УДК 621.777

# О РАЗРАБОТКЕ И ОСВОЕНИИ ЭКОНОМИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОЛУНЕПРЕРЫВНО ПРЕССОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ

***Ю.А. Агапов,*** *канд. техн. наук (ЗАО НПО «СибПрофиль»),*
***В.Л. Бережной,*** *докт. техн. наук (ОАО ВИЛС, e-mail:science@oaovils.ru)*

Обоснована целесообразность экструзионного производства на комплексах с вводимым комплектом мерных заготовок (слитков). Приведены данные разработок, освоенных в ЗАО НПО «СибПрофиль». В их числе – малоэтапная технологическая схема производства, модификация полунепрерывного прессования профилей, пресс 8 МН оригинальной конструкции НПО «Тяжстанкогидропресс», комплекс технологического оборудования повышенного быстродействия благодаря совмещению некоторых процессов. Показатели освоения этого производства: уменьшение вспомогательного времени прессования до 10 с, повышение выхода годного до 90–91 % и уровня прочности профилей до 215–245 МПа для стандартных сплавов типа АД31, снижение легковесности профилей до 200–250 г/м.

***Ключевые слова:*** недостатки поточного производства, компактные комплексы, полунепрерывное прессование, гомогенизация, градиентное подхолаживание заготовок, пресс-закалка, инфракрасные пирометры, показатели производства.

**On Development and Mastering of Economical Production of Semicontinuously Extruded Shapes.** Yu.A. Agapov, V.L. Berezhnoy.

Expediency of extrusion at complexes with the use of a set of cut-to-length billets (ingots) is substantiated. Information on developments adopted at ZAO NPO «SibProfile» is presented. Among the developments are the following: thinly staged production technology, modification of semicontinuous extrusion of shapes, a special 8 MN capacity press designed at NPO «Tyazhstankogidropress», a set of production equipment featured by an extra speed of response due to overlapping of some processes. Indices of mastering of this production are the following: a reduction in an auxiliary extrusion time down to 10 sec., an improvement in extrusion yield up to 90–91 % and in a strength level of shapes up to 215–245 MPa for AD31-type conventional alloys, a reduction in shape weight down to 200–250 g/m.

***Key words***: limits of flow-line production, compact complexes, semicontinuous extrusion, homogenization, gradient reduction in a billet temperature, press quenching, infra-red pyrometers, indices of production.

## Введение в проблематику

В промышленно развитых странах (в США, Европе, Японии) мировой уровень автоматизированного поточного производства профилей из легкодеформируемых алюминиевых сплавов системы Al–Mg–Si достигнут на основе внедрения технологических разработок и соответствующих конструкций оборудования периода 80–90-х гг. [1].

Однако современные поточные линии весьма габаритны и энергозатратны, ограничены по сортаменту пресс-изделий. Кроме того, для многих потребителей – экструдеров оказывается проблемой высокая стоимость их поставки с отладкой и запуском, особенно, в случае оборудования повышенной надежности [2].

Между тем имеются возможности достичь значительной экономичности и компактности поточных линий за счет введения рациональных технических решений в технологию и оборудование. При этом должно избегать конструкций оборудования, недостаточно проверенных на надежность при 3-сменной ра-

боте, например, из Тайваня, экспансия импорта которого продолжается из-за его низкой стоимости.

При анализе базы данных для своей прогнозной работы [3], автор факультативно установил технико-экономические причины нецелесообразности повсеместного устранения компактных поточных линий с вводимым комплектом мерных заготовок при нерациональном расширении использования весьма габаритных поточных линий с вводимыми слитками-столбами.

