерывного прессования системных профилей из сплава АД31 в производственных условиях Красноярского литейно-прессового завода (ООО «ЛПЗ «Сегал»). С этой целью предложена и запатентована принципиальная схема АСУ ТП полунепрерывного прессования (патент РФ № 71570), спроектирована лабораторная установка экспресс-анализа прессуемого металла и разработаны новые технические решения по конструкции охлаждаемого инструмента (патент РФ № 68936). Для промышленной апробации были выбраны три типовых системных профиля КП 1336, КП 45313-1, КП 45360, которые используются в качестве элементов светопроницаемых конструкций и каркасов фасадов зданий.

Автоматизированная система управления технологическим процессом полунепрерывного прессования профилей на горизонтальном гидравлическом прессе в соответствии с техническим решением по патенту РФ №71570 включает в себя: управляющую ЭВМ; датчик и регулятор температуры нагрева заготовки; датчик и регулятор температуры нагрева прессового инструмента; датчик и регулятор скорости прессования; пирометр; датчик и регулятор скорости охлаждения прессового инструмента; дефектоскоп; блок реологии; датчик давления в главном цилиндре; датчик положения пресс-штемпеля. Массив входных параметров процесса прессования можно представить в виде следующей последовательности данных: диаметр контейнера; средняя высота пояска матрицы; угол на-

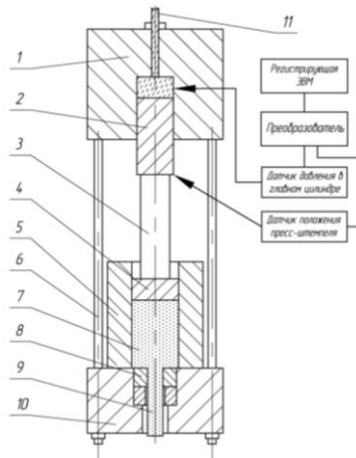
клона образующей матрицы; длина заготовки; температура заготовки; температура контейнера; вытяжка; скорость прессования. Массив выходных параметров включает в себя множество данных, однако оперативно контролировать и управлять можно только одним параметром - температурой выходящего профиля.

Одной из ключевых особенностей представленной АСУ ТП является наличие блока реологии, который на основе показаний сигналов поступающих с датчиков, регистрирующих изменение давления в главном цилиндре прессы в зависимости от текущего положения пресс-штемпеля, определяет текущее сопротивление деформации прессуемого металла по уравнению

$$\sigma_s = \frac{(P_{max} - P_x)}{(\mu_{кр} \cdot \pi \cdot D_k \cdot \Delta L)}, \quad (4)$$

где P_{max} – максимальное усилие прессования; P_x – текущее усилие прессования; ΔL – текущее перемещение пресс-штемпеля; $\mu_{кр}$ – коэффициент трения в контейнере; D_k – диаметр контейнера.

Для проведения экспресс-анализа реологии прессуемого металла была спроектирована лабораторная установка (рис. 9), которая представляет собой вертикальный гидравлический пресс номинальным усилием 1 МН, оснащенный блоком реологии, который подключен к регистрирующей ЭВМ.

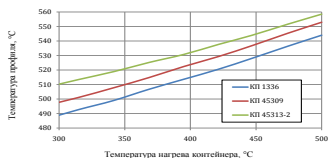


- 1 – главный цилиндр; 2 – плунжер; 3 – пресс-штемпель; 4 – пресс-шайба; 5 – контейнер; 6 – направляющие колонны; 7 – металл заготовки; 8 – матрица; 9 – изделие (пруток); 10 – матрицедержатель; 11 – трубка высокого давления

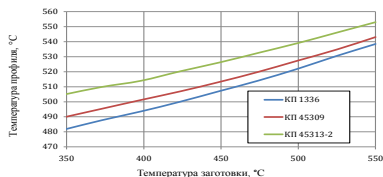
Рис.9. Схема лабораторной установки экспресс-анализа для определения сопротивления металла деформации

Управляющая ЭВМ на основе поступающих данных строит индикаторную диаграмму зависимости давления от перемещения пресс-штемпеля, и по формуле (4) вычисляет текущее сопротивление деформации обрабатываемого металла.

