

износа, надлежащим способом выбирать сопрягаемые подвижные пары. на полках золотника сделать лабиринтные уплотнения, т.е. кольцевые канавки – это обеспечит надежную смазку трущихся пар и уменьшит утечки энергоносителя.

**Список литературы:** 1. *Карабин А. И.* Энергетика паровых и воздушных молотов. – М. Машгиз. 1955. 2. *Казанцев Е.И.* Промышленные печи: Справочное руководство для расчета и проектирования. М.: Металлургия, 1975, – 367 с. 3. *Щеглов В.Ф.* Совершенствование кузнечного оборудования. – М.: Машиностроение, 1968. – 224 с. 4. *Норицын И.А., Власов В.И.* Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки. – М.: Машиностроение, 1967. – 386 с. 5. *Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В.* Вычислительные методы для инженеров: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1994. – 544 с. 6. *Золотонуп К. Н. Даниленко В.Я.* Анализ работы паровоздушного штамповочного молота в зависимости от используемого энергоносителя. Обработка металлов давлением №1 (19) 2008г – 313...315 с. 7 *Климов И.В.* Основы теории и теплового расчета паровоздушных молотов. – М.: Машиностроение, 1979. – 134 с.

Надійшла до редколегії 25.10.2012

УДК 621.979.1

**Исследование износа рабочих органов распределительного механизма штамповального молота / Ванюшенко Е.М., Гребенник К.В., Даниленко В.Я. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях – Харків НТУ «ХП». – 2012. – № 46(952). – С. 18-26. – Бібліогр.: 7 назв.**

У статті виконано аналіз роботи пароповітряного штампувального молота (ПШМ), працюючого на повітрі, і вплив зносу золотника і золотникової втулки на енергосилові параметри та продуктивність молота. Виконані дослідження дозволяють скорегувати роботу ПШМ у виробничих умовах. і зробити висновок про необхідність в процесі експлуатації ПШМ своєчасно здійснювати мастило деталей, що сполучаються розподільного механізму і не допускати значного їх зносу.

**Ключові слова:** пароповітряний штампувальний молот, розподільний механізм молота, м'яття пара чи повітря, нижня і верхня порожнини циліндра.

In this paper the analysis of parovozdushnoho swage (PSHM), working in the air, and the impact of wear spool and spool bushings for enerhosylovi parameters and performance hammer. The investigations can adjust PSHM work in a production environment. and conclude that the need for the operation PSHM timely lubrication of parts, combining the distribution mechanism and avoid cherezmernoho of wear. П.: 11.DBMS is drawn is developed.

**Keywords:** vapor swage, servo mechanism hammer myati steam or air, the lower and upper cavity of the cylinder

УДК 621.7

**В. Н. ДАНЧЕНКО**, докт. техн. наук, проф., НМетАУ, Днепропетровск  
**Х. ДЫЯ**, проф., Politechnika Czestochowska, Ченстахова, Польша;  
**А. В. ШРАМКО**, канд. техн. наук, ОАО “ИНТЕРПАЙП–НТЗ”, Днепропетровск  
**В. Л. ЧУХЛЕБ**, канд. техн. наук, доц., НМетАУ, Днепропетровск  
**А. В. АШКЕЛЯНЕЦ**, канд. техн. наук, доц., НМетАУ, Днепропетровск

### **ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ФОРМОВОЧНЫХ ШТАМПОВ И УСЛОВИЙ КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ШТАМПОВКЕ ЗАГОТОВОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС**

В работе рассмотрено влияние величины и распределения контактного давления, скорости перемещения частиц металла относительно поверхности штампа и температурного режима на абразивный износ поверхности штампа. Также с использованием компьютерного моделирования исследовано

влияние этих факторов на величину абразивного износа штампов предназначенных для горячей пластической деформации сталей, в частности для формовочных штампов прессы силой 100 МН.

**Ключевые слова:** штамп, давление, сила, штамповка, формоизменение, износ.

**Введение.** Современное производство железнодорожных колес предъявляет строгие требования к стойкости технологической штамповой оснастки, в частности к

© В.Н. Данченко, Х. Дыя, А.В. Шрамко, В.Л. Чухлеб, А.В. Ашкелянец, 2012

формовочным штампом. Вместе с тем придание штампам повышенной стойкости и работоспособности является трудной задачей.

