

К ВОПРОСУ ВИБРАЦИОННОГО ПРЕССОВАНИЯ ТРУБ НА ПРОФИЛЬНОМ ПРЕССЕ ТРУБОПРЕССОВОЙ УСТАНОВКИ

© Рахманов С.Р., 2011

Запропоновано комбіновану схему і механізм реалізації технології вібраційного прошивання і вібраційного пресування безшовних труб на профільному пресі трубопресової установки.

We propose a combined scheme and mechanism for implementing technology vibrating flashing and vibrating compaction seamless pipe on the profile press trubopressovoy installation.

Повышение эффективности процессов прессования бесшовных труб в условиях применения высокочастотных активных вибраций создает определенные условия для расширения технологических возможностей эксплуатируемого трубопрессового оборудования. Разработка передовых высокоэффективных вибрационных технологий производства бесшовных труб выдвигает ряд актуальных задач.

Кроме всего, разработка современных вибрационных технологий производства бесшовных труб требует кардинального подхода к оптимизации качества выпускаемой продукции. Отметим, что в мировой практике весьма перспективным направлением интенсификации режимов деформации при прессовании бесшовных труб считается использование управляемых активных высокочастотных ультразвуковых колебаний или механических вибраций. Применение передовых технологий при производстве бесшовных труб требует кардинально нового подхода к задаче вибрационного прессования, что, в свою очередь, связано с отработкой оптимальных режимов деформации, прогнозированием показателей стойкости технологического инструмента (матриц, игл, контейнеров), оптимизацией качества бесшовных труб и повышением надежности функционирования всего прессового оборудования [1, 2].

Реализация современных технологических процессов производства бесшовных труб методом прессования предусматривает совмещенные процессы прошивки (экспадирования) и прессования труб из предварительно сверленной трубной заготовки из малопластичных металлов и труднодеформируемых сплавов на профильных прессах трубопрессовых установок с применением высокочастотных вибраций. Выбор параметров систем реализации высокочастотных вибраций выдвигают некоторые актуальные вопросы совершенствования технологического оборудования [3–5].

В ряде случаев, с целью повышения эффективности, технологические процессы прессования бесшовных труб предусматривают использование управляемых высокочастотных вибраций. Однако, из-за недостаточной изученности, эти процессы широко не применяются в практике производства бесшовных труб. В частности, задачи повышения эффективности прессования труб на профильном прессе, в условиях применения высокочастотных вибраций, решаются без должного исследования и, как правило, фрагментами и экспериментально.

Опыт эксплуатации трубопрессовых установок показывает, что выполнение совмещенных операций прошивки и прессования на профильном прессе 31.5 МН преимущественно сопровождается значительными потерями рабочего усилия на преодоление сил сопротивления при

прошивке и характерной для прессования труб неравномерности деформаций по всему объему обрабатываемого металла.

Отметим, что наиболее благоприятные условия деформации для прессования труб достигаются в условиях использования высокочастотных вибраций, что получило некоторое отражение в ряде фундаментальных исследований, как теоретического, так и экспериментального характера. Большинство исследователей подтверждает тот факт, что применение высокочастотных вибраций при обработке металлов давлением уменьшает предел текучести материала и, как следствие, значительно снижает энергосиловые параметры очага деформации. Важную роль играет фактор формирования рациональной объемной деформации металла и уменьшения внешних контактных и внутренних сил трения. Во время исследований, приведенных в работе [2], установлена некоторая зависимость усилия прессования от частоты колебаний активных вибраций. Выявлено, что для достижения установившегося вибрационного режима деформирования заготовки необходимо определить зависимость между частотой, амплитудой и кинематическими параметрами технологического процесса прессования. Следовательно, амплитудно-частотная характеристика базовых технологических инструментов (пресс-штемпеля, матрицы, иглы) существенно влияет на эффективность процесса, поскольку при этом формируются некоторые условия для активизации вибрационного деформирования заготовки в процессе прессования.