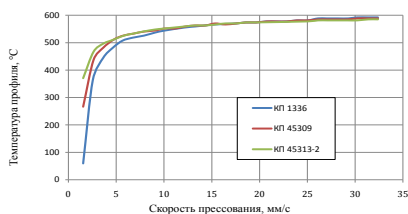
С помощью разработанной модели температурно-скоростных параметров (1)-(3) были получены зависимости температуры пресс-изделий от входных параметров процесса прессования. Анализируя эти зависимости можно сделать вывод, что из тех параметров, которые существенно влияют на температуру пресс-изделия оперативно можно управлять только температурой контейнера, температурой заготовки и скоростью прессования (рис. 10).



а



б



Скорость прессования, мм/с

в

Рис. 10. Зависимости температуры профиля от параметров процесса прессования: температуры нагрева контейнера (а), температуры

заготовки (б) и скорости прессования (в)

Оптимальная скорость прессования может быть рассчитана по формуле (3), а далее, зная оптимальную скорость прессования, можно определить требуемые температурные параметры процесса, обеспечивающие максимальную производительность и требуемое качество пресс-изделий. Для исследуемых пресс-изделий из сплава АД31 диапазон оптимальных скоростей лежит в пределах 5,5-9 мм/с при температуре заготовки 480⁰С и температуре контейнера 440⁰С. При этом обеспечивается отсутствие температурных трещин на пресс-изделии и требуемая температура профилей под закалку.

Рассчитанные максимальные скорости были сопоставлены с применяющимися на производстве скоростями прессования (табл. 4) и установлено, что последние значительно ниже, чем максимально возможные.

Таблица 4. Скорости прессования различных профилей

Шифр профиля	Максимальная скорость прессования, мм/с	Скорость прессования на производстве, мм/с	Отклонение Δ, %
КП 1336	6,3	4,5	28,5
КП 45313-1	8,1	5,4	32,1
КП 45360	5,6	3,2	42,8

Для каждого профиля в зависимости от класса сложности была задана новая скорость прессования, составляющая 75 - 85% от максимальной и проведён ряд опытных прессовок. В результате опытных прессовок на повышенных скоростях доля брака не выросла, а полученные пресс-изделия соответствовали всем техническим условиям, при этом длительность цикла прессования снизилась в среднем на 6,4 %. Это позволило увеличить производительность прессового оборудования в среднем на 5 % и увеличить выход годного на 0,2 %. Годовой экономический эффект составил 4,2 млн. руб.

В заключении представлены основные выводы и результаты работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. С использованием результатов моделирования формоизменения металла и теоретических методов исследований установлены основные закономерности течения металла в форкамере и выработаны рекомендации по выбору основных геометрических и технологических параметров для проектирования форкамерного инструмента. Анализ полученных закономерностей позволил сделать вывод, что высоту форкамер целесообразно

разно выбирать в пределах 10-20 мм, вытяжку из форкамеры в профиль - не менее 3, а относительное давление – не меньше 6 .

2. С учетом влияния формы поперечного сечения профиля уточнена и применена для определения температурно-скоростных параметров процесса полунепрерывного прессования профилей из сплава АД 31 методика расчета температуры и скорости металла.

3. Получены зависимости для определения максимально возможных скоростей прессования сплошных профилей из сплава АД31, использование которых дает возможность получить максимальную производительность и требуемое качество пресс-изделий. Для исследуемых пресс-изделий диапазон оптимальных скоростей лежит в пределах 5,5-9 мм/с при температуре заготовки 480⁰С и температуре контейнера 440⁰С.

4. Разработаны методики и алгоритмы проектирования инструмента и технологии полунепрерывного прессования сплошных и полых алюминиевых профилей, на основе которых создана система автоматизированного проектирования инструмента и технологии полунепрерывного прессования алюминиевых профилей, позволяющая проектировать прессовый инструмент и рассчитывать основные технологические и силовые параметры процесса.

5. Предложены новые технические решения (патенты РФ № 71570 и №68936) и на их основе разработана принципиальная схема АСУ ТП полунепрерывного прессования с применением принудительно охлаждаемого инструмента, элементы которой внедрены в производство.

6. Разработана методика и проект лабораторной установки экспресс-анализа реологии прессуемого металла, позволяющие определить текущее значение сопротивления деформации прессуемого металла.