Известно, что на износостойкость штампов, предназначенных для горячей пластической деформации сталей, существенное влияние оказывают несколько факторов, основными из которых являются: прочностные характеристики материала штампа; температурный режим работы штампа; наличие и качество смазки на рабочей поверхности штампа и параметры деформации стали в штампах, обусловленные технологической схемой процесса штамповки.

На абразивный износ поверхности штампа существенное влияние оказывают величина и распределение по поверхности штампа контактного давления, скорость перемещения частиц металла относительно поверхности штампа и температурный режим поверхностных слоев штампа.

В настоящее время в колесопрокатном цехе ОАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» проводятся работы, направленные на увеличение стойкости формовочных штампов прессы силой 100 МН за счет использования для изготовления штампов новых марок сталей и новых смазочных материалов.

В свою очередь вопросы влияния величины и распределения удельного контактного давления по рабочей поверхности штампов и условий контактного трения на их износостойкость исследованы не достаточно. В связи с этим исследование, анализ и поиск путей снижения влияния указанных факторов на величину износа штампов приобретает особую актуальность.

**Исследование и анализ силовых параметров работы штампов.** Степень силового воздействия на штамп в процессе горячей штамповки поковки оказывает существенное влияние на напряженное состояние штампа, вызывает упругопластическую деформацию отдельных участков гравюры штампов, износ, появление трещин и разрушение штампов. Кроме этого, от силовых параметров процесса горячей штамповки зависят теплопередача от поковки к телу штампа, условия контактного трения, особенности образования и развития разгарных трещин, характер фазовых и структурных превращений в поверхностных слоях штампа.

**Контактное давления на штамп.** Напряженное состояние штампа, условия и величину внешнего трения в значительной степени определяет контактное давление на штамп ( $g$ ). Контактное давление деформирования определяется, как частное от деления силы штамповки ( $P$ ) на площадь ( $F$ ) проекции поковки после деформирования на плоскость перпендикулярную действующей силе:

$$g = P / F.$$

Используя для определения коэффициента напряженного состояния формулы А.П. Чекмарева и Э. Зибеля, величину контактного давления можно представить в виде:

$$g = \sigma_T (1 + \mu d / 3h) n_\Phi,$$

где  $\sigma_T$  – напряжение текучести при определенных температурно-скоростных параметрах;

$n_\Phi$  – коэффициент формы поковки;

$d$  и  $h$  – диаметр и высота осаженой поковки;

$\mu$  – коэффициент трения [1].

Из приведенного выражения следует, что при штамповке заготовок постоянной формы из одной марки стали при одинаковой температуре на величину контактного давления оказывают влияние условия контактного трения, учитываемые коэффициентом трения  $\mu$ , а также скорость и степень деформации, которые определяют величину напряжения текучести стали  $\sigma_T$ .

Известно, что при горячей объемной штамповке заготовок железнодорожных колес на величину степени и скорости деформации их материала можно оказывать влияние путем изменения схемы деформирования поковок [2]. В связи с этим, с точки зрения увеличения стойкости формовочных штампов, особый интерес представляют исследования, направленные на изучение напряженного состояния штампов и условий контактного трения при штамповке колесных заготовок в зависимости от схемы их деформирования.

**Напряженное состояние формовочных штампов прессы силой 100 МН.** Исследования напряженного состояния формовочных штампов прессы силой 100 МН проводились путем компьютерного моделирования процесса штамповки заготовок железнодорожных колес  $\varnothing 957$  мм ГОСТ 10791 – 2011 по трем различным технологическим схемам (рис. 1).

