



**ЛАВРИНЕНКО**  
Владислав Юрьевич  
(Московский  
государственный  
индустриальный университет)

**LAVRINENKO**  
Vladislav Yur'evich  
(Moscow, Russian Federation,  
Moscow State Industrial  
University)



**СЕМЕНОВ**  
Евгений Иванович  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

**SEMENOV**  
Evgeniy Ivanovich  
(Moscow, Russian Federation,  
Bauman Moscow State  
Technical University)



**ФЕОФАНОВА**  
Анна Евгеньевна  
(Московский  
государственный  
машиностроительный  
университет «МАМИ»)

**FEOFANOVA**  
Anna Evgen'evna  
(Moscow, Russian Federation,  
Moscow State University  
of Mechanical Engineering  
«МАМИ»)

## Расчет процессов осадки на молотах при деформировании бабой молота с наполнителем

**В.Ю. Лавриненко, Е.И. Семенов, А.Е. Феофанова**

*Применение ковки на молотах обеспечивает получение стабильного качества поковок, обладающих требуемыми механическими свойствами. Основной недостатокковки на молотах — низкий КПД удара, что снижает КПД работы всего молота и повышает расход энергии. Перспективным направлением повышения эффективности процесса ударного деформирования при ковке на молотах является целенаправленное ограниченное увеличение продолжительности взаимодействия инструмента с заготовкой. В результате проведенных экспериментально-теоретических исследований процесса ударного деформирования при осадке установлено, что применение бабы молота (копра) с наполнителем в виде стальных шариков обеспечивает увеличение продолжительности удара, повышение степени деформации заготовок, снижение силы деформирования, а также увеличение работы пластической деформации и КПД удара по сравнению с осадкой стандартной бабой.*

*На основе полученных результатов исследований разработаны рекомендации по расчету процессов осадки на молотах при деформировании бабой молота с наполнителем, включающие расчет размеров заготовки, определение массы падающих частей молота и выбор ковочного молота, определение числа ударов молота и расчет основных параметров бабы молота с наполнителем.*

*Использование данных рекомендаций при расчете процессов ковки на молотах обеспечивает увеличение КПД удара и КПД работы молота, повышение производительности работы оборудования, а также экономию энергии и металла.*

**Ключевые слова:** осадка, ударное деформирование, баба с наполнителем, ковочный молот.

## Calculation of upsetting processes on hammers during deformation by a hammer head with a filler

**V.Yu. Lavrinenko, E.I. Semenov, A.E. Feofanova**

*The application of forging hammers provides steady-quality forgings with required mechanical properties. The main drawback of forging hammers is the low-efficiency impact that reduces the efficiency of the entire hammer and increases energy consumption. A promising way to increase the efficiency of deformation by forging hammers is a purposeful limited prolonged interaction of the hammer and the workpiece. The results of experimental and theoretical studies of impact deformation during upsetting process showed that filling the hammer head with steel shot increases the impact time and the extent of workpiece defor-*

*mation but reduces deformation forces. At the same time, the work of plastic deformation and impact efficiency increase as compared to upsetting by a standard hammer head. The results of research formed the basis for developing recommendations for calculating upsetting processes by hammers with filled heads. They are applied to the calculation of the workpiece size, the determination of masses of falling parts, the choice of a hammer forging, the determination of the number of hammer strokes, and the calculation of basic parameters of a filled hammer head. Following these guidelines when calculating forging processes will increase impact and hammer efficiency, equipment productivity, as well as reduce energy and metal consumption.*

**Keywords:** upsetting, impact deformation, hammer head with a filler, forging hammer.

**В** современном заготовительном производстве одним из основных способов изготовления заготовок деталей различных форм и размеров являетсяковка на молотах, применение которой обеспечивает получение стабильного качества поковок, обладающих требуемыми механическими свойствами.

Эффективность ударного деформирования при ковке и штамповке на молотах определяет КПД удара — отношение работы пластической деформации  $A_{\text{деф}}$  заготовки к энергии падающих частей молота  $L$  в начале удара [1–3].

