

deformacii pri prokatke v shvellernih kalibrah». *Izvestiya VUZov: Chernaya Metallurgiya*. No.3. 1969. 95 – 98. Print. **8.** Bergeman G. V., P. M. Antonyuk and A. A. Samsonenko. «Osobennosty primeneniya razvernutoy kalibrovki shvellerov pri proizvodstve profilya U200 v usloviyah stana 550». *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'*. No. 6. 2013. 50–52. Print. **9.** Tubol'tsev A. G. «Opyt i problemy primeneniya kasset konstrukcii DMetI s neprivodnymi vertikal'nymi valkami pri prokatke shvellerov». *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'*. No. 8–9. 2002. 226 – 231. Print. **10.** Bergeman G. V. «Noviy sposob razvernutoy kalibrovki valkov dlya prokatki shvellerov s ispol'zovaniem otkrytogo kontrol'nogo predchistovogo kalibra». *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'*. No. 5. 2007. 60–63. Print. **11.** Lutskiy M. B., A. A. Chichkan and V. A. Lutsenko. «Osobennosty proizvodstva shvellerov v kalibrah s peremennym yzhibom stenky». *Chernye metally*. No. 8. 2012. 23–28. Print. **12.** Ilyukovich B. M. *Teoreticheskie osnovy obrabotky metallov davlenie* Moscow Vol. 2. Dnepropetrovsk: RIA «Dnepro-VAL», 2002. Print.

Поступила (received) 28.10.2014

УДК.621.771.63

*А. С. ЗАБАРА*, аспирант, НТУ «ХПИ»

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ТРУБ**

Приведено устройство, позволяющее определить энергосиловые параметры процесса и деформированное состояние металла при формообразовании профильных труб. Получаемые результаты обеспечивают оценку основных технологических параметров процесса формообразования и прочностных характеристик проектируемого технологического оборудования. Устройство целесообразно использовать для экспериментальных исследований различных технологических процессов производства гнутых профилей.

**Ключевые слова:** профильная труба, устройство, формообразование, энергосиловые параметры процесса.

**Введение.** В Украине производство гнутых профилей замкнутого сечения развито недостаточно [1–3], в литературе отсутствуют данные, позволяющие разработать промышленную технологию их производства, имеет место значительное количество импортной продукции, в связи с чем, работы направленные на создание научных и технологических основ их импортозамещающего производства, являются важными и актуальными.

Отсутствие технологии производства гнутых профилей замкнутого сечения или невозможность точного определения исходных данных по стадиям исследуемых процессов приводит к завышению либо занижению запасов прочности проектируемого технологического оборудования.

**Цель исследований, постановка проблемы.** Цель настоящей работы является разработка устройство для определения энергосиловых параметров

процесса формообразования гнутых профилей замкнутого сечения и их деформированного состояния.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие задачи:

- разработка методики для определения энергосиловых параметров процесса формообразования гнутых профилей замкнутого сечения;
- разработка методики для определения деформированного состояния металла гнутых профилей замкнутого сечения.

#### **Устройство для определения энергосиловых параметров.**

Разработанное устройство (рис. 1) целесообразно использовать для экспериментальных исследований различных технологических процессов производства гнутых профилей.

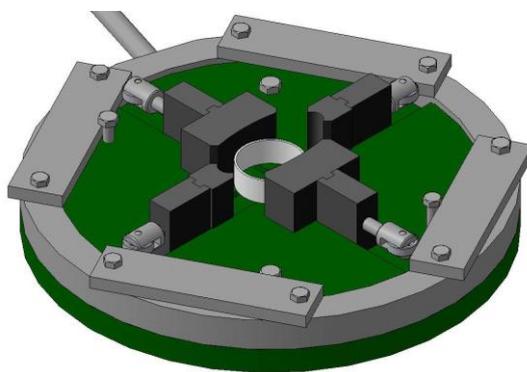


Рис. 1 – Модель устройства для определения энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением

Устройство относится к способам получения гнутых профилей замкнутого сечения из предварительно сформованных трубных заготовок на трубоэлектросварочном агрегате, состоящего из  $n$ -клетевого прокатного модуля, и оснащенного формовочными клетями, калибровочными клетями и универсальными четырехвалковыми клетями.

