

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНЕРЦИОННОГО ПРЕССОВАНИЯ ТРУБ\*

Я.И. Космацкий, Н.В. Фокин

Обоснована задача проведения экспериментального исследования процесса инерционного прессования труб. Приведены результаты исследования влияния энергосиловых параметров аккумулирующего устройства при различном конструктивном исполнении пресс-игл на величину пресс-остатка. Определены зависимости, обеспечивающие выбор оптимальных силовых параметров аккумулирующего устройства.

*Ключевые слова:* инерционное прессование труб, пресс-остаток, профилировка прессового инструмента.

Теоретическое исследование граничных условий реализации процесса инерционного прессования труб, заключающегося в протягивание металла из контейнера готовой частью изделия, выполненное в работе [1], позволило разработать рекомендации по совершенствованию способа инерционной выпрессовки пресс-остатка и устройства, обеспечивающих, в совокупности, полное устранение указанной величины. В частности, установлено, что для гарантированного устранения пресс-остатка требуется приложение дополнительных усилий, создаваемых аккумулирующим устройством, принцип действия которого описан в работе [2], компенсирующих в случае их недостатка со стороны инерционного воздействия готовой части трубы.

Согласно разработанному способу прессования полых профилей [3] обеспечивается аккумулирование кинетической энергии при прессовании за счет дооснащения гидравлического пресса аккумулирующим устройством, с максимальными усилиями, соизмеримыми со средними максимальными значениями усилий прессования, и последующая ее передача металлу заготовки, в частности, пресс-остатку.

С целью подтверждения результатов численного анализа проводилось экспериментальное исследование процесса инерционного прессования труб.

Соответствующее оборудование и инструмент конструировались для дальнейшего использования на сервогидравлической машине статических и динамических испытаний Shimadzu Servopulser максимальным усилием 196 кН испытательного комплекса ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности». Для исследований использовалось 45 образцов-заготовок  $\varnothing 19 \times 6,25$  мм длиной 20 мм из свинца марки С2.

Аккумулирующее устройство исполнялось пружинами сжатия высотой  $H_0 = 190$  мм, изго-

товленными с требованиями по ГОСТ 13773–86, усилиями максимальной деформации  $P_{a,y}$  от 40,0 до 50,0 кН. Общий вид установки для проведения экспериментального исследования представлен на рис. 1.

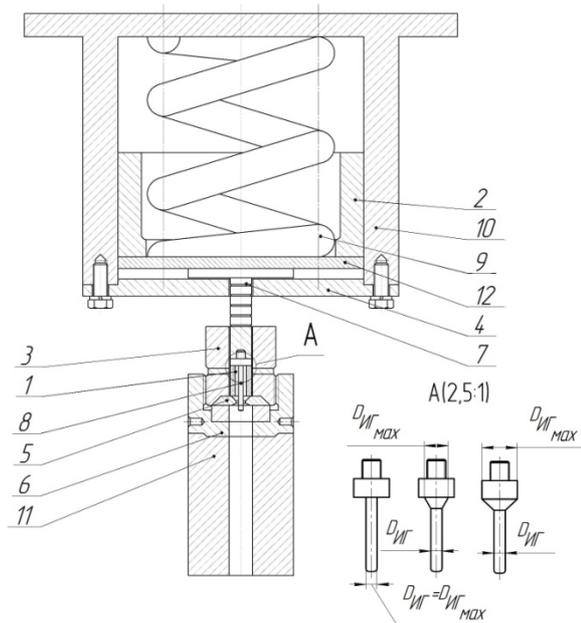


Рис. 1. Комплекс прессового инструмента для физического моделирования процесса инерционного прессования труб: 1 – заготовка; 2 – центрирующая втулка; 3 – контейнер; 4 – крышка стакана; 5 – матрица; 6 – матрицедержатель; 7 – пресс-штемпель; 8 – пресс-игла; 9 – пружина сжатия; 10 – стакан; 11 – стойка опорная; 12 – пресс-шайба

При проведении экспериментального исследования исследовались не только взаимосвязь энергосиловых параметров аккумулирующего устройства и величины пресс-остатка, но и влияние геометрических параметров профилировки пресс-иглы, с целью определения оптимальных соотно-

\* Работа выполнялась под научным консультированием д-ра техн. наук, профессора кафедры машин и технологического оборудования давлением Южно-Уральского государственного университета А.В. Выдрина.