Основным недостаткомковки и штамповки на молотах является низкий КПД удара из-за возникновения при ударе больших сил и, вследствие этого, потерь энергии на упругую деформацию поковок и деталей молота, трение и колебания шабота и фундамента. Это снижает КПД работы всего молота и повышает расход энергии [3–5].

Ударное деформирование заготовки на молоте происходит за счет энергии падающих частей молота. С течением времени деформация, возникшая при ударном нагружении, распространяется вдоль заготовки в продольном направлении в виде волн упругой и пластической деформации. При увеличении продолжительности удара (времени контакта верхнего бойка молота и заготовки) возрастает количество и продолжительность прямого и обратного прохождений волн упругой и пластической деформации по заготовке, что увеличивает продолжительность и величину пластической

деформации заготовки. Таким образом, за большее время деформирования будет совершена большая работа пластической деформации заготовки, что повысит КПД удара.

Также при увеличении продолжительности удара уменьшается средняя скорость деформации, при этом ударное деформирование заготовки может проходить при более благоприятных условиях (уменьшенные значения сопротивления деформированию и повышенная пластичность), что также способствует увеличению КПД удара. Кроме этого, увеличение продолжительности удара и величины деформации заготовки на каждом ударе при ковке на молоте сокращает общее количество ударов молота для получения поковки заданных размеров, что, в свою очередь, может снизить интенсивность охлаждения поковки за весь технологический процессковки.

Проведенные ранее авторами данной статьи экспериментально-теоретические исследования процесса ударного деформирования при осадке цилиндрических заготовок бабой молота (копра) с наполнителем в виде стальных шариков с целенаправленным увеличением продолжительности ударного взаимодействия позволили установить, что применение бабы молота с наполнителем приводит к увеличению продолжительности нагрузочной фазы удара (до 3 раз), увеличению интенсивности формоизменения и степени деформации заготовок (в 1,15–1,35 раза), снижению силы деформирования (до 1,4 раза), а также увеличению работы пластической деформации и КПД удара (до 1,15 раза) по сравнению с осадкой стандартной бабой [6, 8].

В связи с этим одним из перспективных направлений повышения эффективности процесса ударного деформирования на молотах является целенаправленное ограниченное увеличение (например, до 0,05 с) продолжительности ударного взаимодействия инструмента с заготовкой, позволяющее повысить КПД удара и молота, снизить расход энергии и затраты на производство.

В общем случае при проектировании технологических процессовковки на молотах разрабатывают чертеж поковки; определяют оптимальные размеры заготовок, при которых обес-

печивается заданное качество поковок и рациональное использование кузнечно-штамповочного оборудования; выбирают технологическую схему операцииковки; назначают температурный интервалковки, режимы нагрева заготовки и охлаждения поковки; определяют силы деформирования и работу деформации для рационального выбора оборудования, обеспечивающего высокую производительность, металло- и энергосбережение, а также для расчета прочности и стойкости инструмента; определяют число переходов и режимыковки, технико-экономические показатели разрабатываемого технологического процесса.

Исходным документом для разработки чертежа поковки является чертеж готовой детали. В настоящее время основные типы технологических поковок, величины кузнечных напусков, припусков и допусков регламентируют ГОСТ 7062—90, ГОСТ 7829—90 и ГОСТ 8479—90. ГОСТ 7062—90 предназначен для поковок общего назначения из углеродистой и легированной стали, изготавливаемых ковкой на прессах и подлежащих последующей обработке резанием. ГОСТ 7829—90 и ГОСТ 8479—90 применяют к поковкам общего назначения, изготавливаемым ковкой на молотах из проката или мелких слитков.

Размеры и масса заготовки должны обеспечивать необходимую уковку и степень деформации по сечениям поковки для достижения требуемых механических свойств металла и достаточный объем металла для изготовления поковки с учетом различных отходов.