Установление некоторых скрытых возможностей существующих технологий и разработка новой технологии вибрационного прессования труб требует создания корректных моделей, адекватно отражающих условия реализации и особенности этого процесса на современных профильных прессах. В основу разработки ряда моделей и создания механизмов для вибрационного нагружения металла положены некоторые разработки В.Н. Потураева, В.М. Клименко, М.Г. Цейтлина, А.М. Онищенко, В.Н. Шаповала и других авторов, анализ этих разработок обобщен и наиболее полно отражен в работах [1, 2].

Первые опытно-промышленные установки с использованием ультразвуковых колебаний построили фирмы “Uniform Tubes” и “Aero projects” (США) в начале 60-х годов XX столетия. Затем на заводе фирмы “Aero projects” для производства бесшовных труб был создан пресс с подводом высокочастотных ультразвуковых колебаний непосредственно к матрице. Применение ультразвуковых колебаний позволило увеличить степень единичного обжатия и повысить скорость деформации заготовки, уменьшить количество операций отжига и травления, а также количество отходов.

Далее эти вопросы решались на заводе фирмы “Stainless Tube Division” (США), где производство бесшовных труб из коррозионно-стойкой стали на профильных прессах осуществляют высокочастотными ультразвуковыми колебаниями технологического инструмента (матрицы) [1].

Промышленная технология прессования бесшовных труб из предварительно просверленных заготовок с использованием энергии ультразвуковых колебаний освоена также в Англии и Японии. Фирмы “Levy” и “Kolambia Jammeril” (Англия) создали прессы усилием прессования до 40 МН, которые эксплуатировались в технологических линиях трубопрессовых установок для производства труб диаметром до 380 мм. Процессы прессования реализовались путем подведения к пресс-штемпелю ультразвуковых колебаний частотой 5 – 15 кГц [1, 2].

Аналогичный профильный пресс с подведением ультразвуковых колебаний непосредственно к игле, через стержень, опробовала фирма “Кобэ” (Япония) [1].

На трубопрокатных заводах России и Украины сегодня работают трубопрокатные установки, оснащенные современными прессами усилием прессования до 50 МН, фирмы “SMS MEER” (Германия) или отечественного производства усилием прессования до 31,5 МН. Однако, по некоторым необоснованным причинам, это оборудование не снабжено устройством для реализации современной технологии вибрационного прессования труб [2].

Для обоснования и принятия решений по прессованию труб в активном управляемом режиме подробно анализируем некоторые важные моменты известных процессов пластической деформации металлов, рассматривая волновые процессы в условиях применения высокочастотных активных вибраций.

Отметим, что в случае модернизации промышленного профильного пресса 31,5 МН высокочастотные механические или ультразвуковые колебания от вибровозбудителя непосредственно следует подвести к оправке через стержень иглодержателя.

Определение некоторых скрытых возможностей существующих технологий и разработка новой технологии вибрационной прошивки (экспандирования) трубных заготовок полностью базируется на новых моделях этих процессов. Проанализируем некоторые условия для реализации процесса прошивки или экспандирования трубной заготовки на современных профильных прессах двойного действия, схема которых приведена на рис. 1.

Совмещенные процессы прошивки (экспандирование) трубной заготовки и прессования труб на профильном прессе непосредственно связаны с обработкой рациональных режимов деформации металла, прогнозированием показателей стойкости технологического инструмента, надежности функционирования оборудования для реализации самих высокочастотных вибраций [5].

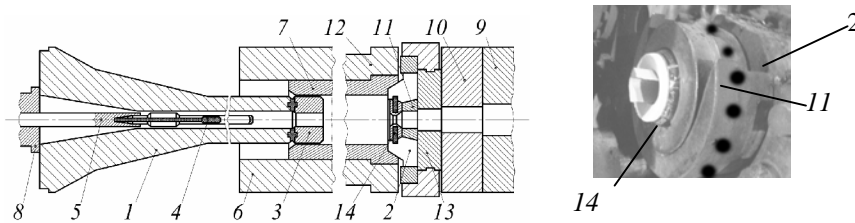


Рис. 1. Схема расположения базового технологического инструмента на прессе: 1 – пресс-штемпель с встроенным вибровозбудителем; 2 – матрицедержатель с встроенным вибровозбудителем; 3 – пресс-шайба; 4 – игла (оправка) с встроенным вибровозбудителем; 5 – иглодержатель; 6 – контейнер; 7 – внутренняя втулка; 8 – центрирующая втулка иглодержателя со встроенным вибровозбудителем; 9, 10 – опорные кольца пресса; 11 – опорное кольцо матрицы; 12 – промежуточная втулка; 13 – опорное кольцо матрицедержателя; 14 – матрица