шений усилия аккумулирующего устройства и геометрических параметров профилировки пресового инструмента, обеспечивающих изготовление труб-образцов с максимальным коэффициентом выхода годного металла.

Исследование проводилось при прессовании труб-образцов  $\varnothing 10 \times 2,5$  мм со скоростью  $v = 0,25$  мм/с, с применением следующих разновидностей геометрических параметров профилировок пресс-игл, представленных на рис. 2, с номинальным диаметром  $D_{ИГ} = 6,0$  мм:

– максимальный диаметр  $D_{ИГ\max} = 6,0$  мм, угол конусности  $\varphi = 0^\circ$ , длина цилиндрического участка  $L_{Ц} = 40,0$  мм;

– максимальный диаметр  $D_{ИГ\max} = 12,5$  мм, угол конусности  $\varphi = 30^\circ$ , длина цилиндрического участка  $L_{Ц} = 34,0$  мм;

– максимальный диаметр  $D_{ИГ\max} = 19,0$  мм, угол конусности  $\varphi = 45^\circ$ , длина цилиндрического участка  $L_{Ц} = 34,0$  мм.

Экспериментальное исследование выявило различный характер изменения усилия прессования  $P$ , в зависимости от используемого аккумулирующего устройства. На рис. 3 приведены графические зависимости изменения среднего значения усилия прессования от времени рабочего цикла процесса при реализации способа с применением пяти различных аккумулирующих



Рис. 2. Фотографические изображения пресс-игл (маркировка пресс-игл соответствует их порядковой нумерации)

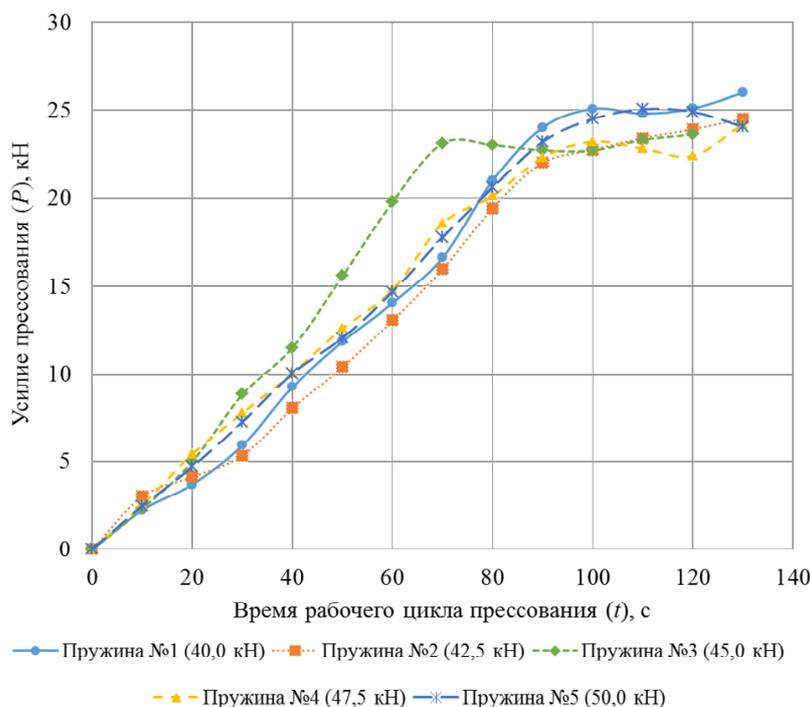


Рис. 3. Зависимости средних значений усилия прессования от длительности рабочего цикла с применением аккумулирующих устройств различного усилия максимальной деформации:

$$\bar{P}_{\max_1} = 26,0 \text{ кН}, \bar{P}_{\max_2} = 24,5 \text{ кН}, \bar{P}_{\max_3} = 23,6 \text{ кН}, \bar{P}_{\max_4} = 23,2 \text{ кН}, \bar{P}_{\max_5} = 25,1 \text{ кН}$$

устройств. Эти графические зависимости позволяют проследить изменение усилия прессования в независимости от изменения геометрических параметров профилировок используемых пресс-игл.

Различия в представленных диаграммах зависимости усилия прессования от времени рабочего цикла процесса обуславливаются энергосиловыми параметрами установленного аккумулирующего устройства, в частности, усилием максимальной деформации  $P_{a.y.}$ . Как видно из зависимостей рис. 3, минимальное значение максимального усилия прессования достигается при использовании пружины сжатия № 4.