Масса заготовки, предназначенной для изготовления требуемой поковки, зависит от вида исходной заготовки (слиток или прокат), состава кузнечного оборудования и технологической схемыковки:

$$m_3 = m_{\text{п}} + m_{\text{уг}} + m_{\text{отх}} + m_{\text{дн}} + m_{\text{пр}},$$

где  $m_{\text{п}}$  — масса поковки, кг;  $m_{\text{уг}}$  — масса материала, теряемого на угар;  $m_{\text{отх}}$  — масса отходов (концевые отходы, технологические отходы и т. п.);  $m_{\text{дн}}$  — масса донной части слитка;  $m_{\text{пр}}$  — масса избыточной части слитка.

Одна из широко применяемых ковочных операций — осадка, при которой происходит уменьшение высоты заготовки с одновременным увеличением ее поперечных размеров. Заготовку устанавливают вертикально и деформирование происходит вдоль оси заготовки, при этом плоскости бойков полностью перекрывают торцы заготовки от начала до конца осадки (рис. 1).

Важной характеристикой процесса осадки является степень деформации  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \frac{H_3 - H_{\text{п}}}{H_3} = \frac{\Delta H}{H_3},$$

где  $H_3$  — высота заготовки;  $H_{\text{п}}$  — высота поковки;  $\Delta H$  — деформация заготовки,  $\Delta H = H_3 - H_{\text{п}}$ .

Степень деформации при осадке изменяется от 0 до 1. Значение средней степени деформации по диаметру при осадке меньше, чем по высоте.

Величину деформации при осадке (осадку) определяют также отношением высоты заготовки к высоте поковки:

$$q = \frac{H_3}{H_{\text{п}}} = \frac{D_{\text{п}}^2}{D_3^2}.$$

Здесь  $D_{\text{п}}$  — диаметра поковки, м;  $D_3$  — диаметр заготовки, м.

После расчета массы заготовки из условия постоянства массы (объема) заготовки и поковки для осадки определяют диаметр  $D_3$  и высоту  $H_3$  исходной заготовки, а также диаметр поковки:

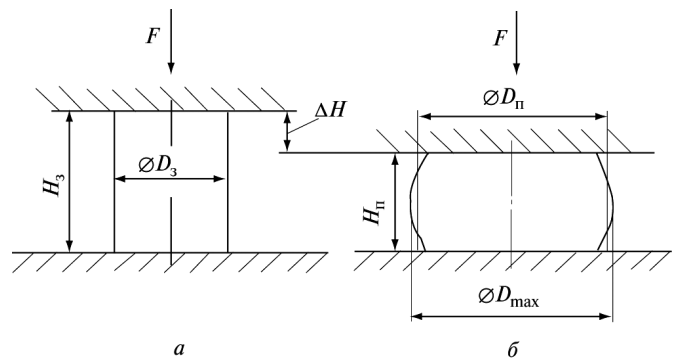


Рис. 1. Схема процесса осадки:

$a$  — исходная заготовка;  $b$  — поковка после осадки;  $D_{\text{max}}$  — максимальный диаметр поковки

$$D_{\text{п}} = D_3 \sqrt{\frac{H_3}{H_{\text{п}}}}$$

Значения температурных интерваловковки (максимальной температуры нагрева металла в печи и температуры окончанияковки) приведены в работе [1]. Температурный интервалковки зависит от химического состава стали, металлургической технологии, структуры, скорости деформирования, степени деформации, типа ковочной операции и массы поковки.

Различают допустимый и рациональный температурные интервалыковки. Допустимый интервал является характеристикой данного материала и не зависит от размеров и формы поковки, типа операции и оборудования. При разработке технологического процессаковки по допустимому температурному интервалуковки устанавливают рациональный интервалковки конкретной поковки из заданной стали. При этом рациональный интервал отражает конкретные условия данного производства, форму и размеры поковки, принятые технологические параметры процессаковки. Рекомендуемые значения допустимых температурных интерваловковки заготовок из распространенных низкоуглеродистых и легированных сталей представлены в справочнике [1].