Для выработки научно обоснованных предложений рассмотрим несколько нетрадиционную постановку и решение задачи о прессовании предварительно нагретой гильзы вибрируемой матрицей и иглой. Игла и матрица, используемые в качестве технологических инструментов профильного пресса, – это осесимметричные абсолютно твердые тела. В ходе реализации высокочастотного вибрационного прессования труб одновременно вибрируемая игла и матрица воздействуют на прессуемый металл (однородную среду), занимающий некоторое полупространство, нормально к его свободной поверхности. Возмущенное движение прессуемого металла в очаге деформации, вызванное вибрируемой матрицей и иглой, в процессе прессования, в радиальном направлении, предполагаем строго осесимметричным.

Обратим внимание на некоторые особенности совмещенного технологического процесса вибрационной прошивки и прессования труб.

Совмещенный процесс прошивки трубной заготовки и прессования труб на профильном прессе трубопрессовой установки производится так: предварительно нагретая заготовка 2 после индукционной печи для прессования поступает в контейнер 3, где поддерживают температуру 380 – 420 °С. Вибрируемая игла с встроенной оправкой 4, принудительно, посредством стержня 1 внедряется в полую (предварительно просверленную) нагретую до температуры 1200 – 1250 °С заготовку 6. При дальнейшем движении пресс-штемпеля 1 и вибрируемой оправки 4 металл 6 уплотняется и занимает ограниченный объем пространства контейнера 3 вдоль оси прессования.

Прессуемый металл 6 с помощью вибрируемого пресс-штемпеля 1 и пресс-шайбы 2 выдавливается в кольцевой зазор, образованный активно вибрируемой матрицей 5 и иглой. Далее под воздействием прессуемого металла 6 оправка 4 сбивается с крепежного конуса иглы и выпадает в контейнер. После охлаждения оправка передается по технологическому циклу.

Предыдущими исследованиями установлено, что при этом во время вибрационного прессования в поперечном направлении очага деформации возникают волновые процессы, которые в дальнейшем сопровождаются динамическими эффектами, действующими на металл 6 через соответствующие технологические инструменты (рис. 2).

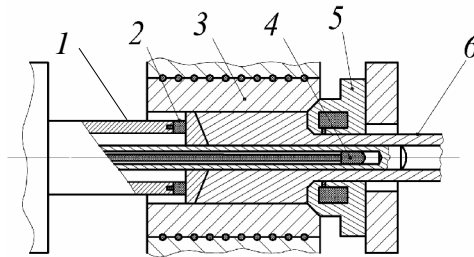


Рис. 2. Схема подведения высокочастотных колебаний к игле и матрицедержателю профильного пресса:
1 – пресс-штемпель со встроенным вибровозбудителем; 2 – пресс-шайба; 3 – контейнер;
4 – игла со встроенным вибровозбудителем; 5 – матрица со встроенным вибровозбудителем;
6 – заготовка (гильза)

Для обоснования и принятия решений по ведению вибрационной прошивки или экспандирования трубной заготовки в активном, управляемом режиме остановимся на некоторых важных особенностях известных процессов пластической деформации металлов и возникающего волнового процесса, в условиях применения высокочастотных активных вибраций.

Разработка новых вибрационных технологических процессов производства труб на современных гидравлических прессах требует создания корректных моделей процессов, адекватно отражающих необходимые условия реализации вибрационной прошивки или экспандирования предварительно сверленных трубных заготовок на профильном прессе.