В свою очередь, такие геометрические параметры профилировки пресс-иглы, как  $D_{ИГ\max}$  и  $\varphi$ , также оказывают влияние на величину максимального значения усилия прессования  $P_{\max}$  [4].

На рис. 4 представлены графические зависимости изменения усилия прессования в течение рабочего цикла процесса, в зависимости от используемых пресс-игл. Для анализа раздельного влияния профилировки пресс-иглы и силовых параметров аккумулирующего устройства, в этом случае, пружины сжатия не применялись.

В соответствии с графическими зависимостями (см. рис. 4), можно сделать вывод о том, что с увеличением  $D_{ИГ}/D_{ИГ\max}$ , т. е. с уменьшением угла конусности пресс-иглы  $\varphi$ , затрачивается большее усилие на выпрессовку металла.

Таким образом, по совокупности полученных результатов, представленных на рис. 3 и 4, можно предположить, что наиболее энергосберегающими условиями обладает процесс прессования труб-образцов  $\varnothing 10 \times 2,5$  мм с использованием аккумулирующего устройства № 4 ( $P_{a.y.} = 47,5$  кН) и пресс-иглы № 3 ( $D_{ИГ}/D_{ИГ\max} = 0,32$ ), что подтверждается наименьшими средними значениями максимального усилия прессования:  $\bar{P}_{\max_4} = 23,2$  кН и  $\bar{P}_{\max_3} = 21,0$  кН, соответственно.

Однако, последующее определение значений коэффициентов выхода годного металла (рис. 5), вносит соответствующую конкретизацию в допущенное предположение.

Таким образом, применение аккумулирующего устройства, выполненного, в частном случае, пружинной сжатия с усилием максимальной деформации  $P_{a.y.3} = 45,0$  кН, обеспечивает мини-

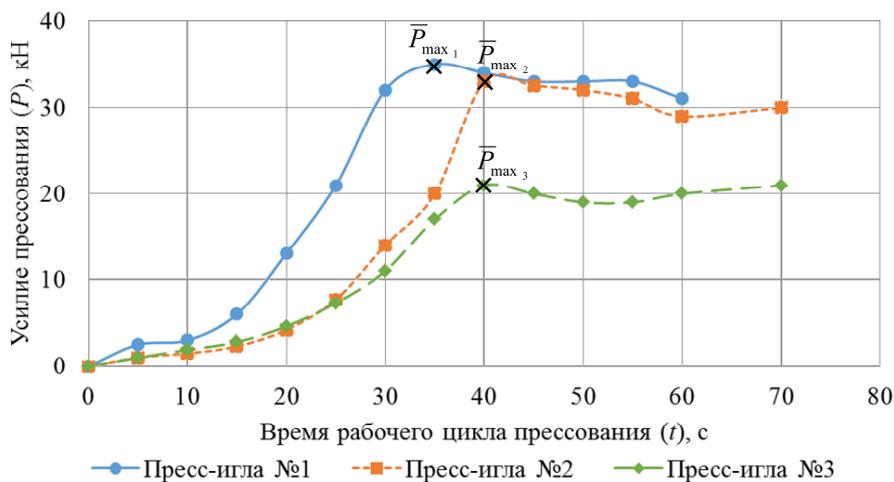


Рис. 4. Зависимости средних значений усилия прессования от рабочего цикла процесса при использовании пресс-игл 3 профилировок (без аккумулирующего устройства):  $\bar{P}_{\max_1} = 35,0$  кН,  $\bar{P}_{\max_2} = 33,0$  кН,  $\bar{P}_{\max_3} = 21,0$  кН