Это становится очевидным в кризисный и посткризисный периоды, если учесть следующие недостатки второго варианта:

– чрезмерно велики энергозатраты и далеко не бесплатны производственные площади под поточные линии от слитка-столба длиной 6–7 м, который определяет соответствующие габариты и мощность установок для гомогенизации с последующим охлаждением, отрезного станочного оборудования, печей для предпрессового нагрева и сопутствующих транспортеров;

– весьма значительны расходы на эксплуатацию столов-рольгангов с оборудованием для приема и обработки прессованных полуфабрикатов двойной длины (эта технологическая схема рекомендуется в Европе [2, 3]);

– выгодно для машиностроителей, но нерационально и трудоэнергозатратно для экструзионных заводов обеспечение на шести разных видах оборудования термовременного цикла «нагрев и гомогенизация слитков-столбов → их регулируемое охлаждение → транспортировка → второй нагрев слитков-столбов до базовой температуры прессования → рубка-резка их в меру → третий, градиентный подогрев»;

– становятся узким местом по фактору «ненадежность» использованные в потоке пресс-ножницы для рубки слитков-столбов на мерные заготовки (сминают и загрязняют торец заготовок, инициируют дефекты на прессуемых полуфабрикатах) или дисковые ножницы для горячей резки (высок уровень шума, недолговечны в эксплуатации и инициируют заусенцы на заготовках);

– в связи с выгодной для экструдеров тенденцией к уменьшению сопротивления деформированию малолегированных простых быстропрессуемых сплавов системы Al–Mg–Si происходит нерациональное упрощение конструкций прессов, ведущее к учащению случаев выходов из строя базовых частей и узлов гидроцилиндров из-за увеличения интенсификации их работы;

– чрезмерной громоздкостью и повышенными затратами энергии отличаются системы штабелирования и искусственного старения, рассчитанные на обработку больших поэтапных объемов конструкционных профилей малой прочности, потребности в которых в настоящее время имеют тенденцию к сокращению [4].

Таким образом, современное экструзионное производство должно находиться, по-видимому, на стадии решения проблем рационализации областей использования крупногабаритных (от слитка-столба) и компактных (от мерных заготовок) поточных линий производства пресс-изделий из алюминиевых и магниевых сплавов, включая специализированные и универсальные системы оборудования [4].

## Разработки, освоенные в ЗАО НПО «СибПрофиль»

Первая часть этих разработок выполнена авторами в 80-е годы в соответствии с госзаданиями для научных и промышленных организаций «расширить в 1,5–2 раза объем разработок и применения прогрессивных базовых технологий» и «довести долю принципиально нового оборудования за пятилетку до 13 % от общего объема выпуска (в основном, за счет отечественных приоритетных конструкций)».

Пример освоения оригинальных и эффективных технических решений при создании компактного, экономичного и надежного оборудования с развитием технологии полунепрерывного прессования представлен в ЗАО НПО «СибПрофиль».

В конце 80-х гг. один из авторов статьи (В.Л. Бережной), рассмотрев в качестве представителя ВИЛСа эскизно-технический проект оригинального пресса (основным его разработчиком был Ю.А. Агапов), рекомендовал руководству Новосибирского завода «Тяж-

станкогидропресс» завершить работу выпуском опытно-промышленного образца в рамках планируемого обновления металлургической подотрасли МАП. В последующем на предприятии ЗАО НПО «СибПрофиль» осуществлено на компактном комплексе с этим прессом усилием 8 МН производство архитектурно-строительных профилей по ГОСТ 22233 и конструкционных профилей общего назначения по ГОСТ 8617 из сплавов АД31 и 6063.

В настоящее время продолжается стабильное функционирование этого комплекса на базе технологической схемы полунепрерывного прессования (слиток за слитком без отделения пресс-остатка) с выходным столом-рольгангом длиной 32 м. Полунепрерывное прессование профилей, как известно, позволяет существенно повысить производительность и выход годного за счет сокращения времени цикла и более рационального использования металла прессуемых заготовок. При освоении нового варианта этого процесса решали технико-экономические задачи повышения эффективности производства – от выбора уточненного химсостава заготовок до определения оптимальных параметров всех технологических процессов в комплексе, обеспечивающих максимизацию производительности и требуемое качество профилей*.

Базовая конструктивная схема нового экструзионного гидропресса усилием 8 МН (диаметр контейнера 115 мм) позволяет реализовать эффективные режимы, удовлетворяющие требуемым условиям полунепрерывного прессования профилей, с обеспечением максимально быстрого выполнения всех основных и вспомогательных операций.