При профилировании для правильного выбора технологии производства гнутых профилей замкнутого сечения, необходимо знать исходные данные (давления металла на оснастку, крутящий момент, работу деформирования) [4].

Основной задачей, при проектировании данного устройства, является обеспечение возможности определения напряженно-деформированного состояния металла, профилируемого в универсальных четырехвалковых клетях и энергосиловых параметров технологического процесса валковой формовки.

Поставленная техническая задача решена таким образом, что в устройстве для определения энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением, применены направляющие, связанные с приводом осевого

перемещения, узлом деформирования и контрольно-измерительной аппаратурой испытательной машины. Узел деформирования выполнен в виде сменных губок (обеспечивают моделирование различных рабочих калибров), кинематически связанных с направляющими и установленных с возможностью регулировочного перемещения навстречу друг друга.

На рис. 2 схематически показано устройство для определения энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением. Устройство для определения энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением, закрепляется на испытательной машине, оснащенной контрольно-измерительной аппаратурой (не показаны).

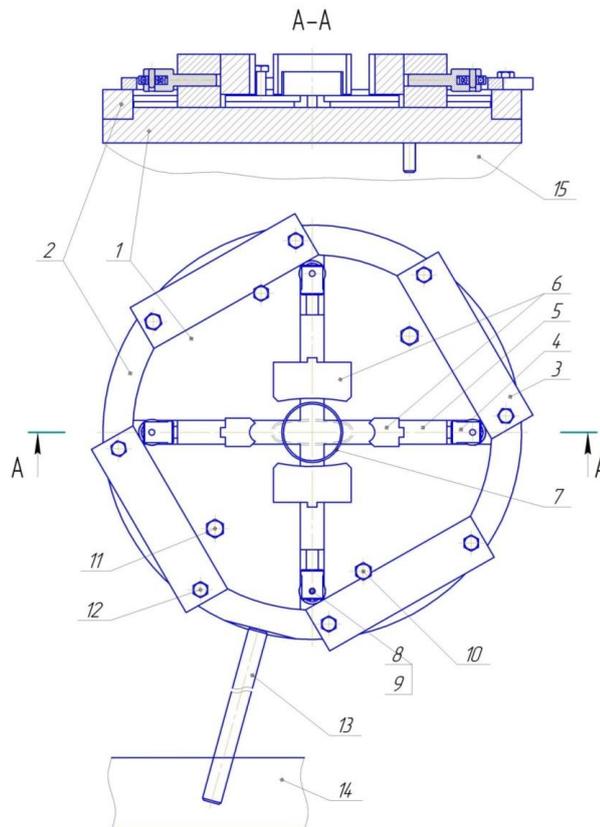


Рис. 2 – Устройство для определения энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением: 1 – кольцо; 2 – основание; 3 – планка; 4 – ось; 5 – направляющая; 6 – губка; 7 – образец (труба круглая); 8 – штифт; 9 – подшипник; 10, 11, 12 – болт; 13 – рукоять; 14 – пресс; 15 – стол

Принцип работы устройства для определения энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением, заключается в следующем. На основание по центру размещается образец. Губки 6 размещаются в пазах направляющих 5. Далее посредством вращения осей 4 прикрепленных к направляющим 5 и установленных в них подшипников 9 производится регулировка положения губок 6. Планки 3, прикрепленные к кольцу 2,

вращаются вокруг основания 1, что обеспечивает преобразование вращательного движения в поступательное, посредством соприкосновения планок 3 и подшипников 9. При вращении планок 3, происходит движение губок 6 навстречу друг к другу, которые деформируют образец. Далее губки 6 возвращают в исходное положение, происходит замена губок 6 и операции повторяются до придания образцу формы готового изделия (профильной трубы). При этом осуществляется запись изменения давления металла на губки Р в зависимости от величины хода L направляющей 5.

