

АШКЕЛЯНЕЦ А.В., асп. каф. ОМТ, НМетАУ, г.Днепропетровск
ЧУХЛЕБ В.Л., канд. техн. наук, доц. каф. ОМТ, НМетАУ,
ДАНЧЕНКО В.Н., докт. техн. наук, проф., НМетАУ, г.Днепропетровск
ДЫЯ Х., профессор, Politechnika Czestochowska, г.Ченстахова, Польша

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ВНЕДРЕНИЯ «ВРЕЗНОГО КОЛЬЦА» С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОСАДКОЙ В ПОДКЛАДНОМ КОЛЬЦЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДИСКА С УСТУПОМ

В работе представлены результаты математического моделирования, с применением программного продукта «Forge3», формоизменения металла при использовании технологического инструмента - «врезное кольцо». Они используются для получения свободной ковкой поковок типа дисков с уступами, с последующей осадкой полученной заготовки в подкладном кольце.

Ключевые слова: ковка, заготовка, осадка, инструмент, диск, уступ, ковка, кольцо.

В роботі представлені результати математичного моделювання, з використанням програмного продукту “Forge3”, формозміни металу при використанні технологічного інструменту – “врізне кільце”. Вони використовуються для виготовлення вільним куванням поковок типа диск з уступом, з послідуною осадкою отриманої заготовки в підкладному кільці.

Ключові слова: кування, заготовка, осадка, інструмент, диск, уступ, ковка, кільце.

The results of mathematical modeling, using software «Forge3», metal forming, using technological tool - cutting ring, were shown in the work. They are used for receiving forgings, stepped discs, by free forging and subsequent upset of the received forgings in the spacing ring.

Key words: preparation, a deposit, the tool, a disk, a ledge, forged piece, ring.

Ковка дисков с уступами относится к металлоемким операциям, что обуславливается большими значениями допусков и напусков при получении данного типа поковок. Это в свою очередь приводит к большим отходам металла при дальнейшей обработке данного изделия. Основной металлозатратной операцией является удаление кузнечного напуска, который назначается при получении диска с уступом в случае, когда высота уступа в несколько раз превышает высоту полотна диска. То ту часть уступа, которую невозможно получить существующей технологией, а именно осадкой в подкладном кольце, накрывают кузнечным напуском, который в дальнейшем удаляется механической обработкой. Так применение технологического инструмента «врезное кольцо», которое дает возможность получить максимально приближенную форму поковки к размерам конечного изделия за счет рационального формоизменения заготовки при его внедрении и этим дает возможность не назначать кузнечный напуск при производстве данного типа дисков с уступами и этим уменьшить металлозатраты производства, является актуальным.

Описание и анализ экспериментального исследования применения технологического инструмента «врезное кольцо» было рассмотрено авторами [1], где описывалось влияние наружного угла конусности «врезного кольца» на конечную высоту заготовки при проведении первого этапа эксперимента, который заключался во внедрении «врезного кольца» с различными углами

конусности. Так же авторами [2] были проанализированы экспериментальные исследования, а именно влияния внутреннего угла конусности на конечную высоту уступа.

Задачей данного исследования является оценка результатов математического моделирования и сравнение их с полученными данными экспериментальных исследований. Эти экспериментальные исследования выполнялись с применением технологического инструмента «врезное кольцо» при получении дисков с уступом, высота которого в несколько раз превышает высоту полотна диска без назначения кузнечного напуска.

Цель работы состоит в сравнении полученных результатов экспериментальных и теоретических исследований на основании формоизменения металла при внедрении технологического инструмента «врезное кольцо» в цилиндрическую заготовку с последующей осадкой полученной заготовки в подкладном кольце. При этом в результате математического моделирования были получены такие данные как температура, степень деформации, напряжения в поперечном сечении образца после каждой стадии предлагаемой технологии производства данного типа дисков.

Переходы предлагаемого способа производства дисков с уступом при использовании технологического инструмента «врезного кольца» представлено на рис. 1.