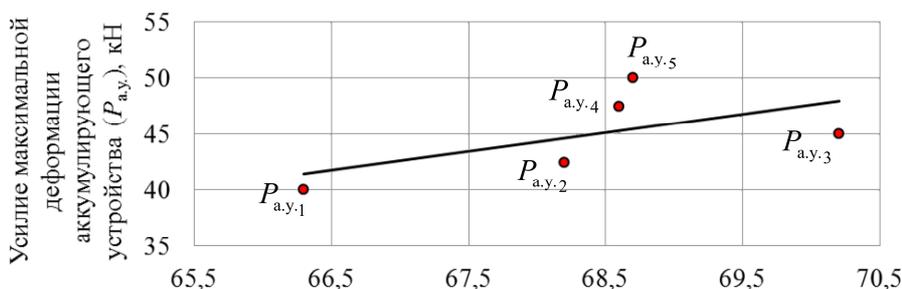


Рис. 5. Зависимость коэффициента выхода годного металла при прессовании труб от усилия максимальной деформации применяемого аккумулирующего устройства:  $\bar{k}_1 = 66,4\%$ ,  $\bar{k}_1 = 68,2\%$ ,  $\bar{k}_1 = 70,4\%$ ,  $\bar{k}_1 = 68,6\%$ ,  $\bar{k}_1 = 68,7\%$

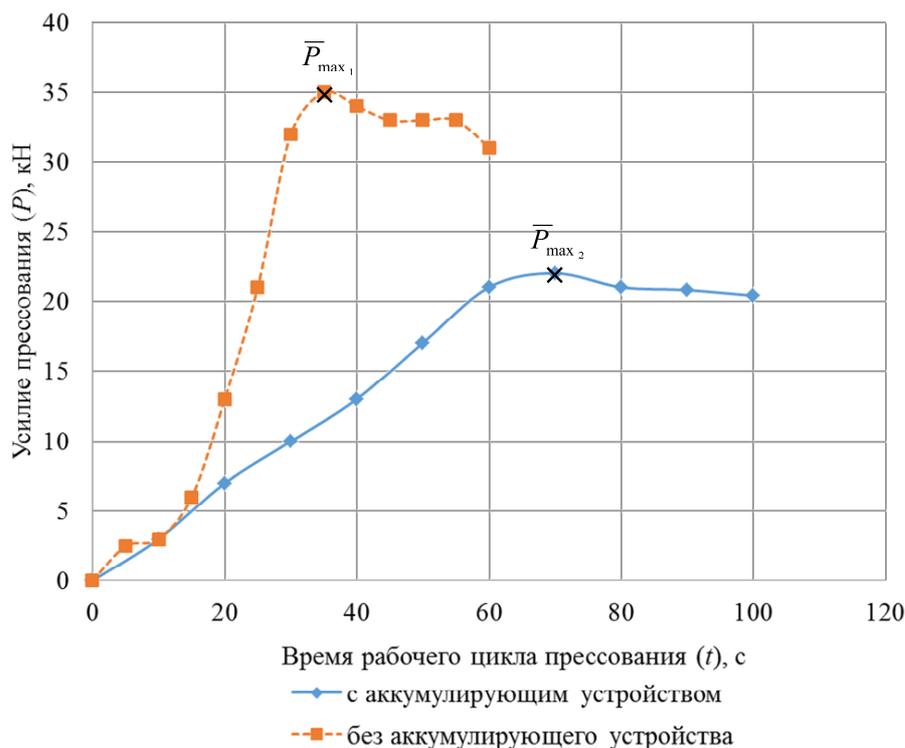


Рис. 6. Зависимость среднего значения усилия прессования от времени рабочего цикла процесса:  $\bar{P}_{\max 1} = 35,0$  кН,  $\bar{P}_{\max 2} = 21,0$  кН

мальный расходный коэффициент металла при прессовании труб-образцов  $\varnothing 10 \times 2,5$  мм.

Следовательно, ресурсосберегающим способом инерционного прессования труб с использованием аккумулялирующего устройства является способ, при котором используется пружина сжатия № 3 и пресс-игла № 3.

Эффективность применения при прессовании труб аккумулялирующего устройства, обоснованного исполнения, наглядно продемонстрирована на рис. 6. Согласно представленным зависимостям значение максимального усилия прессования  $P_{\max}$  при реализации процесса без пружины сжатия значительно выше, чем при прессовании с ее применением. Это объясняется тем, что усилие прессования расходуется не только на выпрессовку трубы, но и на деформацию пружины, которая аккумулялирует кинетическую энергию, необходимую для последующего процесса инерционной выпрессовки пресс-остатка.

Передача металлу заготовки накопленной энергии осуществляется постепенно в течение всего рабочего цикла процесса, обеспечивая, при этом плавное возрастание усилия прессования  $P$ . В соответствии с представленной на рис. 6 графической зависимостью, длительность процесса с применением аккумулялирующего устройства выше, что объясняется работой деформации, названного устройства.

