

Р. 98-103. 4. *Chumachenko O. S.* Perspektivi ta oblast ratsionalnogo zastosuvannya rozmirnoyi obrobki dugoyu listovih detaley silskogospodarskoyi tehniki *O. S. Chumachenko* Konstruyuvannya ta ekspluatatsiya sg mashin. Vip. 9. Kirovograd: KDTU, 2001.

Надійшла (received) 29.10.2014

УДК 621.777

В. В. ПИМАНОВ, асистент, НТУУ «КПІ», Київ

ХОЛОДНОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ ПОЛОСТИ МАТРИЦЫ ДЛЯ АППАРАТОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПРОТИВОДАВЛЕНИЯ

Приведены результаты компьютерного моделирования методом конечных элементов холодного выдавливания полости в заготовке из стали Р6М5 в условиях действия дифференцированного противодействия на свободную поверхность заготовки. Установлено: необходимое максимальное противодействие, которое обеспечивает выдавливание без разрушения; конечные размеры изделий; усилия процесса; распределения напряжений на деформирующем инструменте; напряженно-деформированное состояние и степень использования ресурса пластичности металла. Спроектирована и изготовлена штамповая оснастка. Проведено экспериментальное выдавливание полости матриц из стали Р6М5 для аппаратов высокого давления. Выполнен анализ микроструктуры на характерных участках деформированной заготовки.

Ключевые слова: холодное выдавливание, полость матрицы, дифференцированное противодействие, мастер-пуансон, моделирование, метод конечных элементов, микроструктура.

Введение. Синтез сверхтвердых материалов, а также спекание поликристаллов осуществляются в аппаратах высокого давления (АВД). Рабочий инструмент АВД (матрицы и пуансоны) изготавливается из инструментальных и твердых сплавов. Для повышения стойкости инструмента АВД при их изготовлении используют холодное выдавливание (ХВ). Эффективность ХВ при изготовлении деталей из малопластичных и труднодеформированных приведена в [1]. Однако из-за низкой пластичности инструментальных сталей традиционное ХВ не обеспечивает необходимых параметров холодного вдавливания, а также имеет место незаполнение гравюры полости сложной формы. Для повышения пластичности сталей при холодном формообразовании изделий используют схемы выдавливания с увеличенным гидростатическим давлением в очаге деформации. Например с помощью приложения противодействия жидкостью под высоким давлением. Эффективность действия жидкости под высоким давлением на пластичность при механических испытаниях образцов и в процессах прямого выдавливания доказана в работах [2, 3]. Получение полостей рабочего инструмента холодным выдавливанием с противодействием позволяет увеличить глубину вдавливания за один переход и повысить стойкость мастер-пуансонов [4, 5].

Целью данной работы является определение параметров ХВ полости матрицы для АД в заготовках из стали Р6М5 в условиях действия дифференцированного противодействия на свободную поверхность заготовки.

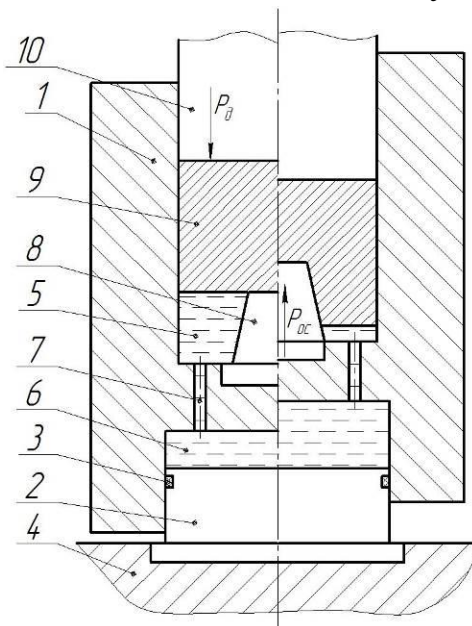


Рис. 1 – Схема выдавливания полости с противодействием

Постановка задачи. ХВ полости матрицы с дифференцированным противодействием реализовали по схеме приведенной на рис. 1. На схеме отображено исходное положение перед выдавливанием слева от оси симметрии. Контейнер 1 установлен подвижно на опоре 2 с уплотнением 3. Опора 2 крепится к нижней плите 4 штампа. Контейнер имеет две полости разного диаметра: меньшим диаметром – верхний 5 и большим диаметром – нижний 6. Полости соединены между собой отверстиями 7, через которые свободно перетекает жидкость. В канал 5 установлен и зафиксирован мастер-пуансон 8. Полости 5 и 6 заполняют рабочей жидкостью и устанавливают заготовку 9, на торец которой прикладывают усилие P_d через шток 10. Заготовка перемещается и вытесняет жидкость из полости 5 в полость 6. Когда пуансон 8 коснется заготовки 9, в жидкости возникает давление p . За счет давления и разности площадей каналов возникает осевое усилие:

$$P_{oc} = p (F_6 - F_5),$$

где F_6 – площадь дна полости 6; F_5 – площадь дна полости 5. Действие усилия P_{oc} направлено навстречу пуансону и возрастает пропорционально росту давления p . Когда P_{oc} достигает величины необходимой для деформирования заготовки 9, пуансон 8 внедряется в заготовку и формирует полость. В процессе деформирования на свободную поверхность заготовки действует противодействие жидкости p , которое зависит от величины P_d . Выталкивание