При осадке заготовок для выбора ковочного молота с бабой с наполнителем необходимую работу деформации  $A_{\text{д}}$ , кДж, и массу падающих частей молота  $G_{\text{п}}$ , кг, на последнем ударе молота рассчитывают по следующим формулам:

$$A_{\text{д}} = 10,05 \cdot 10^2 (1 - 0,0005 D_{\text{п}}) \times \Delta H_{\text{п}} S \sigma_{\text{вт}}; \quad (1)$$

$$G_{\text{п}} = 27 \cdot 10^3 (1 - 0,0005 D_{\text{п}}) \times \sigma_{\text{вт}} S \left[ 1 + 0,17 \frac{D_{\text{п}}}{H_{\text{п}}} \right] \Delta H_{\text{п}}, \quad (2)$$

где  $S$  — площадь поперечного сечения поковки,  $\text{м}^2$ ;  $\sigma_{\text{вт}}$  — предел прочности материала поковки при температуре окончанияковки  $T$ , МПа.

Формулы (1) и (2) применимы при расчете осадки средних и низких цилиндрических стальных заготовок. При осадке высоких заготовок следует учитывать неравномерность распределения деформации, что приводит к неко-

торому повышению необходимых сил деформирования, которое можно учесть поправочным коэффициентом, равным 1,1–1,2.

Формулы (1) и (2) можно использовать для расчетов при мелкосерийном производстве. При этом возможно применение молотов с меньшей массой падающих частей при условии увеличения количества ударов при ковке.

Молот выбирают по энергии удара и массе падающих частей. Основные параметры и размеры ковочных молотов представлены в справочнике [1].

При расчете осадки необходимо провести проверку отношения массы  $m_3$  заготовки и массы  $G$  падающих частей выбранного молота, которое должно быть равно или меньше допустимого значения:

$$K_3 = \frac{m_3}{G} \leq 0,02. \quad (3)$$

Полную работу деформации при осадке определяют по формуле, предложенной М.В. Сторожевым:

$$A_{\text{полн}} = \sigma_s V_3 \left[ \ln \frac{H_3}{H_{\text{п}}} + \frac{2}{9} \mu \left( \frac{D_{\text{п}}}{H_{\text{п}}} - \frac{D_3}{H_3} \right) \right], \quad (4)$$

где  $\sigma_s$  — напряжение текучести материала заготовки, МПа;  $V_3$  — объем заготовки,  $\text{м}^3$ .

Общее число ударов молота при ковке равно отношению полной работы деформации  $A_{\text{полн}}$ , необходимой для получения поковки с заданными размерами, к энергии молота за один удар  $A_{\text{д}}$ :

$$n = \frac{A_{\text{полн}}}{A_{\text{д}}} = \frac{A_{\text{полн}}}{\eta_y L}. \quad (5)$$

Здесь  $L$  — энергия выбранного ковочного молота с массой падающих частей  $G$ ;  $\eta_y = 0,82 \dots 0,92$  — КПД ударного деформирования при ковке на молотах при использовании бабы молота с наполнителем.

Схемы бабы ковочного молота с наполнителем [11] показаны на рис. 2. Предлагаемая баба молота состоит из корпуса 1, крышки 2, пружины 3 для фиксации наполнителя 4 в виде металлических шариков, размещенных во внутренней кольцевой полости с наружным и внут-

ренним диаметрами  $D_H$  и  $D_{BH}$  и глубиной  $H$  (рис. 2, а).

