(cc) BY

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Фокин Николай Владимирович

инженер

Космацкий Ярослав Игоревич

канд. техн. наук, заместитель начальника отдела по материалам

ОАО «РосНИТИ»

г. Челябинск, Челябинская область

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТРУБ МЕТОДОМ ПРЕССОВАНИЯ, И ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ В ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация*: в статье представлен анализ технических решений, направленных на снижение энергозатрат при изготовлении труб методом прессования. Определены основные направления совершенствования процесса прессования труб в рамках условного разделения на технологию, оборудование и смазочные материалы. Обозначены современные отечественные и зарубежные технические решения, обеспечивающие снижение энергозатрат. Проведена оценка технологической возможности их реализации в действующих промышленных условиях.*

Ключевые слова*: прессование труб, усилие прессования, снижение энергозатрат, повышение эффективности, способы прессования, прессовый инструмент, реализация технических решений.*

В настоящее время одной из основных тенденций развития технических наук, и связанных с ними новых технических решений, является снижение уровня энергоемкости процесса, зачастую с сохранением прежних показателей производительности, или даже с их ростом.

Изготовление труб прессованием является процессом с относительно невысокой производительностью, в сравнении с другими видами обработки металлов давлением, что делает его применимым, в основном, при производстве изделий из специальных сталей и сплавов, где, как правило, не требуются большие объемы производства. В то же время специальные высоколегированные стали и сплавы обладают высокими значениями сопротивления деформации, что подразумевает повышенные энергозатраты при прессовании труб из них.

В трудах отечественных и зарубежных ученых, занятых в области прессования, представлено немалое количество технических решений, направленных на снижение энергозатрат процесса прессования. Часть из них основана на конструктивных изменениях прессового оборудования и инструмента, как основном факторе, влияющем на энергосиловые характеристики процесса, в частности, изменение профилировки пресс-игл, калибрующих участков матриц, конструкции пресс-шайб, их материалов и режимов термической обработки. Другие же технические решения подразумевают изменения в технологии прессования, основываясь на корректировке режимов нагрева заготовок при прессовании, химического состава смазок, их физических и эксплуатационных свойств, скоростных режимов движения пуансона и т.д.

Технические решения, представленные в работах [1 -3] направлены на снижение энергозатрат при прессовании, путем изменения технологии прессования. Работы по этому направлению связаны с именами М.И. Медведева, В.В. Жолобова, В.Г. Смирнова, С.Б. Комарова, Р.Д. Сухих, В.Л. Бережного, В.Н. Щерба, А.И. Батурина, В.М. Сегала, Ю.Н. Логинова и др.

Так способ прессования труб из труднодеформируемых сталей [1] обеспечивает дополнительное снижение пикового значения усилия прессования в начале процесса и повышение геометрической точности передних концов труб путем оптимизации формы передней шайбы. Способ осуществляется следующим образом и в следующей последовательности операций. К заготовке из труднодеформируемого материала привариваются (точечной сваркой) шайбы из пластичного материала, причем к переднему торцу каждой заготовки приваривается

пресс-остаток отпрессованной заготовки. Заготовка с приваренными к ней шайбами нагревается, подается в контейнер пресса, выпрессовывается в трубу до образования пресс-остатка, а пресс-остаток удаляется из контейнера пресса. Удаленный из контейнера пресс-остаток приваривается к очередной заготовке из труднодеформируемого сплава или направляется на обточку.

Реализация данного технического решения в промышленных условиях возможна, однако, приварка к заготовке шайб из пластичного материала и пресс-остатков, после каждого цикла прессования, значительно снизит производительность прессовой линии и потребует дополнительных затрат ресурсов производства на изготовление шайб и вызовет необходимость дооснащения прессовой линии оборудованием для точечной сварки. В свою очередь, обеспечивается снижение усилия прессования в начале процесса выпрессовки на величину от 1 до 5 % от усилия при установившемся процессе, что является незначительным при прессовании большей части сортамента из малопластичных марок сталей и сплавов.

Способ прессования металлов [2] обеспечивает снижение пиковой нагрузки на привод пресса и уменьшение номинального усилия пресса.