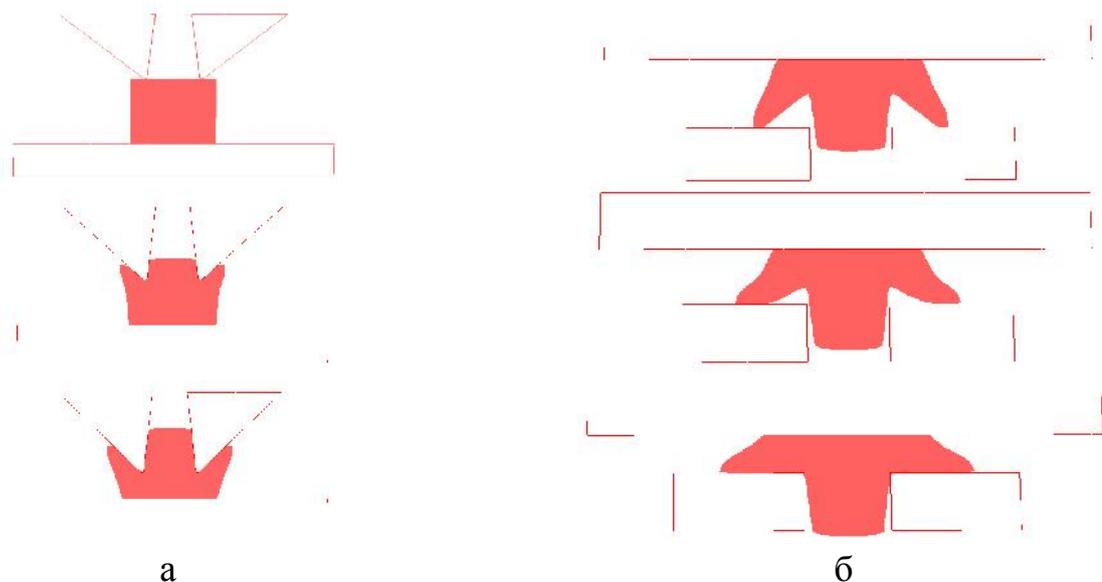


Рис. 1. - Переходы новой технологии производства дисков с уступами [3]
а - 1-ая стадия (внедрение “врезного кольца”), б - 2-ая стадия (осадка в подкладном кольце)

Для дальнейшего теоретического исследования формоизменения металла была выбрана программа компьютерного моделирования «Forge3» фирмы «Transvalor» (Франция). Исследования проводились совместно с сотрудниками Ченстоховского политехнического университета в рамках договора о сотрудничестве с НМетАУ.

Описание модели процесса формоизменения при моделировании поставленной задачи: используется закон трения Амонтона; принимается теория

пластического течения несжимаемых сред Сен-Венана – Леви – Мизеса; задача считается трехмерной.

Для получения решения в программе «Forge3» используется условие стационарности функционала смешанного вариационного принципа:

$$J = \frac{1}{2} \int_V \sigma_S \dot{\varepsilon}_j dV + \int_V \sigma_{\tau} \dot{\varepsilon}_0 dV - \int_F \sigma_{\tau} u_{\tau} dF,$$

где σ_S - зависимость напряжения текучести от интенсивности скорости деформации $\dot{\varepsilon}_i$, интенсивности деформации $\dot{\varepsilon}_j$ и температуры t ; V – объем металла; σ_{τ} и u_{τ} - напряжение трения и скорость скольжения металла по инструменту; F – поверхность контакта металла с инструментом.

Зависимость $\sigma_S(\dot{\varepsilon}_i, \dot{\varepsilon}_j, t)$ выбирается для конкретных материалов из литературных данных или по результатам пластометрических испытаний.

В программе используются конечные элементы в виде тетраэдров с линейной аппроксимацией среднего напряжения и кусочно-линейной аппроксимацией скорости (по угловым узлам элемента и узлу в центре тяжести элемента) [4].

В качестве исходных данных были выбраны следующие показатели: температура нагрева заготовки: $T=1200^{\circ}\text{C}$; температура инструмента: $T=50^{\circ}\text{C}$; размеры заготовки: $D_3=400\text{мм}$, $H_3=400\text{мм}$; скорость опускания инструмента: $V=60\text{мм/с}$; марка стали заготовки: Ст45.