Основной отличительной особенностью конструкции этого гидропресса является ступенчатый главный плунжер с встроенным соосно в его хвостовую часть поршневым цилиндром для холостых и обратных ходов этого плунжера (рис. 1). Такое конструктивное решение обеспечивает простоту и надежность центровки цилиндровой группы по оси

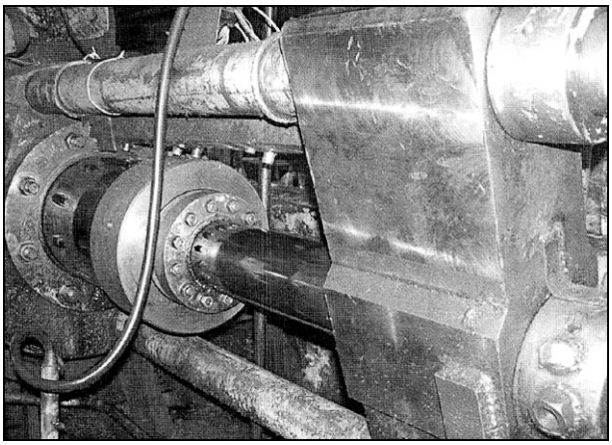


***Рис. 1. Вид зоны цилиндровой группы со ступенчатым главным плунжером и контейнера в гидропрессе усилием 8 МН конструкции НПО «Тяжстанкогидропресс»***

пресса за счет двух соосных блоков бронзовых втулок-направляющих с уплотнительными манжетами. Центр тяжести плунжера всегда находится между этими опорными втулками-направляющими, износ которых практически не влияет на приемлемость точности центровки плунжера, имеющего относительно небольшой ход. Это дополнительное техническое решение создает наилучшие условия для осуществления важной стадии распрессовки заготовок длиной 3–4 их диаметра с удалением воздуха из контейнера.

Совместная реализация этих технических решений позволила разместить пресс-штемпель с закрепленной простой пресс-шайбой непосредственно на торце главного плунжера (рис. 2), отказавшись от использования

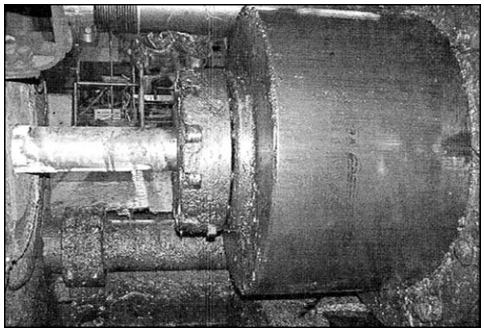


***Рис. 2. Вид пресс-штемпеля, закрепленного непосредственно на главном плунжере (без использования прессующей траверсы)***

* В начале XXI в. авторы статьи провели цикл экспериментально-аналитических исследований и оценок с разработкой научно-технических рекомендаций для совершенствования экструзионного производства в ЗАО НПО «СибПрофиль».

прессующей траверсы, что, в сравнении со стандартными иностранными конструкциями прессов, привело также к существенному уменьшению металлоемкости подвижных частей, устранению проблем недостаточного ресурса работы системы подвижной траверсы и сокращению вспомогательного времени в цикле.

Заметим, что надежность размещения пресс-штемпеля на торце плунжера подтверждена ранее на экспериментальных прессовых установках усилием 2/0,63 и 2/1 МН (1971–1972 гг.) [5].

Со стороны передней поперечины рассматриваемого пресса усилием 8 МН центровка контейнера с блоком матрицы осуществляется при их совмещении в зоне фаски, угол и площадь контактирования с которой обеспечивают предотвращение крайне нежелательного затекания прессуемого металла в стык. Позднее эффективность подобного технического решения получила подтверждение в иностранной литературе [6].

В технологическую цепочку комплекса включена система пирометров американской компании Williamson и оригинальное двухзонное обеспечение пресс-закалки прессуемых профилей (на участках 3 и 9 м).