Способ включает размещение заготовки в контейнере пресса, создание в ней сжимающих напряжений, достаточных для выдавливания металла через отверстие матрицы, и последующее его выдавливание с приложением натяжения к выдавленной части заготовки. Перед заготовкой размещают вспомогательную шайбу из металла, в процессе прессования достигают состояние сварки металлов заготовки и вспомогательной шайбы.

Натяжение прикладывается после выдавливания металла шайбы к выдавленной части заготовки, сформированной из металла вспомогательной шайбы.

Реализация данного способа прессования в промышленных условиях возможна, однако потребуется дооснащение оборудования прессовых линий устройствами для захвата выпрессованной части трубы, что подразумевает значительные затраты на проектирование оборудование и его гидравлического привода, систем автоматизированного управления процессом захвата и натяжения.

Помимо этого, при прессовании с большими скоростями иногда наблюдается эффект инерционной выпрессовки, когда кинетическая энергия готовой трубы протягивает за собой оставшийся в контейнере металл заготовки. При использовании данного технического решения возможно возникновение рассогласования скорости истечения метала и скорости движения захватов, что неблагоприятно скажется на качестве получаемого изделия.

Способ прессования полых профилей и устройство для его осуществления [3] обеспечивает повышение выхода годного, снижение величины пресс-остатка и усилия прессования за счет аккумулирования энергии.

Способ прессования полых профилей включает установку на прессе матрицы с отверстием, подачу в контейнер пресса заготовки с осевым отверстием, введение в осевое отверстие заготовки пресс-иглы, выполненной с коническим участком, ее центрирование, перемещение пуансона и пресс-шайбы и выдавливание пуансоном металла заготовки в отверстие матрицы до образования пресс-остатка. После центрирования пресс-иглы ее перемещают до соприкосновения конического участка с торцевой поверхностью заготовки, затем осуществляют перемещение пресс-иглы внутри пуансона в сторону, противоположную направлению прессования, после образования пресс-остатка останавливается движение пуансона и пресс-игла перемещается внутри пуансона и пресс-шайбы в направлении прессования с обеспечением продавливания коническим участком пресс-иглы пресс-остатка в отверстие матрицы.

Амортизирующее устройство аккумулирует кинетическую энергию заготовки по мере продвижения пресс-шайбы в направлении прессования. Так, перемещая пресс-иглу в направлении прессования, после соприкосновения ее конического участка с торцевой поверхностью заготовки осуществляют перемещение пресс-иглы внутри пуансона и пресс-шайбы в сторону, противоположную направлению прессования. Пресс-игла при этом передает кинетическую энергию заготовки амортизирующему устройству, которое, в свою очередь, аккумулирует

ее до момента образования пресс-остатка. После образования пресс-остатка останавливается движение пуансона. В это время полый профиль протягивает в отверстие матрицы пресс-остаток, а пресс-игла перемещается внутри пуансона и пресс-шайбы в направлении прессования за счет аккумулированного усилия амортизирующего устройства.

Реализация данного технического решения в промышленных условиях с использованием аккумулирующего устройства, выполненного в виде пружины сжатия, невозможна по причине отсутствия пружин и аккумулирующих устройств, отвечающих энергосиловым характеристикам процесса при прессовании с усилием более 0,28 МН.

Помимо этого, исполнение аккумулирующего устройства гидравлическим цилиндром с системой аккумулирования энергии в процессе прямого прессования, сопровождается значительными затратами на реконструкцию действующего прессового оборудования.

В работах [4-8] представлены технические решения направленные на изменение конструкции трубопрессового оборудования и рабочего инструмента.

Пресс-шайба для прессования [4] позволяет уменьшить усилия пресса при обратном ходе пресс-штемпеля.