Для унификации способа инерционного прессования полых профилей с использованием аккумулялирующего устройства, по результатам проведенного экспериментального исследования найдена зависимость, обеспечивающая возможность определения необходимого усилия максимальной деформации аккумулялирующего устройства:

$$P_{\text{пр}} = K \cdot P_{\text{max}}$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности. Исходя из анализа результатов экспериментального исследования рекомендуемое значение  $K = 1,7 \dots 1,9$ ;  $P_{\text{max}}$  – максимальное значение усилия прессования, определяемое условиями процесса, в том числе, геометрическими параметрами профилировки инструмента [1, 4].

#### Литература

1. Космацкий, Я.И. Совершенствование технологии изготовления горячепрессованных труб на основе новых технических решений: дис. ... канд. техн. наук / Я.И. Космацкий. – Челябинск, 2012. – 213 с.
2. Космацкий, Я.И. Совершенствование процесса инерционной выпрессовки пресс-остатка / Я.И. Космацкий // Материалы 65-й научной конференции. Секции технических наук. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2013. – Т. 2. – С. 11–14.
3. Заявка № 2013133135 Российская Федерация, МПК В 21 J 5/00 (2009.01). Способ прессования полых профилей и устройство для его осуществления / Космацкий Я.И., Выдрин А.В., Баричко Б.В. и др. – № 2011111040/02(016238); заявл.

16.07.13. – 10 с. (уведомление о положительном результате формальной экспертизы от 25.09.2013).

4. Выдрин, А.В. Математическое моделирование процесса прессования труб переменного

сечения / А.В. Выдрин, И.Ю. Пышминцев, Я.И. Космацкий // *Сталь. Производство труб.* – 2013. – Вып. 2. – С. 39–41.

**Космацкий Ярослав Игоревич**, канд. техн. наук, заместитель начальника отдела технологии производства труб, Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности (РосНИТИ) (г. Челябинск); kosmatski@rosniti.ru.

**Фокин Николай Владимирович**, студент кафедры машин и технологий обработки материалов давлением, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск); nikolafok@yandex.ru.

Поступила в редакцию 24 января 2014 г.

---

**Bulletin of the South Ural State University**  
**Series “Metallurgy”**  
**2014, vol. 14, no. 2, pp. 73–77**

---

## EXPERIMENTAL STUDY OF INERTIAL PRESSING OF PIPES

**Ya.I. Kosmatskii**, *The Russian Research Institute of the Tube and Pipe Industries (RosNITI), Chelyabinsk, Russian Federation, kosmatski@rosniti.ru,*

**N.V. Fokin**, *South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, nikolafok@yandex.ru*

The article substantiates the problem of experimental investigation of the inertial pressing of pipes. The results of studies of the effect of storage device power parameters in various designs press needles on the value of press-residue are given. The dependence providing a choice of optimal force parameters of storage device is identified.

*Keywords: inertial pressing of pipes, press-residue, profiling pressing tool.*

### References

1. Kosmatskii Ya.I. *Sovershenstvovanie tekhnologii izgotovleniya goryachepressovannykh trub na osnove novykh tekhnicheskikh resheniy.* Kand. Diss. [Improvement of Manufacturing Techniques of Hot-Pressed Pipes Based on New Technical Solutions. Cand. Diss.]. Chelyabinsk, 2012. 213 p.

2. Kosmatskii Ya.I. [Improvement of Inertial Overflow of Butt-End]. *Nauka YuUrGU: Materialy 65-y nauchnoy konferentsii. Sektsii tekhnicheskikh nauk* [Science in the South Ural State University: Materials of the 65th Scientific Conference. Sections of Engineering]. Vol. 2. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2013, pp. 11–14. (in Russ.)

3. Kosmatskii Ya.I., Vydrin A.V., Barichko B.V. et al. *Sposob pressovaniya polykh profiley i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Method of Pressing of Hollow Profiles and the Device for Its Implementation]. Patent Claim RF, no. 2013133135, 2013.

4. Vydrin A.V., Pyshmintsev I.Yu., Kosmatskii Ya.I. [Mathematical Modelling of Pressing of Varying Section Pipes]. *Stal'* [Steel], 2013, no. 2, pp. 39–41. (in Russ.)

*Received 24 January 2014*