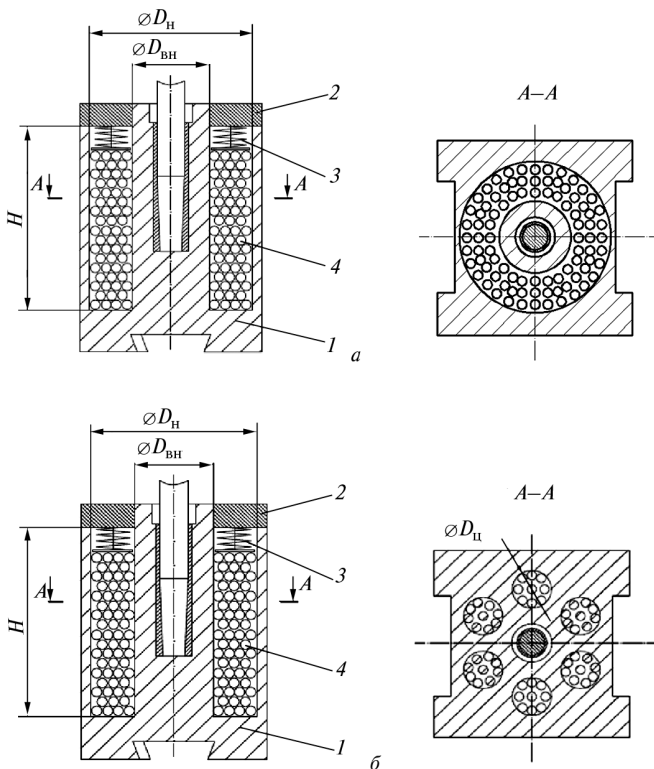


Рис. 2. Схема бабы ковочного молота с наполнителем с внутренней кольцевой полостью (а) и с внутренней полостью в виде  $N$  отверстий (б): 1 — корпус бабы; 2 — крышка бабы; 3 — пружина; 4 — наполнитель (шарики)

Внутренняя полость также может быть выполнена в виде нескольких отверстий количеством  $N$  штук, диаметром  $D_{ц}$  цилиндра и глубиной  $H$  (рис. 2, б). Шарики изготовлены из стали ШХ15 (ГОСТ 3722—81).

Пружины 3 поджимают шарики 4 силой  $F_{пр}$ ,  $H$ , равной или большей веса всех шариков  $m_{ш}$ , кг

$$F_{пр} \geq m_{ш}g, \tag{6}$$

где  $g \approx 9,81$  м/с<sup>2</sup>. При этом отношение массы одного шарика  $m_{1ш}$ , засыпаемых в бабу, к массе падающих частей молота  $G$  должно составлять  $K_{1м} = 280 \cdot 10^{-6}$ , а отношение массы всех шариков  $m_{ш}$  к массе падающих частей молота  $G - K_M = 0,17$ .

Размеры и масса шариков, засыпаемых во внутреннюю полость бабы молота с наполнителем определяют по следующим формулам:

• масса, кг, и диаметр одного шарика, мм:

$$m_{1ш} \leq K_{1м}G, \tag{7}$$

$$D_{ш} \leq 0,062 \cdot 10^3 \sqrt[3]{K_{1м}G}; \tag{8}$$

• масса всех шариков, кг:

$$m_{ш} \leq K_M G; \tag{9}$$

• суммарный объем всех шариков, мм<sup>3</sup>:

$$V_{ш} \leq \frac{K_M G \cdot 10^6}{7,85}. \tag{10}$$

Размеры внутренней полости бабы молота с наполнителем рассчитывают по формулам:

• объем внутренней полости, мм<sup>3</sup>:

$$V_{пол} \geq \frac{V_{ш}}{\xi} = \frac{K_M G \cdot 10^6}{\xi \cdot 7,85}, \tag{11}$$

где  $\xi = 0,7 \dots 0,74$  — коэффициент заполнения пространства (меньшие значения принимают для больших диаметров шарика  $D_{ш}$ );

• размеры внутренней кольцевой полости ( $D_H$  и  $D_{BH}$  — наружный и внутренний диаметр полости, м;  $H$  — глубина полости, м) определяют в зависимости от наружных размеров корпуса бабы с учетом конструктивных возможностей ее изготовления и критерию прочности при эксплуатации из соотношения

$$V_{пол} = \frac{\pi H}{4} (D_H^2 - D_{BH}^2) = \frac{K_M G \cdot 10^6}{\xi \cdot 7,85}, \tag{12}$$

а в случае выполнения внутренней полости в виде нескольких отверстий ( $D_{ц}$  и  $H$  — диаметр и глубина отверстия, м) — из соотношения

$$V_{пол} = \frac{\pi D_{ц}^2}{4} HN = \frac{K_M G \cdot 10^6}{\xi \cdot 7,85}, \tag{13}$$

где  $N$  — количество цилиндрических отверстий.