Пресс-шайба имеет полость, в которой устанавливается распорный конус. Сопряжение пресс-шайбы и распорного конуса осуществляется по конусной поверхности. Распорный конус соединен с пресс-шайбой болтом. При движении пресс-штемпеля пресс-шайба перемещается относительно распорного конуса вследствие того, что между нижней поверхностью распорного конуса и пресс-шайбой есть зазор. При этом диаметр пресс-шайбы увеличивается или уменьшается

Применение данного технического решения в промышленных условиях возможно, но не обеспечивает снижения усилия при прямом прессовании полых

профилей. К тому же, постоянное движение распорного конуса послужит причиной частого выхода из строя всего узла пресс-шайбы, вследствие динамических нагрузок на резьбовые соединения.

Устройство для прессования металлов [5] и прессовый инструмент для непрерывного экструдирования заготовок [6] обеспечивают возможность прессования заготовок большей длины, снижение усилия прессования и упрощение конструкции.

В основе технических решений [5 – 6] лежит принцип применения активного действия сил трения, подробно представленного в работе [7]. Результаты проводимых работ в этом направлении, показали, что способы прессования с использованием активного действия сил трения позволяют снизить усилия прессования на величину до 25 %. Однако, они требуют объемной реконструкции существующего прессового оборудования, к примеру, обусловленной необходимостью принудительного осевого опережающего контейнера и пресс-иглы пресс-штемпеля, относительно пресс-штемпеля [7]. Данный процесс достаточно глубоко исследован на испытательных прессовых установках и на частично реконструированном гидравлическом прессе усилием 31,5 МН, что подтвердило на практике преимущества процесса, в частности, снижения усилия прессования.

За последние 30 лет предложен ряд новых технологических схем и устройств для прессования в условиях активного действия сил трения, в том числе: с конусным контейнером; с одновременным принудительным движением пресс-штемпеля, шплинтона и контейнера; с вращением матрицы, пресс-иглы и пресс-шайбы; с прессующим шплинтоном в неподвижном контейнере и гидроподпором пресс-штемпеля и прочие.

Игла для прессования труб [8] обеспечивает снижение энергозатрат на величину от 12 до 13 % и уменьшение усилия прессования на величину от 14 до 15 % при прессовании труб по сравнению с прессованием труб с применением пресс-иглы известной конструкции.

Пресс-игла выполнена в виде стержня с калибрующим участком, хвостовиком крепления и осевой полостью с дном со стороны калибрующего участка. В

дне выполнены равномерно расположенные на окружности каналы. В полость подают охлаждающую жидкость. Из полости через каналы в торце пресс-иглы охлаждающая жидкость поступает на внутреннюю поверхность прессуемой трубы в максимальной близости от пояска матрицы. Наличие каналов в торце пресс-иглы позволяет более интенсивно охлаждать металл именно в выходной части очага деформации, что исключает возможность его разогрева до критической температуры (температуры трещинообразования или пережога).

Благодаря наличию теплоизоляции пресс-игла охлаждается охлаждающей жидкостью только на участке длиной 0,25 – 0,35 диаметра используемого контейнера, контактирующем с прессуемым металлом в выходной части очага деформации.

Как и в случае, с остальным прессовым инструментом, применение данной конструкции пресс-иглы повлечет за собой значительный объем механических работ. К тому же на действующих прессовых линиях (ТПЦ-2 ОАО «ВТЗ») не предусмотрено внутреннее охлаждение пресс-игл, следовательно, применение данного технического решения, вызывает необходимость проектирования системы подачи охлаждающей жидкости внутрь полости пресс-игл.

В работах [9 – 12] представлены смазочные материалы для прессования и смазочные шайбы, обеспечивающие снижение энергозатрат при производстве труб прессованием.

Так в работе [9] для снижения усилий прессования и обеспечения стабильности протекания процесса смазочная шайба содержит в своем составе минеральный сланец. Смазка на основе минеральных сланцев обеспечивает хорошую смачиваемость поверхностей металла при температуре прессования и отсутствие поверхностных дефектов в виде вмятин, задиров, рябизны и др. Известен случай добавления вулканического шлака [10]. В техническом решении [11] в качестве массы для изготовления смазочных шайб используется гранулированный полиэтилен, прессуемый для получения шайб. В настоящее время идет разработка конструкции двухслойных шайб, с различными свойствами материала каждого.