На основании ранее полученных результатов можно сказать, что при этом во время вибрационной прошивки или экспандирования трубной заготовки в очаге деформации в поперечном направлении возникают волновые процессы, которые сопровождаются динамическими эффектами, действующими одновременно на металл и технологические инструменты (рис. 3) [2, 5].

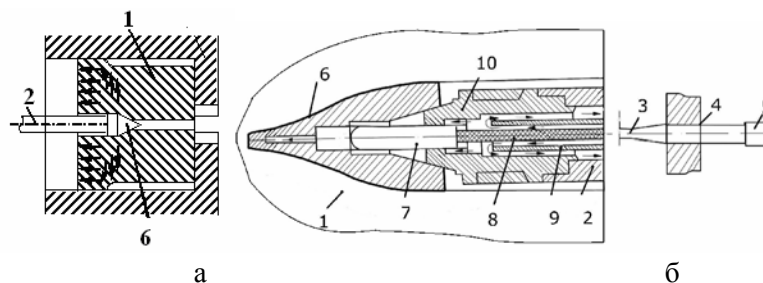


Рис. 3. Схема процесса прошивки: (а) и подвода высокочастотных колебаний к оправке (б) профильного пресса: 1 – гильза; 2 – стержень оправки (иглодержателя); 3 – концентратор энергии вибрации; 4 – устройство для крепления системы к прессу; 5 – преобразователь высокочастотных колебаний; 6 – оправка; 7 – вибровозбудитель; 8 – гибкий вал; 9 – трубка системы охлаждения оправки и иглы; 10 – мундштук оправки

Отметим, что, в случае необходимости модернизации профильного прессы 31,5 МН высокочастотные механические или ультразвуковые колебания от вибровозбудителя 7 непосредственно следует подвести к оправке 6 через стержень иглодержателя 2. Рассмотрим решение задачи о прошивке предварительно нагретой трубной заготовки вибрируемой оправкой 6, выполненной в виде тела вращения, движущейся с определенной скоростью в металле 1 (рис. 3).

Оправка, используемая в качестве технологического инструмента прошивного прессы, – это осесимметричное абсолютно твердое тело с заостренным наконечником. В ходе выполнения технологической операции высокочастотной вибрационной прошивки вибрируемая оправка 6 внедряется в металл 1 (однородную среду), занимающий некоторое полупространство, нормально к его свободной поверхности. Возмущенное движение прошиваемого металла, вызванное вибрируемой оправкой, в процессе прошивки, в радиальном направлении, предполагаем строго осесимметричным.

Решение задачи волнового движения металла в процессе прошивки или прессования основано на использовании строгих нелинейных дифференциальных уравнений, вследствие больших деформаций, сегодня, из-за недостаточного развития математического аппарата, затруднительно. Поэтому на этой стадии исследования наиболее приемлемы методы, которые позволяют получить практическое решение задачи. Очевидно также, что эти методы, хотя и обладают определенной погрешностью, но, в основном, охватывают физическую суть явлений, происходящих во время прошивки цилиндрических заготовок в гильзы заданных размеров.

Необходимо подчеркнуть, что, поскольку процессы прошивки в рамках выбранной модели очага деформации – это волновые процессы, то, приложив внешние активные управляющие воздействия, например, высокочастотные колебания определенной частоты 0,5 – 10 кГц, со стороны вибрируемого технологического инструмента к прошиваемому металлу, можно добиться ускоренного внедрения оправки 6 в трубную заготовку без трещинообразования в металле.

Прикладывая вибрации со стороны технологических инструментов, иглы, матрицы и пресс-штемпеля, прессуемому металлу, возможно добиться ускоренного движения пресс-штемпеля и увеличения скорости прессования труб. Отметим, что в этом случае возбудитель высокочастотных колебаний непосредственно установлен внутри самой оправки. Вибратор интенсивно охлаждается системой охлаждения инструментов, что обеспечивает надежное функционирование системы. Кроме этого, под воздействием управляющих высокочастотных колебаний значительно уменьшается предел текучести прошиваемого металла, что обеспечивает снижение усилия прошивки и увеличивает эффективность процесса. Стабилизацией параметров объемного напряженно-деформированного состояния металла, например, при прессовании труб из трубных заготовок (сталь 0X18H10T диаметром 270 мм) на прошивном прессы 31,5МН, достигается снижение усилия прошивки на 19 %, а усилия прессования труб на 17 % в среднем.