Узел деформирования выполнен в виде сменных губок 6 с разными рабочими калибрами, форма которых соответствует форме калибров роликовой оснастки по переходам. Следовательно, выполнение соответствующих калибров на губках 6 позволяет определить энергосиловые параметры процесса по переходам.

Работу деформации определяем по следующей формуле:

$$A = \int_0^{\Delta_{max}} P_d(\Delta) \cdot d(\Delta) \quad (1)$$

где A – работа деформации при обработке металлов давлением;

$P_d(\Delta)$  – функция описывающая кривую изменения давления металла на губки в зависимости от величины хода  $\Delta$ ;

$\Delta_{max}$  – максимальное перемещение направляющей, мм.

Крутящий момент  $M_{кр}$ , возникающий при обработке металлов давлением на губках от хода направляющей  $L(\Delta)$ , вычисляем по следующей формуле

$$M_{кр} = P_d(\Delta) \cdot \cos(\alpha(\Delta)) \cdot L(\Delta) \quad (2)$$

где  $M_{кр}$  – крутящий момент возникающий при обработке металлов давлением;

$\alpha(\Delta)$  – угол поворота планок 3;

$L(\Delta)$  – кратчайшее расстояние от центра образца 7 к точке соприкосновения планок 3 и подшипников 9.

На рис. 3 показана кинематика сопряжения формирующих элементов (губок).

Расстояние  $L(\Delta)$  зависит от величины осадки  $\Delta$ , и определяется по следующей зависимости:

$$L(\Delta) = \sqrt{\left(\frac{d}{2} + R_1 - \frac{\Delta}{2}\right)^2 + r^2 + \frac{R_2 \cdot r \cdot (d + 2R_1 - \Delta)}{\frac{d}{2} + R_1 - \frac{\Delta}{2} + \frac{r \cdot (\frac{d}{2} + R_1 - \frac{\Delta}{2})}{R_2 - r}} \quad (3)$$

где  $R_1$  – расстояние от соприкосновения губок 6 с образцом (трубной заготовкой) до оси подшипника 9;

$R_2$  – расстояние перпендикулярное от планки 3 до оси вращения устройства;

$d$  – диаметр трубной заготовки;

$\Delta$  – величина осадки.

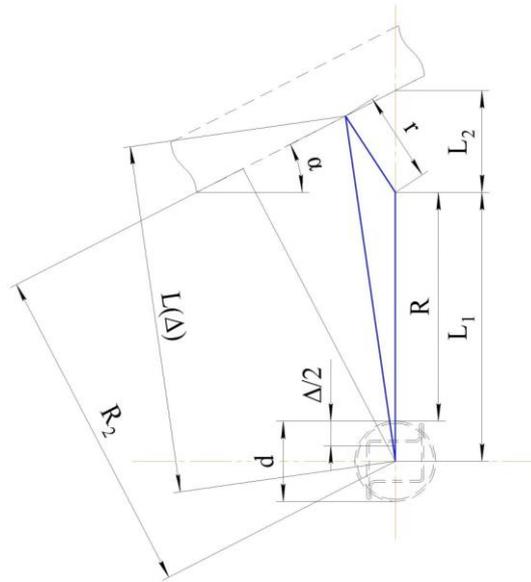


Рис. 3 – Кинематика сопряжения формирующих элементов (губок).

**Результаты исследований.** Разработанное устройство обеспечивает получение необходимых экспериментальных данных для анализа и оптимизации процесса формообразования, проектирования и изготовления роликовой оснастки.

**Выводы.** Разработанное устройство позволяет определить энергосиловые параметры процесса формообразования профильных труб.