Применение технических решений [9 – 11] ограничено возможностью получения редких составляющих смазок: вулканического шлака; минерального сланца и т.д. Необходимо применение смазочных материалов из более доступных материалов, как компонентов смазок, обеспечивающих при этом снижение энергозатрат при прессовании, в частности, снижение усилия прессования за счет снижения действия сил трения на контактной поверхности «прессовый инструмент – металл заготовки».

Помимо этого, возможно применение конструкции смазочной шайбы для прессования изделий [12] при изготовлении труб из титановых сплавов. Однако следует уточнить техническую возможность изготовления составной смазочной шайбы и возможность получения материалов для изготовления составных частей смазочной шайбы в промышленных условиях. Кроме того, рекомендуется рассмотреть возможность применения стеклосмазочных шайб конструкции, состоящей из двух слоев материалов с разной удельной теплотой плавления, причем стеклосмазочная шайба расположена таким образом, чтобы слой смазочной шайбы, изготовленный из материала с меньшей удельной теплотой плавления, контактировал с торцевой поверхностью заготовки.

Подробное описание представленных технических решений и оценка их технологической возможности реализации в промышленных условиях представлены в работе [13].

По результатам анализа отмечены следующие технические решения и рекомендации к их применению:

1) Способ прессования труб из труднодеформируемых сплавов [1] принципиально возможен. Реализация способа сопровождается снижением пикового усилия прессования на величину, которая при производстве определенного сортамента труб на прессовых линиях является несущественной.

2) Способ прессования полых профилей и устройство для его осуществления [3] принципиально возможен. Однако при применении пружин сжатия его реализация в представленном виде невозможна. Использование пневматиче-

ского или гидравлического аккумулятора энергии позволит реализовать техническое решение, но связано с существенной модернизацией оборудования. Достижение эффекта обратного течения металла в процессе прессования, подразумеваемого в результате реализации способа, так же выполнимо за счет определенной профилировки прессового инструмента.

3) Применение технических решений, связанных с прессовым инструментом, принципиально возможно. При этом потребуется изменение существующей конструкции матрицы, матрицедержателя, пресс-иглы, исключающее значительные затраты на механическую обработку и изменение сопрягающихся поверхностей деталей узла матрицы.

Нецелесообразность применения других технических решений, представленных в статье и работе [13], объясняется следующими основными причинами:

1) Большие капитальные затраты на техническое переоснащение прессовых линий.

2) Большой объем работ по модернизации трубопрессового оборудования, вызывающий значительные изменения в технологическом процессе.

3) Отсутствие возможности производства сортамента труб, подразумеваемого в техническом результате ряда способов прессования.

4) Стоимость материалов, используемых для получения эффекта снижения энергозатрат при прессовании.

По результатам анализа следует обратить внимание, что вопрос снижения энергозатрат в процессе прессования активно изучался в 70-х годах прошлого столетия в трудах отечественных ученых, занятых в области прессования. В настоящее время проблема снижения пиковых усилий при прессовании труб из труднодеформируемых специальных сталей актуальна, в связи с растущей потребностью заказчиков трубной продукции и отсутствием глобального технического перевооружения производственных мощностей отечественных предприятий трубной отрасли. В настоящее время ведутся работы: по изменению конструкции прессового инструмента, с целью обеспечения наиболее благоприят-

ных условий деформации; по корректировке составов стеклосмазочных материалов, используемых для изготовления стеклосмазочных шайб; по исследованию процесса прессования труб с применением одновременного вращательного движения пресс-иглы. Дальнейшее развитие вышеуказанных направлений позволит разработать комплекс технических решений, готовых к внедрению в производство, с целью повышения количественного параметра по положительным решениям о возможности производства определенного сортамента трубной продукции.

Список литературы

1. А.с. 845929СССР, МПК В 21 С 23/08. Способ прессования труб из труднодеформируемых сплавов [Текст] / Медведев М.И., Жуковский Ю.Б., Гуляев Ю.Г. и др. (СССР). – 2838078/25-27; заявлено 11.11.79; опубл. 15.07.81, Бюл. 26. – С. 3.