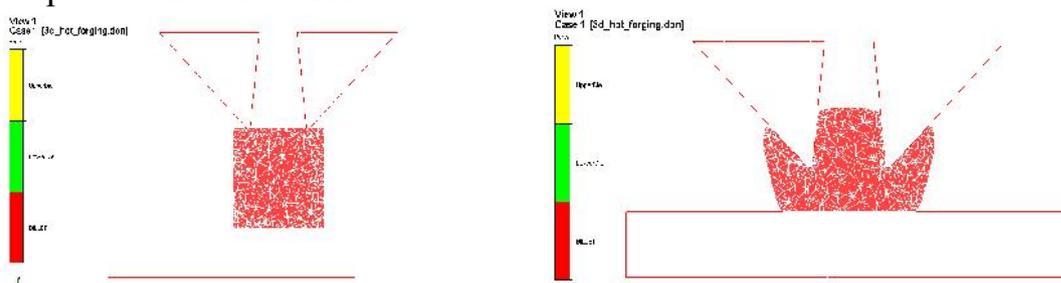


Рис. 2 - Математическое моделирование внедрения «врезного кольца».

Данная схема, представленная на рис. 2, соответствует 9-ому номеру опыта ПФЭ. [2] «Врезное кольцо» применялось со следующей геометрической формой: $\alpha_{\text{вн.}} - 6^{\circ}$; $\alpha_{\text{нар.}} - 45^{\circ}$; $d_{\text{отв.}} - 25\text{мм}$; $h_{\text{внедр.}} - 2/3$ высоты заготовки.

Марки стали выбирались из условия реологического подобия, т.к. при проведении экспериментальных исследований использовался свинец марки С1, который по формоизменению при пластической деформации соответствует формоизменению марки стали 45 при горячей пластической деформации [5].

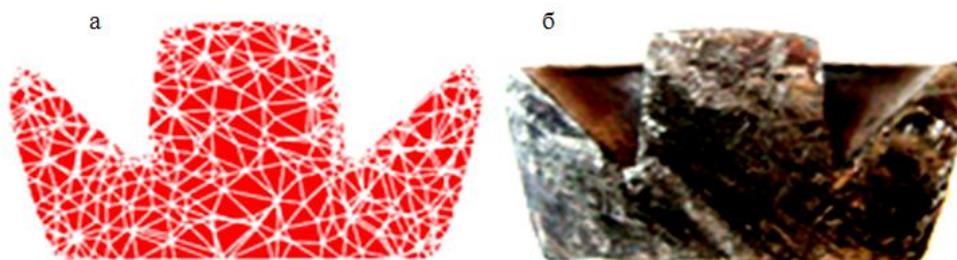
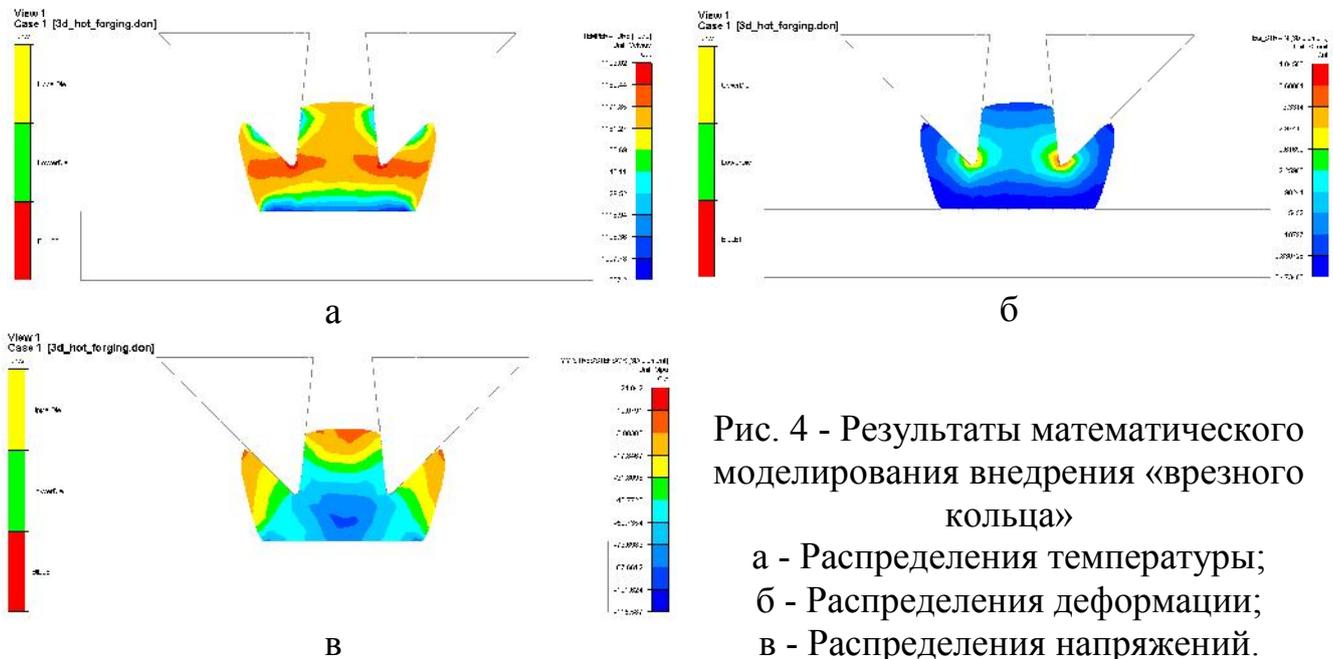