Применение предложенного устройства позволяет на стадии проектирования технологической оснастки оценить основные технологические параметры формовки, уточнить прочностные характеристики проектируемого технологического оборудования, что в свою очередь приводит к снижению материальных и физических затрат связанных с определением исходных данных по стадиям исследуемых процессов и изготовлением роликовой оснастки.

**Список литературы:** 1. Отечественные трубы вытесняют импорт. – [электронный ресурс], URL : <http://www.ukrrudprom.ua> (дата обращения 07.10.2012). 2. Анализ рынка электросварных труб Украины. 2013 год. – [электронный ресурс], URL: <http://pro-consulting.ua> (дата обращения 04.12.2013). 3. Плеснецов Ю. А. Анализ современного состояния производства и применения профильных труб / Ю. А. Плеснецов, А. С. Забара // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2013. – Вип. 2. 4. Тришевский И. С. Теоретические основы процесса профилирования / И.С. Тришевский, М.Е. Докторов. М. : Металлургия, 1980. 287 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Otechestvennihe trubih vihtesnyayut import. – [ehlektronnihyj resurs], URL: <http://www.ukrrudprom.ua> (data obratheniya 07.10.2012). 2. Analiz rihnka ehlektrosvarnihkh trub Ukrainih. 2013 god. – [ehlektronnihyj resurs], URL : <http://pro-consulting.ua> (data obratheniya 04.12.2013).

3. Plesnecov Yu. A. Analiz sovremennogo sostoyaniya proizvodstva i primeneniya profiljnihkh trub Yu. A. Plesnecov, A. S. Zabara Zbirnik naukovikh pracj [Poltavsjkogo nacionaljnogo tehničnogo universitetu im. Yu. Kondratyuka]. Ser. Galuzeve mashinobuduvannya, budivnictvo. – 2013. – Vip. 2.
4. Trishevskij I.S. Teoreticheskie osnovih processa profilirovaniya I.S. Trishevskij, M.E. Doktorov. Moscow: Metallurgiya, 1980. 287 p.

Поступила (received) 29.10.2014

УДК 621.981:669.14

**В. Г. ЗАГОРЯНСКИЙ**, канд. техн. наук, доц.,  
КрНУ им. М. Остроградского, Кременчуг

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАГРЕВА НА УПРУГОЕ ПРУЖИНЕНИЕ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ ДВУХСЛОЙНЫХ ЛИСТОВ**

Статья посвящена теоретическому анализу и экспериментальному исследованию влияния нагрева при гибке двухслойных листов на их упругое пружинение. Получены расчетные зависимости для определения пружинения при нагреве двухслойных листов (полос) при гибке. Для двухслойных листов коррозионностойкого биметалла 09Г2С + 12Х18Н10Т установлены зависимости угла пружинения от температуры нагрева двухслойных листов под гибку лакирующим слоем наружу и внутрь и определены оптимальные температуры нагрева.

**Ключевые слова:** пластический изгиб, двухслойный лист, изгибающий момент, упругое пружинение, влияние нагрева.

**Введение.** Процессы обработки давлением двухслойных сталей и других биметаллов, в связи с их физико-механическими особенностями, имеют существенные отличия от соответствующих процессов обработки монометаллов.

Основным методом изготовления деталей в нефтяном и химическом аппаратостроении является гибка листового проката.

Гибка цилиндрических и конических обечаек и секторов на универсальных листогибочных машинах выполняется в горячем и холодном состоянии. Гибка толстых листов выполняется в горячем состоянии. Технология гибки на таких машинах особенно распространена в химическом и нефтяном машиностроении, в котло– и судостроении, то есть в тех отраслях, где широко применяются двухслойные коррозионностойкие листы, в том числе и толстые, и другие биметаллы.

**Анализ последних исследований и литературы.** Известно [1], что расчет пружинения материала, анализ точности формообразования являются одними из главных задач при исследовании процессов пластического изгиба.

Анализ литературных источников по данной проблеме показал, что вопросы теоретического анализа упругого пружинения при гибке листов из