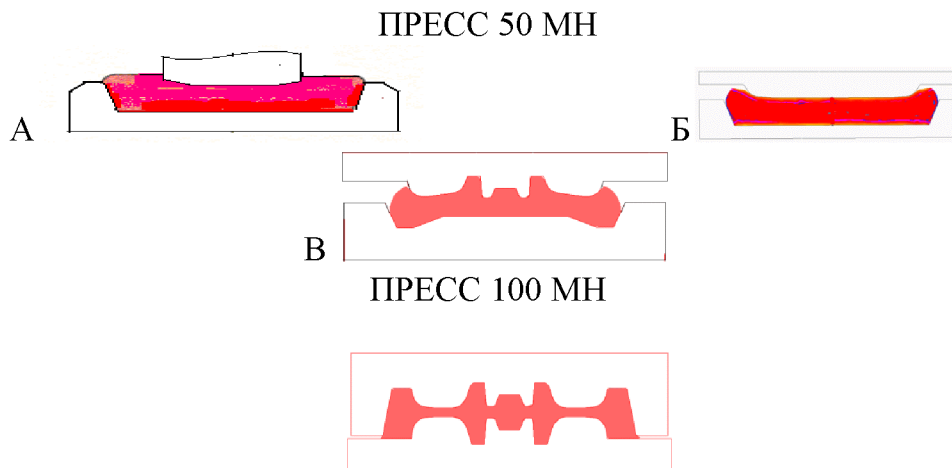


Рис. 1 – Технологические схемы штамповки заготовок железнодорожных колес: А - штамповка колесной заготовки на формовочном прессе силой 100 МН после предварительной разгонки; Б - разгонка заготовки на прессе силой 50 МН; В - штамповка колесной заготовки на прессе силой 100 МН из поковки

Схема “А” предусматривает штамповку полнопрофильной колесной заготовки на формовочном прессе силой 100 МН после предварительной разгонки плоской плюшки пуансоном  $\varnothing 500$  мм на прессе силой 50 МН.

В случае использования схемы “Б” разгонка заготовки на прессе силой 50 МН производится пуансоном с диаметром соизмеримым с наружным диаметром формовочных штампов прессы силой 100 МН.

При использовании схемы “В” штамповка полнопрофильной колесной заготовки на прессе силой 100 МН производится из поковки, предварительно фасонированной на прессе силой 50 МН.

Моделирование процесса штамповки заготовок на прессе силой 100 МН проводилось с использованием программы Forge 3.

Напряженное состояние штампов исследовалось на последнем этапе штамповки заготовки. Для этого на поверхности “М” формовочного штампа в восьми точках равноудаленных друг от друга по оси X определялась величина нормальных и касательных контактных напряжений, а также суммарные контактные напряжения (рис. 2).

На рис. 3 приведены значения суммарных контактных напряжений и их распределение по поверхности формовочных штампов.