Необходимо подчеркнуть, что за счет снижения сил контактного трения на рабочей поверхности технологического инструмента, характерного для этого процесса, заметно повышены стойкость оправки, иглы, контейнера и матричных колец.

Надо особо отметить, что с применением высокочастотных вибаций в прессуемом металле также устраняется зона с радиальными трещинами, поскольку связанность материала вдоль окружных волокон не нарушается.

Кроме всего, со снижением энергосиловых параметров очага деформации достигнуто увеличение устойчивости функционирования иглодержателя и стержня оправки в процессе прошивки, что приводит к существенному снижению разностенности и повышению качества выпускаемых труб. В этом случае уменьшение разностенности труб из нержавеющей стали составляет примерно 16 %.

Выводы

1. Предложенная современная технология прессования трубных заготовок в полые гильзы из различных марок сталей и их сплавов на профильном прессе трубопрессовой установки по предложенной совмещенной схеме заметно расширяет возможности профильного прессы в условиях реализации высокочастотных вибраций.

2. Полученные результаты указывают на эффективность применения процесса вибрационного прессования и позволяют наметить пути совершенствования технологического процесса производства труб на аналогичных профильных прессах.

1. Данченко В.Н. *Технология трубного производства: учебник для вузов* / В.Н. Данченко, А.П. Коликов, Б.А. Романцев, С.В. Самусев. – М.: Интермет-Инжиниринг, 2002. – 640 с.
2. Клименко В.М., Шаповал В.Н. *Вибрационная обработка давлением*. – К.: Техника, 1977. – 128 с.
3. Медведев М.И., Гуляев Ю.Г., Чукмасов С.А. *Совершенствование процесса прессования труб*. – М.: Металлургия, 1986. – 151 с.
4. Розов Н.В. *Производство труб: справочник*. – М.: Металлургия, 1974. – 598 с.
5. Коликов А.П. *Машины и агрегаты трубного производства* / А.П. Коликов, В.П. Романенко, С.В. Самусев и др. – М.: МИСис, 1998. – 536 с.

УДК 664:002.5; 664.02

І. В. Севостьянов, Р. Д. Іскович-Лотоцький, В. С. Любин
Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИКА ПРОЕКТНОГО РОЗРАХУНКУ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ВІБРОПРЕСА ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОГО ПОТОКОВОГО ВІБРОУДАРНОГО ЗНЕВОДНЕННЯ ВОЛОГИХ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ

© Севостьянов І.В., Іскович-Лотоцький Р.Д., Любин В.С., 2011

Наведено методику проектного розрахунку гідроімпульсного вібропреса для попереднього потокового віброударного зневоднення вологих дисперсних матеріалів, що дає змогу визначати оптимальні конструктивні параметри вібропреса та параметри навантаження оброблюваного матеріалу на підставі його фізико-механічних характеристик та за умови забезпечення максимальної продуктивності та мінімальної енергоємності зневоднення.

The methods of the design calculation of hydraulic pulse vibropress for preliminary flow vibro-blowing dehydration of humid dispersive materials, that allow to define the optimum constructive parameters of vibropress and parameters of loading of the processed material, coming from its physico-mechanical features and at condition of the provision to maximum capacity and minimum energy storage of dehydrations, is represents in this article.

Постановка проблеми. Однією з важливих проблем підприємств харчової та переробної промисловості України є утилізація таких відходів, як буряковий жом, спиртова барда, пивна дробина, кавовий та ячмінний шлам, що належать до вологих дисперсних матеріалів. Нині ці відходи переважно виливають на спеціальні земельні ділянки або у найближчі водоймища, що призводить до забруднення навколишнього середовища. Доцільніше здійснювати їх розділення на