В результате простота и компактность конструкции пресса, надежность центровки его основных узлов, а также системы инструмента (пресс-штемпель – контейнер – матрица) и их быстродействие позволили достичь достаточно высокой производительности оборудования при экономичности энергозатрат. Фактическое вспомогательное время в цикле полунепрерывного прессования равно 10 с (у зарубежных прессов такого типоразмера оно не менее 14 с), поэтому за 12-часовое рабочее время производится от 600 до 660 циклов прессования заготовок при номенклатуре 8–10 наименований профилей ежесменно.

В ходе разработки и освоения обновленной технологии производства полунепрерывно прессованных профилей был решен ряд непростых проблем, включая определение оптимальных условий удаления воздуха из контейнера для обеспечения требуемого качества поверхности профилей, подбора оптимальных химических составов прессуемых стандартных сплавов, экономичности работы новой системы «гомогенизация – охлаждение – нагрев заготовок с заданным температурным полем», а также определения производственных условий минимизации отбраковки продукции после анодирования.

При освоении процесса полунепрерывного прессования профилей без отделения пресс-остатка особенные трудности возникли с удалением воздуха из контейнера пресса при распрессовке в нем заготовок. Эту проблему решали, учитывая влияние следующих взаимосвязанных параметров: длины пресс-остатка в контейнере, положения пресс-штемпеля в момент начала распрессовки заготовки, размеров заходной фаски полости контейнера, а также величины температурного градиента прессуемых заготовок. Кроме этого, было установлено, что на надежность и стабильность операции удаления воздуха из контейнера при распрессовке заготовок влияют и их геометрические размеры (соотношение длины и диаметра), а также температурный перепад со стенкой контейнера и величина износа закрепленной пресс-шайбы.

Благодаря оптимизации условий проведения распрессовки с удалением воздуха из контейнера, достигнуто хорошее качество прессуемых профилей с повышением выхода годного до 90–91 % (в зарубежной практике принят уровень 80–85 % [1, 2]).

Следуя задаче максимизации технико-экономических показателей производства, приняли во внимание известные зависимости от химического состава и структуры слитков величин скоростей истечения и характеристик качества поверхности и механических свойств (прежде всего прочности) производимых профилей [1, 7]. При экспериментальном прессовании заготовок с разным дозированием химических элементов достигнуты оптимально суженные в пределах стандарта интервалы содержания магния, кремния и железа в химическом составе слитков – раздельно для решения базовых и экстремальных производственных задач максимизации скоростей истечения, прочности и повышенного качества поверхности. За основу приняты положения из работ [7–10].

Для стабилизации режимов прессования применен нетрадиционный способ гомогенизации слитков с последующей их подготовкой к прессованию, что было обосновано использованием сплавов с повышенным содержанием магния и кремния (для увеличения прочности профилей), а также железа (результат переработки отходов).

В соответствии с производственной технологией слитки нагревали в печи до определенной температуры гомогенизации и выдерживали не менее 3 ч. Затем температуру заготовок уменьшали до максимальной температуры прессования и проводили определенное градиентное подхолаживание соответственно разработанным условиям полунепрерывного прессования.

Принятая взамен стандартной технологии гомогенизации с ускоренным охлаждением и т.д., эта нетрадиционная технология, в температурный режим которой введено заданное градиентное подхолаживание перед прессованием, позволяет значительно упростить технологический цикл, сэкономить энергозатраты и производственные площади для оборудования.

При этом необходимо отметить, что такие условия термообработки результируются в стабильно высокие скорости истечения даже при использовании повышенной температуры слитков с увеличенным содержанием магния, кремния и железа.

Таким образом, построена и освоена стабильная технология производства полунепрерывно прессуемых профилей из сплавов АД31 и 6063 с разнообразной номенклатурой (рис. 3), в том числе тонкостенных (1 мм) с прочностью на уровне 215–245 МПа (80 % выпуска) и 196–210 МПа (20 % выпуска).