Рис. 3 - Сравнение геометрии полученных образцов после 1-й стадии
а - вид образца, полученный математическим моделированием;
б - экспериментально полученный образец.

При анализе рис. 3 можно сказать, что наблюдается идентичность геометрических параметров в поперечных сечениях полученных образцов в результате математического моделирования с поперечным сечением экспериментально полученных образцов. Это в свою очередь подтверждает правильность выбора граничных условий при моделировании и так же подтверждает адекватность используемого программного обеспечения.



На рис. 4 представлены результаты математического моделирования первой стадии технологии при внедрении «врезного кольца», которые дают возможность оценить температурные и деформационные схемы распределения в поперечном сечении образца.

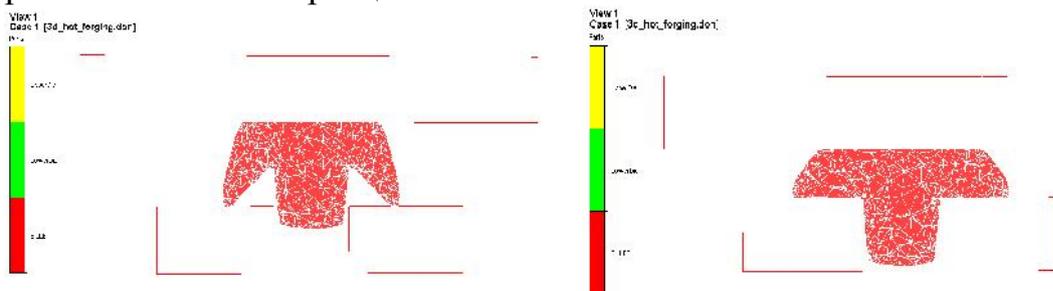


Рис. 5 - Математическое моделирование осадки полученного образца в подкладном кольце.

При моделировании второй стадии, представленной на рис. 5, граничные условия вводились только для инструмента, это: температура инструмента, коэффициент трения и условия теплообмена заготовки и инструмента. Что касается заготовки, то все ее характеристики были перенесены после первой стадии с помощью функции импорта сетки. При использовании этой функции заготовка переносится со всеми изменениями в результате первого моделирования это: перенос сетки, значение температуры, деформации, напряжений и т.д.