7. Результаты исследований используются при обучении студентов специальности 150106 «Обработка металлов давлением» в институте цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ

1. 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// Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2009. №4. С. 418-426 (**рецензируемое издание**).

2. Аналитическая оценка температурных условий процесса полунепрерывного прессования / С.В. Беляев, С.Б. Сидельников, И.Н. Довженко, А.С. Пещанский, В.В. Разумкин // Вестник Магнитогорского государ-

ственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. №3. С. 41-45 **(рецензируемое издание)**.

3. Автоматизированная система проектирования и изготовления матриц для алюминиевых сплавов / С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, Р.Е. Соколов, А.С. Пещанский, С.А. Плетюхин // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. 2006. Выпуск 5 (12). С. 235-238 **(рецензируемое издание)**.

4. Расчет температуры профиля при полунепрерывном прессовании /С.В. Беляев, И.Н. Довженко, В.В. Разумкин, А.С. Пещанский, Р.Е. Соколов // Материалы и технологии XXI века: сборник статей VI Международной научно-технической конференции. 2008. С. 80-83.

5. Интеграция системы автоматизированного проектирования Inpress с пакетом Autocad / А.С. Пещанский, Д.Ю. Горбунов, В.А. Комяков, С.Ю. Архипов // Молодежь и наука: начало XXI века: Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2008. С. 192-194.

6. Аналитическая оценка оптимальных температурно-скоростных условий процесса полунепрерывного прессования алюминиевых сплавов /А.С. Пещанский, И.Н. Довженко, Д.И. Гончаров, П.А. Рыжов // Молодежь и наука: начало XXI века: Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2008. С. 195-197.

7. Сидельников С.Б., Барков Н.Н., Пещанский А.С. Разработка подсистемы программного комплекса проектирования технологии и инструмента для прессования полых профилей из алюминиевых сплавов //Системы проектирования, моделирования, подготовки производства и управление проектами CAD/CAM/CAE/PDM. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2008. С. 62-64.

8. Современные технологии и устройства для обработки труднодеформируемых сплавов цветных металлов / С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, Р.Е. Соколов, С.В. Беляев, А.С. Пещанский, А.А. Катарева, Е.С. Лопатина, О.О. Виноградов // Материалы и технологии XXI века: сборник статей VI Международной научно-технической конференции. 2008. С. 86-88.

9. Пещанский А.С, Плетюхин С.А., Комяков В.В. Система автоматизированного проектирования технологии и инструмента для комбинированных видов обработки металла // «Наука. Технологии. Инновации» Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых в 7-ми частях. 2007. № 3. С. 31-32.

10. Автоматизированное проектирование технологических процессов обработки металлов давлением / С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, Г.И. Васина, И.Ю. Губанов, Р.И. Галиев, Е.С. Лопатина, А.С. Пещанский // Моделирование и развитие процессов ОМД. Межвузовский сб. науч.

трудов. 2007. С. 47 -51.

11. Автоматизация проектирования процессов полунепрерывного и непрерывного прессования / С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, Г.И. Васина, А.С. Пешанский // Стратегические приоритеты и инновации в производстве цветных металлов и золота: сборник материалов международной научно-практической конференции. 2006. С. 237-238.

12. Пешанский А.С. Структура и описание системы автоматизированного проектирования технологии прессования металлов // Совершенствование технологии производства цветных металлов: Сборник материалов научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2005. С. 119.

13. Беляев С.В., Сидельников С.Б., Довженко И.Н., Пешанский А.С., Соколов Р.Е., Лапаев И.И., Киселев Л.А., Телегин А.В., Разумкин В.В., Ашлапов С.Н., Широков П.О. Устройство для прямого прессования профилей (патент на полезную модель). Патент РФ № 71570. Оpubл. 20.03.2008. Бюл. №8.

14. Беляев С.В., Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Соколов Р.Е., Телегин А.В., Разумкин В.В., Пешанский А.С., Лапаев И.И. Матрица для прессования изделий (патент на полезную модель). Патент РФ № 68936. Оpubл. 10.12.2007. Бюл. № 34.

Подписано в печать 9 ноября 2010 г.

Формат 60x84/16. Уч.-изд. л. 2,0.

Тираж 100 экз. Заказ № 2592

Отпечатано в типографии ИПК СФУ
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а