Наружные размеры корпуса бабы ковочных паровоздушных молотов определяют в зависимости от массы бабы, кг,

$$m_б = G - M_{шт} - M_{порш} - M_{инстр},$$

где  $M_{шт}$  и  $M_{порш}$  — массы штока и поршня согласно ГОСТ 9752—85, кг;  $M_{инстр}$  — масса инструмента,  $M_{инстр} \leq 0,25G$ .

Корпус бабы может быть изготовлен из сталей 45, 35Х, 40ХН и 40ХН3. Для закрепления

верхнего бойка в нижней части бабы молота предусмотрен паз, размеры которого назначаются согласно ГОСТ 6039—82.

**Пример.** Выбрать ковочный молот, рассчитать число ударов молота и определить основные конструктивные параметры бабы молота с наполнителем для осадки заготовки с размерами  $D_3 = 0,15$  м,  $H_3 = 0,1$  м. Осадку провести до высоты  $H_{\text{п}} = 0,08$  м. Температура начала осадки  $1\ 200\ ^\circ\text{C}$ , температура окончания осадки  $900\ ^\circ\text{C}$ . Материал заготовки: сталь 40Х, предел прочности  $\sigma_{\text{вт}} = 400; 20$  и  $45$  МПа при температуре  $T = 20; 1\ 200$  и  $900\ ^\circ\text{C}$  соответственно.

*Расчет:* 1. Диаметр поковки после осадки

$$D_{\text{п}} = D_3 \sqrt{\frac{H_3}{H_{\text{п}}}} = 0,15 \sqrt{\frac{0,1}{0,08}} = 0,168 \text{ м.}$$

2. Объем заготовки

$$V_3 = \frac{\pi D_3^2}{4} H_3 = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} \cdot 0,1 = 0,001766 \text{ м}^3.$$

3. Масса заготовки

$$m_3 = V_3 / \rho = 0,001767 \cdot 7850 = 13,87 \text{ кг.}$$

4. Площадь поперечного сечения поковки

$$S = \frac{\pi D_{\text{п}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,168^2}{4} = 0,02216 \text{ м}^2.$$

5. Работа деформации при осадке на молотах бабой с наполнителем определяется по формуле (1):

$$A_{\text{д}} = 10,05 \cdot 10^2 (1 - 0,0005 \cdot 0,168) \times \\ \times 0,02 \cdot 0,02216 \cdot 45 = 20,04 \text{ кДж.}$$

6. Масса падающих частей ковочного молота при использовании бабы молота с наполнителем рассчитывается по формуле (2):

$$G_{\text{н}} = 27 \cdot 10^3 (1 - 0,0005 \cdot 0,168) 45 \times \\ \times 0,02216 \left( 1 + 0,17 \frac{0,168}{0,08} \right) 0,02 = 730 \text{ кг.}$$

По справочнику [1] выбираем паровоздушный ковочный молот арочного типа с массой падающих частей  $G = 1\ 000$  кг и энергией удара  $L = 25$  кДж.

7. По формуле (3) проверяем отношение массы заготовки и массы падающих частей выбранного молота  $G$ , которое должно быть равно или меньше допустимого значения  $0,02$ :

$$K_3 = \frac{13,87}{1000} \approx 0,01387 \leq 0,02.$$

8. Полная работа деформации при осадке определяется по формуле (4):

$$A_{\text{полн}} = \sigma_s V_3 \left[ \ln \frac{H_3}{H_{\text{п}}} + \frac{2}{9} \mu \left( \frac{D_{\text{п}}}{H_{\text{п}}} - \frac{D_3}{H_3} \right) \right] = \\ = 9,2 (1 - 0,0005 D_{\text{п}}) \sigma_{\text{вт}} V_3 \times \\ \times \left[ \ln \frac{H_3}{H_{\text{п}}} + \frac{2}{9} \mu \left( \frac{D_{\text{п}}}{H_{\text{п}}} - \frac{D_3}{H_3} \right) \right] = \\ = 9,2 \cdot 10 (1 - 0,0005 \cdot 0,168) 45 \cdot 0,001766 \times \\ \times \left[ \ln \frac{0,1}{0,08} + \frac{2}{9} \cdot 0,3 \left( \frac{0,168}{0,08} - \frac{0,15}{0,01} \right) \right] = 73,6 \text{ кДж.}$$