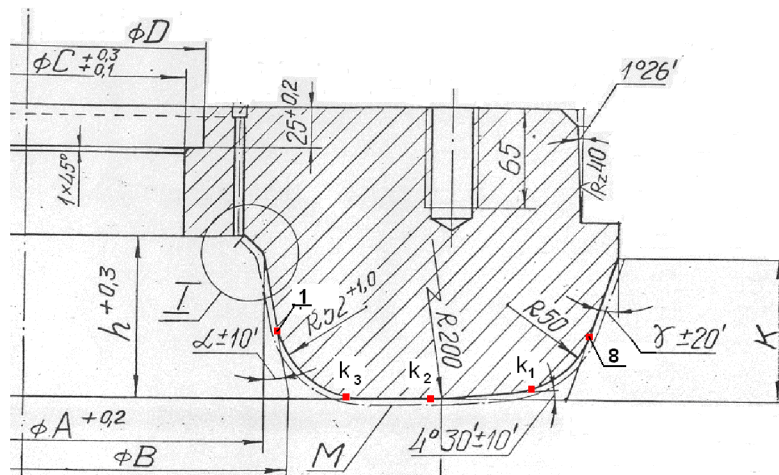


Рис. 2 – Верхний формовочный штамп прессы силой 100 МН

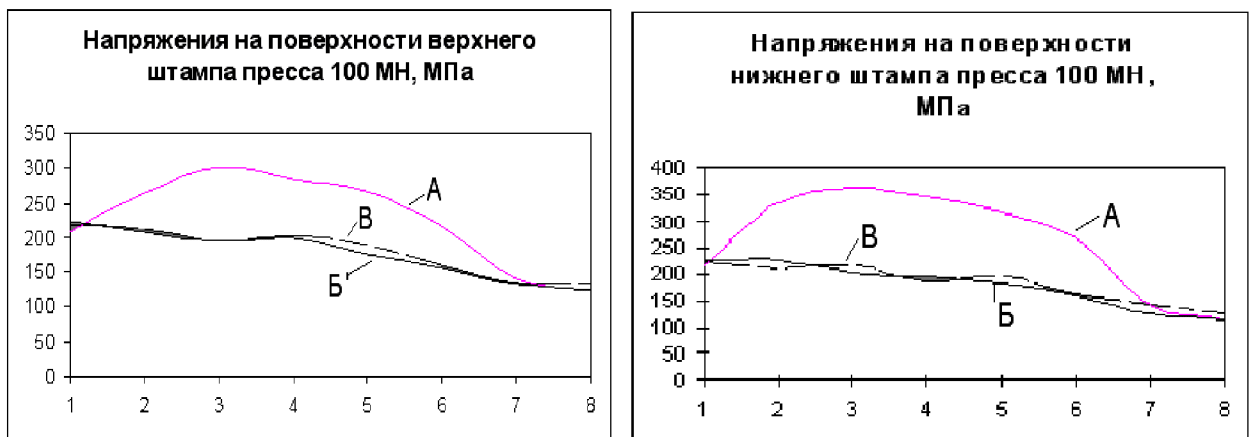


Рис. 3 – Характер распределения суммарных контактных напряжений на поверхности формовочных штампов прессы силой 100 МН

Как видно на рис. 3, в случае использования при штамповке колесных заготовок схемы “А” величина суммарных контактных напряжений на поверхности штампов значительно выше величины напряжений при использовании схем “Б” и “В”. При этом величина напряжений на поверхности верхнего штампа ниже величины напряжений на поверхности нижнего штампа.

Следует отметить, что практика изготовления железнодорожных колес с использованием технологической схемы штамповки заготовок по варианту “А” показывает стойкость верхних штампов прессы силой 100 МН выше на 15-20 % в сравнении со стойкостью нижних штампов.

Таким образом, при использовании схем “Б” и “В” для изготовления заготовок железнодорожных колес следует ожидать повышения стойкости штампов за счет снижения вероятности образования трещин и сетки разгара.

**Исследование условий контактного трения.** Анализ причин вывода из эксплуатации формовочных штампов при изготовления заготовок железнодорожных колес в условиях ОАО “ИНТЕРПАЙП НТЗ” показывает, что примерно на 60% нижних штампов и на 80% верхних штампов прессы силой 100 МН присутствуют признаки абразивного износа браковочного характера (рис. 4).

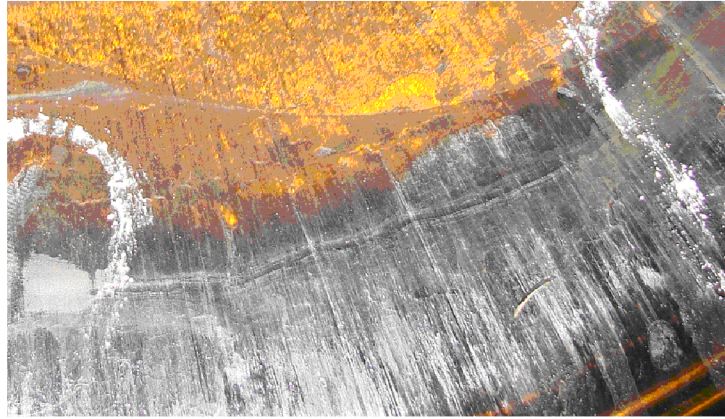


Рис. 4. – Нижний штамп прессы силой 100 МН со следами абразивного износа

Характер абразивного износа на различных участках гравюры штампа зависит от условий контактного трения и определяется величиной контактного давления, скоростью течения металла и температурным режимом поверхностного слоя. В частности, ученые Харьковского Национального технического университета (ХПИ) на основе экспериментальных данных показали зависимость величины контактного трения от величины нормального контактного напряжения и скорости перемещения металла поковки по штампу [3].