заготовки после выдавливания осуществляют вторым ходом прессы. Контейнер 1 опускают вниз, жидкость перетекает из полости 6 в полость 5 и выталкивает заготовку 9 с контейнера 1.

Используя данную схему был проведен численный эксперимент МКЭ на примере выдавливания полости матрицы в заготовке из стали Р6М5 в условиях действия противодействия на свободную поверхность заготовки. Моделирование проводили с помощью программного комплекса DEFORM. Процесс выдавливания полости матрицы в заготовке из стали Р6М5 рассматривали как осесимметричную задачу.

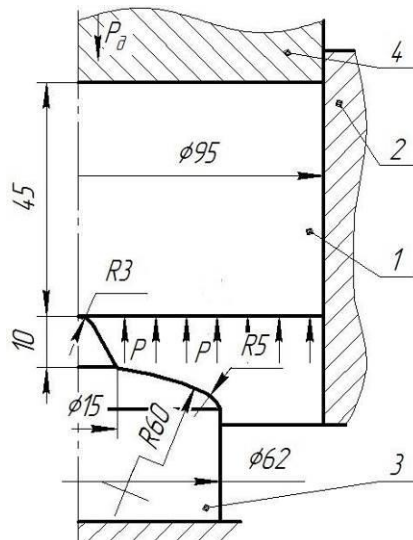


Рис. 2 – Расчетная схема процесса

На рис. 2 приведена расчетная схема процесса для моделирования МКЭ выдавливания полости в условиях действия дифференцированного противодействия p на свободную поверхность заготовки. Заготовку 1 устанавливают в контейнер 2 на мастер-пуансон 3. Усилие выдавливания P_d прикладывают с помощью штока 4. Величина противодействия в процессе выдавливания переменная и зависит от усилия P_d .

Результаты. С помощью моделирования установлено необходимое максимальное противодействие, которое обеспечивает выдавливание без разрушения, усилие процесса, распределение напряжений на деформирующем инструменте, напряженно-деформированное состояние и степень использования ресурса пластичности металла, а также конечные размеры полученного изделия.

Расчетная зависимость усилия выдавливания от перемещения пуансона показана на рис. 3. Максимальное значение усилия в конце рабочего хода составило 6,91 МН. Расхождение результатов по максимальной величине

усилия полученного МКЭ и экспериментально не превышает 5%. Изменение величины противодействия p от перемещения пуансона показано на рис 4. Максимальное значение противодействия в конце выдавливания составило 680 МПа, величина противодействия пропорционально зависит от усилия P_d .