9. По формуле (5) рассчитывается число ударов молота

$$n = \frac{73,6}{0,9 \cdot 25} = 3,2 \approx 3.$$

10. Конструктивные параметры бабы молота с наполнителем в виде стальных шариков определяется по формулам (6)—(13):

- масса одного шарика

$$m_{\text{ш}} = 280 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = 280 \cdot 10^{-3} \text{ кг;}$$

- диаметр шарика бабы молота с наполнителем

$$D_{\text{ш}} = 0,062 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{280 \cdot 10^{-6} \cdot 1000} \approx 40 \text{ мм;}$$

- масса всех шариков

$$m_{\text{ш}} = 0,17 \cdot 1\ 000 = 170 \text{ кг;}$$

- сила поджатия шариков

$$F_{\text{пж}} \geq 170 \cdot 9,81 \approx 1\ 670 \text{ Н;}$$

- объем внутренней полости бабы молота с наполнителем

$$V_{\text{пол}} = \frac{0,17 \cdot 1000 \cdot 10^6}{0,7 \cdot 7,85} = 3,2 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

## Выводы

1. На основании результатов экспериментально-теоретических исследований процесса ударного деформирования при осадке в условиях целенаправленного изменения продолжительности ударного взаимодействия при использовании бабы молота (копра) с наполнителем в виде стальных шариков разработаны рекомендации по расчету технологических процессов осадки на молотах при деформировании бабой молота с наполнителем, включающие расчет размеров

заготовки, определение массы падающих частей молота и выбор ковочного молота, определение числа ударов молота, расчет основных параметров бабы молота с наполнителем.

2. Получены формулы для определения работы деформации и массы падающих частей ковочного молота при осадке бабой молота с наполнителем в виде стальных шариков.

3. Использование данных рекомендаций при расчете процессовковки на молотах обеспечивает повышение КПД удара и КПД работы молота, повышение производительности работы оборудования, а также экономию энергии и металла.

## Литература

- [1] Семенов Е.И., ред. Ковка и штамповка: справочник. В 4 т. Т. 1. *Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка*. Москва, Машиностроение, 2010. 717 с.
- [2] Семенов Е.И. *Ковка и горячая штамповка*. Москва, МГИУ, 2011. 414 с.
- [3] Бочаров Ю.А. *Кузнечно-штамповочное оборудование*. Москва, АCADEMIA, 2008. 480 с.
- [4] *Die forging hammers*. Lasco Umformtechnik. 22 p.
- [5] Lasco automatisiert luftbetriebeenen Hammer. *Schmiede Journal*, 2010, no. 9, pp. 41.
- [6] Феофанова А.Е., Лавриненко В.Ю. Экспериментальные исследования процесса удара при осадке цилиндрических заготовок. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2012, № 2, с. 12–15.
- [7] Феофанова А.Е., Лавриненко В.Ю., Семенов Е.И. *Баба молота*. Пат. РФ № 96804. 2010. Бюл. № 23.
- [8] Лавриненко В.Ю. Определение энергосиловых параметров процесса осадки цилиндрических заготовок на молоте. *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением*, 2012, № 7, с. 24–28.
- [9] Лавриненко В.Ю., Феофанова А.Е. Расчет энергосиловых параметров ковочного молота. *Известия ТулГУ. Технические науки*, вып. 1. Тула, Изд-во ТулГУ, 2013, ч. 1, с. 58–67.
- [10] Лавриненко В.Ю., Семенов Е.И., Феофанова А.Е. Проектирование технологических процессовковки на молотах. *Вестник РГТУ им. П.А. Соловьева*, 2013, № 1(24), с. 68–72.

- [11] Феофанова А.Е., Демин В.А., Евсюков С.А., Лавриненко В.Ю., Семенов Е.И. *Баба молота*. Пат. РФ № 2438825. 2012. Бюл. № 1.