В случае штамповки заготовок железнодорожных колес величина напряжений на поверхности формовочных штампов а, следовательно, и нормальных контактных напряжений имеет максимальное значение при штамповке заготовок по семе “А”.

Исследования с помощью компьютерной программы Forge 3 значений скорости течения металла относительно точек  $k_1, k_2$  и  $k_3$  на поверхности штампа (рис. 2) в процессе штамповки колесной заготовки с шагом 0,5 сек по схемам А, Б и В на прессы силой 100 МН выявили различие средних значений скорости течения металла в указанных точках для различных схем деформирования заготовки (рис. 5).

Как видно на рис. 5, во всех случаях средняя скорость течения металла имеет максимальное значение на внешнем скруглении полотна штампа ( точка  $k_1$ ) В результате такого распределения значений средних скоростей течения металла относительно поверхности штампа и с учетом распределения уровня суммарных контактных напряжений на поверхности штампа можно предположить, что наиболее интенсивному абразивному износу в процессе штамповки будут подвергаться участки эпюры, расположенные с внешней стороны штампа (рис. 4).

Следует отметить, что при использовании схемы А и В в точке  $k_1$  средняя скорость течения металла относительно верхнего штампа значительно выше средней скорости течения металла относительно поверхности нижнего и наоборот в точке  $k_3$ .

В связи с этим в первую очередь должны заполняться металлом нижняя полость штампа, формирующая обод колеса и верхняя полость штампа, формирующая ступицу колеса, что и наблюдается на практике при использовании схемы А. Аналогично этому, в случае использования схемы Б в виду соизмеримости средних скоростей течения металла все полости штампа должны заполняться практически одновременно.

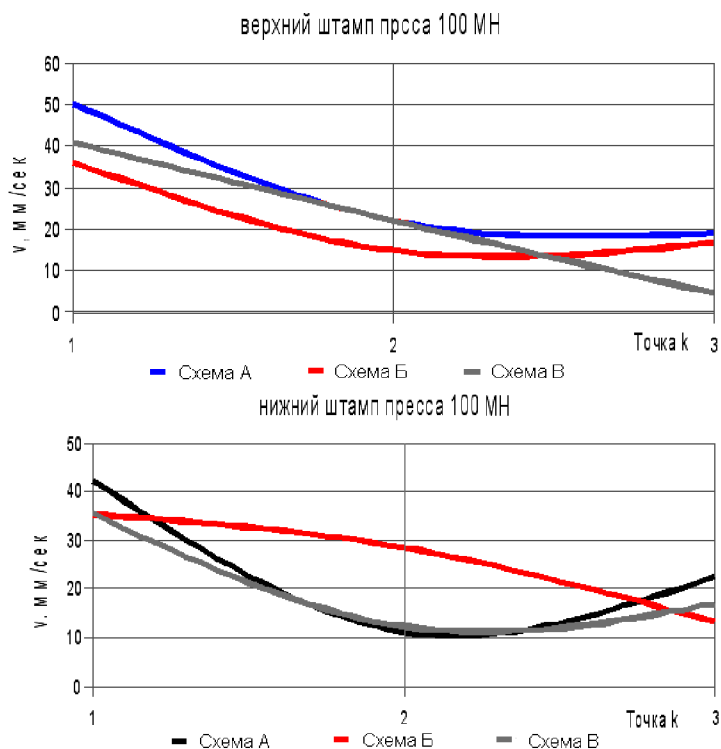


Рис. 5 – Средняя скорость течения металла относительно точек  $k_1 \dots k_3$  при использовании различных схем штамповки заготовки

При сравнении схем деформирования заготовок с примерно одинаковым напряженным состоянием штампов (схемы Б и В) можно прогнозировать для схемы В некоторое снижение степени абразивного износа верхнего штампа за счет более низкого значения средней скорости течения металла в точке  $k_3$ .

Для сравнения схем деформирования заготовок у которых штампы имеют различный уровень суммарных контактных напряжений (схемы А со схемами Б и В) и различные средние скорости течения металла был использован показатель – путь трения, оказывающий влияние на степень абразивного износа штампа.