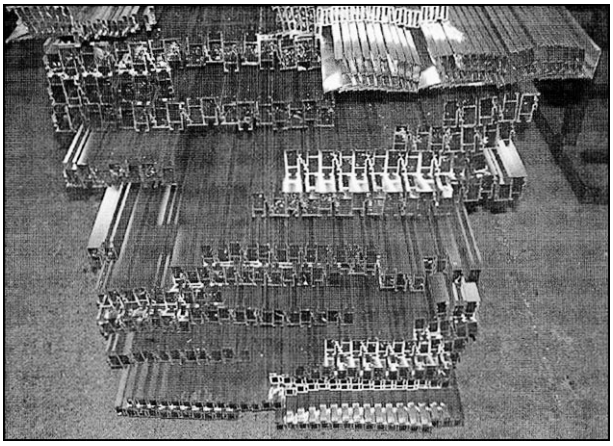


***Рис. 3. Профили типовой номенклатуры, выпускаемые в ЗАО НПО «СибПрофиль»***

Бóльшие значения $\sigma_в$ относятся к стандартным слиткам от РУСАЛа, меньшие – для вторичных сплавов. Достигнута легковесность профилей на уровне 200–250 г/м.

## Заключение

Данная технология может иметь дальнейшее развитие, поскольку позволяет трансформировать процесс полунепрерывного прессования в инновационный процесс непрерывного прессования, разработанный и прошедший испытания ранее с положительным результатом [11, 12]. В цикле непрерывного прессования вспомогательное время отсутствует (равно нулю), что позволяет еще более повысить производительность прессования и выход годных профилей.

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*


1. **Бережной В.Л.** Технология и оборудование автоматизированного производства прессованных профилей. – М.: М-во металлургии СССР. ЦНИИцветмет экономики и информации. 1990. Вып. 1. – 80 с.
2. **Бережной В.Л.** Технологичность, долгосрочная надежность и экономичность оборудования – основа конкурентоспособности экструзионного завода//Технология легких сплавов. 2008. № 3. С. 129–145.
3. **Бережной В.Л.** Базовые технологии и оборудование будущего в производстве пресс-изделий//Технология легких сплавов. 2006. № 1–2. С. 52–61.
4. **Бережной В.Л.** Технологические принципы построения многофункциональной поточной линии для производства конструкционных профилей//Технология легких сплавов. 2008. № 4. С. 53–64.
5. **Бережной В.Л., Щерба В.Н., Батурин А.И.** Прессование с активным действием сил трения. – М.: Металлургия, 1988. – 286 с.
6. **Bauser M., Sauer G., Siegert K.** Extrusion/2nd Ed. – Material Park, Ohio, USA, ASM International, 2006. – 590 p.
7. Алюминиевые сплавы. Производство полуфаб-

рикатов из алюминиевых сплавов. – Справ. 2-е изд./Балахонцев Г.А., Барбанель Р.И., Бондарев Б.И. и др. – М.: Металлургия, 1984. – 418 с.
8. **Achenbach D.** Strangpressen von Aluminium (Yerfahrensschritte, Legirungen, Einflußgrößen) //Aluminium. 1970. Bd. 46. № 9. S. 607–613.
9. **Berezhnoy V.L.** Technological Principles of Maximizing Strength in the Case of Production of Press-Quenched Al–Mg–Si Alloy Extrusions// Light Metal Age. 2009. June. № 5, 6. P. 46–53.
10. Избранные труды В.И. Добаткина/Отв. ред. Елагин В.И.– М.: ВИЛС, 2001. С. 167–230, 238 –253, 281–295.
11. **Агапов Ю.А., Хазин Ш.Ш., Бережной В.Л. и др.** Непрерывное прессование профильных изделий из алюминиевых сплавов//Технология легких сплавов. 1988. № 10. С. 42–46.
12. **Агапов Ю.А., Хазин Ш.Ш., Бережной В.Л., Гольман А.Д.** Разработка и исследование процесса непрерывного прессования//Цветные металлы. 1989. № 10. С. 101–104.