## References

- [1] *Kovka i shtampovka: spravochnik. V 4 t. T. 1. Materialy i nagrev. Oborudovanie. Kovka* [Forging and Stamping: A Handbook. In 4 vol. Vol. 1. Materials and heating. Equipment. Forging]. Ed. Semenov E.I. Moscow, Mashinostroenie publ., 2010. 717 p.
- [2] Semenov E.I. *Kovka i goriachaia shtampovka* [Forging and hot stamping]. Moscow, MGIU publ., 2011. 414 p.
- [3] Bocharov Yu.A. *Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie* [Forging and stamping equipment]. Moscow, АCADEMIA publ., 2008. 480 p.
- [4] *Die forging hammers*. Lasco Umformtechnik. 22 p.
- [5] Lasco automatisiert luftbetriebeenen Hammer. *Schmiede Journal*, 2010, no. 9, pp. 41.
- [6] Feofanova A.E., Lavrinenko V.Iu. Eksperimental'nye issledovaniia protsessa udara pri osadke tsilindricheskikh zagotovok [Experimental researches of impact during upsetting of cylindrical workpieces]. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii* [Provision of industrial manufacture]. 2012, no. 2, pp. 12–15.
- [7] Feofanova A.E., Lavrinenko V.Iu., Semenov E.I. *Baba molota* [Ram]. Patent RF no. 96804, 2010.
- [8] Lavrinenko V.Iu. Opredelenie energosilovykh parametrov protsessa osadki tsilindricheskikh zagotovok na molote [Determination of Energy-Power Parameters of the Process of Upsetting Cylindrical Workpieces on the Hammer]. *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem* [Forging and stamping production. Materials processing pressure]. 2012, no. 7, pp. 24–28.
- [9] Lavrinenko V.Iu., Feofanova A.E. Raschet energosilovykh parametrov kovochного молота [Calculation of energy-power parameters of drop forging hammer]. *Izvestiia TulGU. Tekhnicheskie nauki* [Proceedings of the TSU. Technical sciences]. 2013, no. 1, pp. 58–67.
- [10] Lavrinenko V.Iu., Semenov E.I., Feofanova A.E. Proektirovanie tekhnologicheskikh protsessov kovki na molotakh [Projection of technological processes of hammer forging]. *Vestnik RGATU im. P.A. Solov'eva* [Bulletin SRSATU]. 2013, no. 1(24), pp. 68–72.
- [11] Feofanova A.E., Demin V.A., Evsiukov S.A., Lavrinenko V.Iu., Semenov E.I. *Baba molota* [Ram]. Patent RF no. 2438825, 2012.

Статья поступила в редакцию 13.06.2013

## Информация об авторах

**ЛАВРИНЕНКО Владислав Юрьевич** (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология обработки металлов давлением». Московский государственный индустриальный университет (115280, Москва, Российская Федерация, Автозаводская ул., д. 16, e-mail: vladasha@mail.ru).

**СЕМЕНОВ Евгений Иванович** (Москва) — доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии обработки металлов давлением». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

**ФЕОФАНОВА Анна Евгеньевна** (Москва) — доктор технических наук, профессор кафедры «Кузовостроение и обработка давлением». Московский государственный машиностроительный университет «МАМИ» (107023, Москва, Российская Федерация, Б. Семеновская ул., д. 38, e-mail: feofanov426@mail.ru).

## Information about the authors

**LAVRINENKO Vladislav Yur'evich** (Moscow) — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of «Machinery and Metal Forming Technology» Department. Moscow State Industrial University (MSIU, Avtozavodskaya str., 16, 115280, Moscow, Russian Federation, e-mail: vladasha@mail.ru).

**SEMENOV Evgeniy Ivanovich** (Moscow) — Dr. Sc. (Eng.), Professor of «Metal Forming Technology» Department. Bauman Moscow State Technical University (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation).

**FEOFANOVA Anna Evgen'evna** (Moscow) — Dr. Sc. (Eng.), Professor of «Bodywork and Plastic Working» Department. Moscow State University of Mechanical Engineering «MAMI» (MAMI, B. Semenovskaya str., 38, 107023, Moscow, Russian Federation, e-mail: feofanov426@mail.ru).