2. Пат. 2284235 Российская Федерация, МПК В 21 С 23/22. Способ прессования металлов [Текст] / Ю.Н. Логинов, С.П. Буркин; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». – №2005105189/02; заявл. 24.02.05; опубл. 27.09.2006, Бюл. № 27 – 6 с. : ил.

3. Пат. 2535831 Российская Федерация, МПК В 21 С 23/08, В 21 С 25/00, В 21 J 13/00. Способ прессования полых профилей и устройство для его осуществления [Текст] / Я.И. Космацкий, А.В. Выдрин; Б.В. Баричко и др.; заявитель и патентообладатель ОАО «РосНИТИ». – № 2013133135/02; заявл. 16.07.13; опубл. 20.12.2014, Бюл. № 35 – 9 с. : ил.

4. А.с. 170905 СССР, МПК В 21 С 25/00. Пресс-шайба для прессования [Текст] / Богданов Е.С., Янский С.Н., Пенков В.М. и др. (СССР). – 816971/25-27; заявлено 26.01.63; опубл. 11.05.65, Бюл. 10. – С. 2.

5. А.с. 533418 СССР, МПК В 21 С 27/00, В 21 С 23/08. Устройство для прессования металлов [Текст] / Сегал В.М., Дробышевский А.Е., Резников В.И. и др. (СССР). – 2172273/27; заявлено 18.09.75; опубл. 30.10.76, Бюл. 40. – С. 3.

6. А.с. 632427 СССР, МПК В 21 С 25/00. Прессовый инструмент для непрерывного экструдирования заготовок [Текст] / Сегал В.М., Копылов В.И. (СССР). – 2485881/25-27; заявлено 16.05.77; опубл. 15.11.78, Бюл. 42. – С. 3.

7. Прессование с активным действием сил трения. Бережной В.Л., Щерба В.Н., Батурин А.И.. М.: Металлургия, 1988, – 296 с.

8. А.с. 1009547 СССР, МПК В 21 С 25/04, В 21 С 29/04. Игла для прессования труб [Текст] / Комаров С.Б. (СССР). – 3322313/25-27; заявлено 24.07.81; опубл. 07.04.83, Бюл. 13. – С. 2.

9. А.с. 435879 СССР, МПК В 21 С 23/32. Смазочная шайба для горячего прессования металлов и сплавов [Текст] / Ерманок М.З., Мартиросян С.В., Гарибов Г.С. и др. (СССР). – 1884399/25-27; заявлено 19.02.73; опубл. 15.07.74, Бюл. 26. – С. 2.

10. А.с. 442866 СССР, МПК В 21 С 23/32. Смазочная шайба для горячего прессования металлов и сплавов [Текст] / Ерманок М.З., Мартиросян С.В., Гарибов Г.С. и др. (СССР). – 1929017/25-27; заявлено 07.06.74; опубл. 15.09.74, Бюл. 34. – С. 2.

11. А.с. 1505964 СССР, МПК С 10 М 125/24, С 21 N 30/06. Смазка для горячего прессования металлических сплавов [Текст] / Дробич О.П., Карасик Т.Л., Шперлин П.И. и др. (СССР). – 4321090/23-04; заявлено 26.10.87; опубл. 07.09.89, Бюл. 33. – С. 3.

12. А.с. 724234 СССР, МПК В 21 С 23/32, В 21 С 35/04. Смазочная шайба для прессования изделий [Текст] / Декун А.М., Воронин С.И., Зорихина С.В. и др. (СССР). – 2658725/25-27; заявлено 04.09.78; опубл. 30.03.80, Бюл. 29. – С.3.

13. Анализ существующих технических решений, направленных на снижение энергозатрат при изготовлении труб методом прессования и оценка технологической возможности их реализации в промышленных условиях ТПЦ-2: отчёт о НИОКР: договор № 1.21.1-Т-46/15, этап 1 (промежуточный) / Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности; рук.: Я.И. Космацкий; исполн.: Б.В. Баричко, Н.В. Фокин, С.И. Пыхов, К.Ю. Яковлева – Челябинск, 2015. – 68 с.