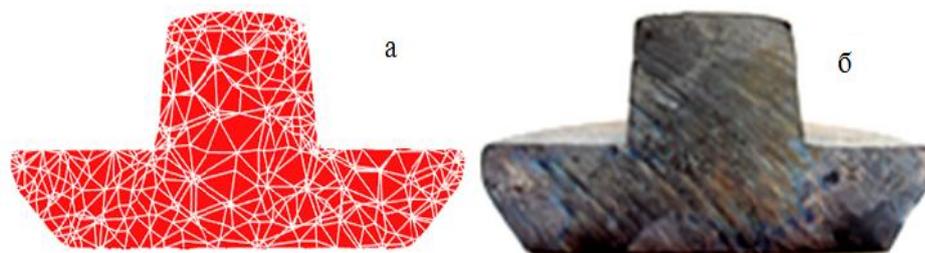


Рис. 6 - Сравнение геометрии полученных образцов после 2-й стадии
 а - вид образца полученного математическим моделированием;
 б - экспериментально полученный образец.

При анализе рис. 6 можно сказать, что при выполнении математического моделирования второй стадии предлагаемой технологии так же наблюдается сходство при сравнении поперечных сечений полученных образцов. Это в свою очередь так же подтверждает правильность выбора граничных условий при моделировании.

На рис. 7 представлены результаты математического моделирования второй стадии технологии, которая заключается в осадке полученной заготовки в подкладном кольце. Полученные данные дают так же возможность оценить распределения температуры и деформации в поперечном сечении образца.

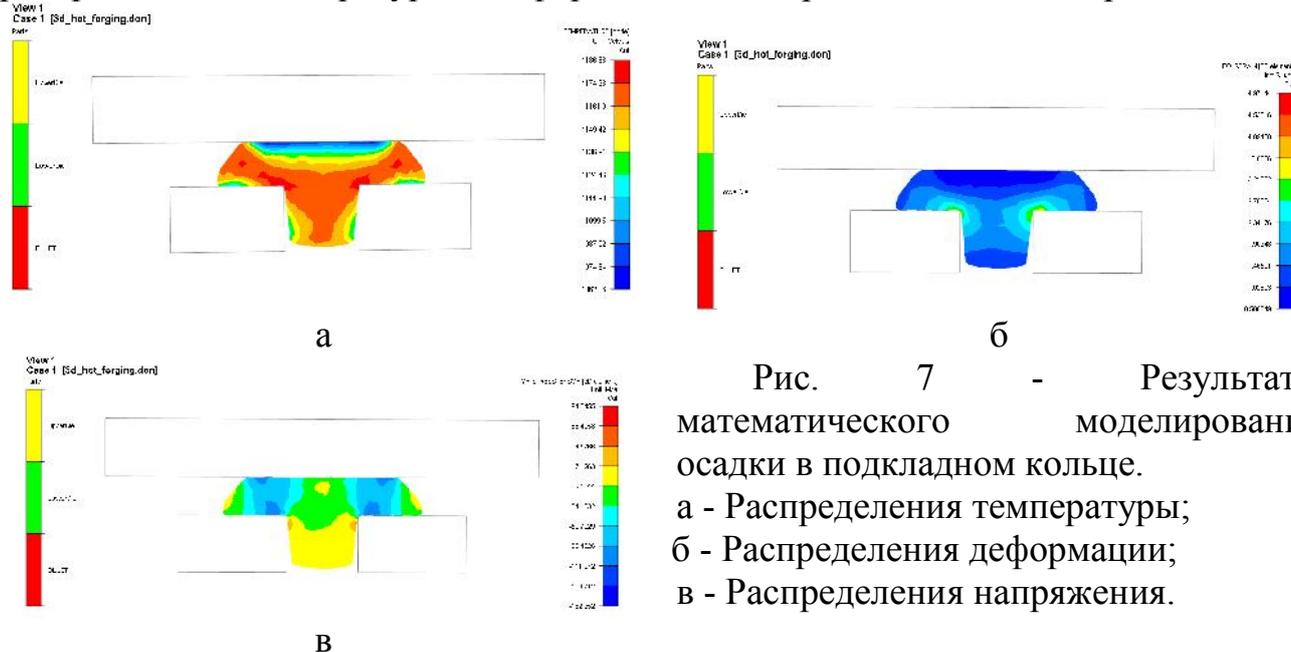


Рис. 7 - Результаты математического моделирования осадки в подкладном кольце.
 а - Распределения температуры;
 б - Распределения деформации;
 в - Распределения напряжения.