В.А. Евстратов предлагает определять путь трения, как функцию координаты некоторой точки на контактной поверхности штампа, которая определяется суммарным перемещением частиц деформированной заготовки относительно рассмотренной точки в заданном направлении [4].

С достаточной для сравнения различных схем деформирования заготовки точностью путь трения можно представить, как произведение средней скорости течения металла относительно точки на поверхности штампа (точка  $k_1$ ) на продолжительность деформирования металла в плоскости, проходящей через эту точку и перпендикулярной поверхности штампа:

$$L_{k1} = V_{cp. k1} * t,$$

где  $V_{cp. k1}$ , мм/сек – средняя скорость течения металла относительно точки  $k$  в период деформирования заготовки;

$t$ , сек – время деформирования заготовки.

Вычисленные таким образом в точке  $k_1$  значения пути трения при различных схемах деформирования заготовки представлены в табл.

Таблиця. – Величина пути трения  $L_k$  в точке  $k_1$  при различных схемах деформирования заготовки

Схема деформирования заготовки	$L_k$ , мм	
	Верхний штамп	Нижний штамп
А	226,8	211,8
Б	217,3	178
В	184,4	211,7

Как следует из приведенных в табл. данных штамповка колесных заготовок с использованием технологической схемы А приводит к максимально возможному абразивному износу (истиранию) верхнего и нижнего формовочных штампов прессы силой 100 МН. Использование схемы Б предполагает снижение величины абразивного износа нижнего штампа, а схемы В – верхнего.

#### Выводы:

1. Проведенное моделирование процесса объемной горячей штамповки заготовок железнодорожных колес показало зависимость напряженного состояния формовочных штампов и условий контактного трения от технологической схемы штамповки.

2. Исходя из уровня контактных напряжений, возникающих в процессе работы на поверхности формовочных штампов и условий контактного трения определены оптимальные схемы штамповки колесных заготовок.

**Список литературы:** 1. Данченко В.Н., Дья Х., Шрамко А.В., Тубольцев А.Г., Ашкелянец А.В. К вопросу о силе горячей объемной штамповки заготовок железнодорожных колес на гидравлических прессах // *New technologies and achievements. A collective monograph edited by Anna Kawalek. Czestohowa, 2012. С/ 108 – 117.* 2. Шрамко А.В. Обоснование и разработка рациональной технологии изготовления железнодорожных колес повышенного качества с учетом истории деформирования. Автореф. дис. канд. тех. наук 05.03.05./ НМетАУ. Днепропетровск., 2007.- 19 с. 3. Даниленко В.Я., Евстратов В.А., Кузьменко В.И. Исследование трения при холодной пластической деформации // *Новые решения в современных технологиях.- Харьков: Вестник Национального технического университета «ХПИ», 2009.- №32.- С. 96 – 107.* 4. Евстратов В.А. Путь трения как важный фактор износа штампов // *Кузнечно–штамповочное производство, 2009. №11. С.29 -33.*

*Надійшла до редколегії 22.10.2012*

УДК 621.7

**Исследование напряженного состояния формовочных штампов и условий контактного трения с помощью компьютерного моделирования при штамповке заготовок железнодорожных колес / Данченко В.М., Дья Х., Шрамко О.В., В.Л. Чухлеб, А.В. Ашкелянец// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2012. – №46(952). – С. 28-32. - Бібліогр.: 4 назв.**

В роботі розглянуто вплив величини і розподілу контактного тиску, швидкості переміщення часток металу відносно поверхні штампа і температурного режиму на абразивний знос поверхні штампа. Також з використанням комп'ютерного моделювання досліджено вплив цих факторів на величину абразивного зносу штампів призначених для гарячої пластичної деформації сталей, зокрема для формувальних штампів преса силою 100 МН.

**Ключові слова:** штамп, тиск, сила, штампування, формозмінення, знос.

The paper considers the influence of the size and distribution of the contact pressure, velocity of the particles of the metal relative to the surface temperature of the stamp and the abrasion of the piston surface, also using computer simulations investigated the effects of these factors on the abrasive wear of stamps designed for hot plastic deformation of steels, particularly for forming dies 100 MN press force.

**Keywords:** stamp, pressure, force, punching, forming, wear.