Производство дисков с уступом при использовании технологического инструмента «врезное кольцо» дает возможность получить поковку такого типа изделий с минимальным значением кузнечного напуска, в связи с этим возникла необходимость выполнить математическое моделирование для оценки этой технологии. При сравнении экспериментальных результатов получения дисков с уступами при использовании технологического инструмента «врезное кольцо» с дальнейшей осадкой в подкладном кольце, и данных, полученных путем моделирования с использованием программного обеспечения «Forge 3», показывают хорошую сходимость результатов, что подтверждает правильность выбранного программного обеспечения и ввода граничных условий.

Список литературы: 1. Ашкелянец А.В. Экспериментальное исследование формоизменения металла при внедрении врезного кольца / Ашкелянец А.В. // Обработка материалов давлением: Тематич. сб. научн. тр. №2(21) – Краматорск: ДГМА, 2009. – с. 307-311 2. Ашкелянец А.В., Чухлеб В.Л. Анализ экспериментального исследования влияния внутреннего угла конусности на высоту уступа при внедрении «врезного кольца / Ашкелянец А.В., Чухлеб В.Л. // Обработка материалов давлением: Тематич. сб. научн. тр. №2(23) – Краматорск: ДГМА, 2010. – 99-102 с. 3. Патент 90962 Україна, МПК (2009) B21K 1/28. Спосіб кування дисків з уступами / В.Л. Чухліб, А.В. Ашкелянець. - №а200814963; Заяв. 25.12.08. Опубл. 10.06.2010. Бюл. №11. – 4 с. 4. Forge 3 - a general tool for practical optimization of forging sequence of complex three-dimensional parts in industry / Chenot J. L., Fourment L., Coupez T, Ducloux R., Wey E. // Forging and Related Technology. – Birmingham, (UK). – 1998. – P. 113–122 5. Шломчак Г.Г. Проблеми сучасного наукового експерименту в обробці металів тиснення // Вісті Академії інж. Наук України. – 1995. - №3. – с. 79-89

УДК 621.762.4

ГАПОНОВА О.П., канд. техн. наук, старш. преподаватель, СумГУ, г. Сумы

РАЗРАБОТКА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО РЕЖИМА ШТАМПОВКИ ДЕТАЛИ «РОЛИК СВАРОЧНЫЙ»

Разработан термомеханический режим штамповки детали «ролик сварочный» из порошкового медно-титанового материала с массовым содержанием титана 0,5%, который включает операции холодного прессования пористой заготовки, спекания и штамповку при температуре 600°C. Применение предложенного режима позволило получить детали высокого качества с необходимыми физико-механическими свойствами.

Розроблений термомеханічний режим штампування деталі «ролик зварювальний» з порошкового мідно-титанового матеріалу з масовим вмістом титану 0,5%, який включає операції холодного пресування пористої заготовки, спікання та штампування при температурі 600°C. Застосування запропонованого режиму дозволило отримати деталі високої якості з необхідними фізико-механічними властивостями.

The thermomechanical conditions stamping of detail the «roller welding» from copper-titanium powder material with mass content of titanium 0,5% has developed, which includes the operations of the cold pressing of porous billets, sintering and stamping at temperature 600°C. Application of the introduced conditions allowed to get the detail of high quality with necessary physical-mechanical properties.

Перспективними матеріалами електротехнічного призначення являються порошкові матеріали на основі міді з масовим содержанием титана 0,5% [1]. Методи порошкової металургії дозволяють отримати в одній композиції властивості різних матеріалів. Мідна матриця забезпечує достатньо високу електро- і теплопровідність, а частини титана – отримання матеріалу з високою прочністю, твердістю, зносостійкістю і дугостійкістю. Застосування термомеханічних режимів при виготовленні виробів з порошкових матеріалів, варіювання такими параметрами як температура, ступінь і швидкість деформації дозволить отримувати вироби з заданою структурою і високими фізико-механічними властивостями.