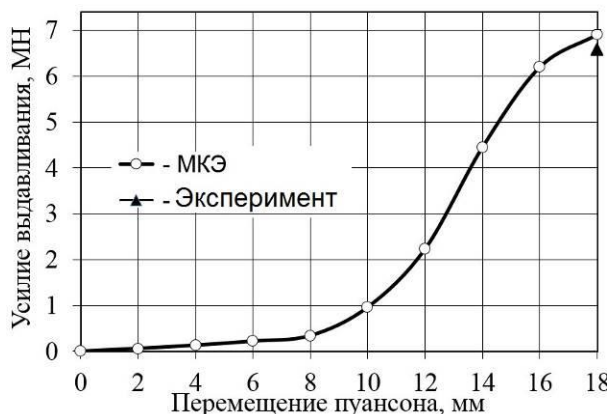


Рис. 3 – Зависимость усилия выдавливания от перемещения пуансона

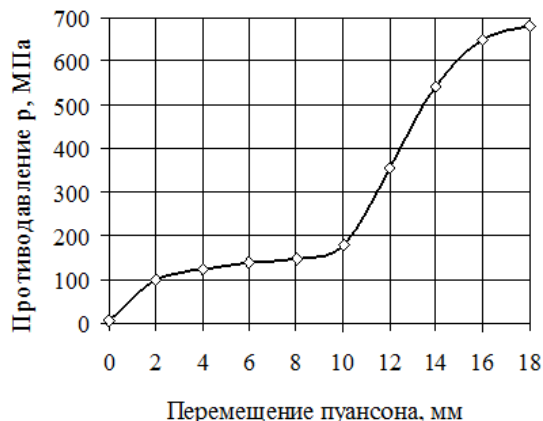


Рис. 4 – Изменение противодействия при перемещении пуансона

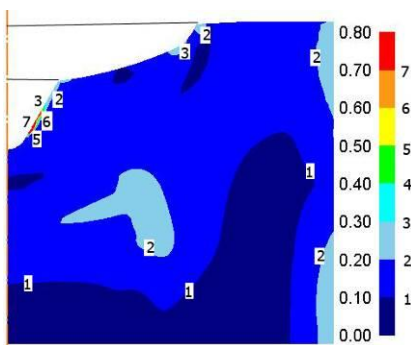


Рис. 5 – Распределение использованного ресурса пластичности ψ

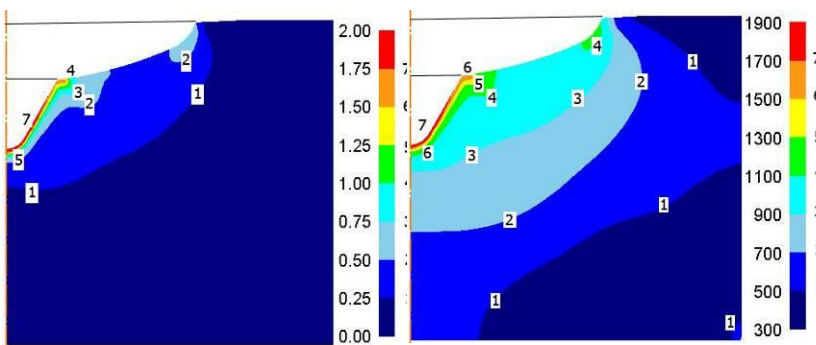


Рис. 6 – Распределение интенсивности: а – деформаций ε_i и б – напряжений σ_i

Распределение использованного ресурса пластичности ψ металла после деформации по объему заготовки показано на рис. 5, максимальное значение составило $\psi = 0,8$. На рис. 6 показано распределение интенсивности деформаций ε_i и интенсивности напряжений σ_i в объеме деформированной заготовки с учетом приложения противодействия. Оценку проработки структуры металла холодной пластической деформацией можно оценить по распределению интенсивности деформации ε_i (рис. 6, а). Интенсивная проработка распространяется на треть заготовки по высоте. Тем самым создается улучшенная макроструктура в заготовке, что приводит к повышению стойкости полостей при эксплуатации. Распределение интенсивности напряжений σ_i (рис. 6, б) определяет очаг деформации, который распространяется на всю высоту по оси заготовки.

Распределение радиальных напряжений σ_r по высоте поверхности

заготовки, которая контактирует с контейнером, показано на рис. 7. Максимальное значение радиальных напряжений по абсолютной величине на стенке матрицы составило 1550 МПа. На рис. 8 приведено распределение нормальных напряжений σ_n на поверхности мастер-пуансона. Из характера распределения и геометрии пуансона (см. рис. 2) видно, что на большинстве поверхности пуансона действуют напряжения $\sigma_n = -2700$ МПа. Распределение осевых напряжений σ_z на штоке показано на рис. 9, где максимальное значение по абсолютной величине на оси составило 1900 МПа. Распределение напряжений на рабочей поверхности инструмента позволяет выбрать материал для пуансонов и количество бандажей матрицы.

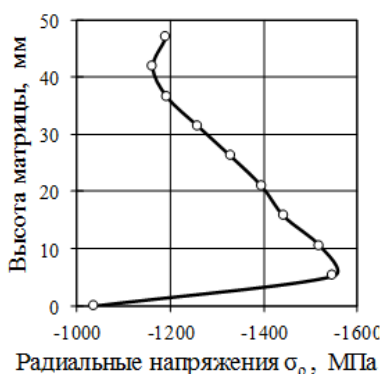


Рис. 7 – Распределение σ_r на контейнере

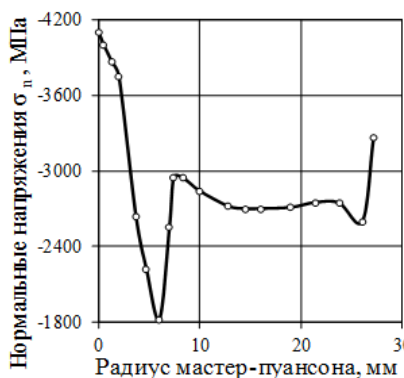


Рис. 8 – Распределение σ_n на мастер-пуансоне

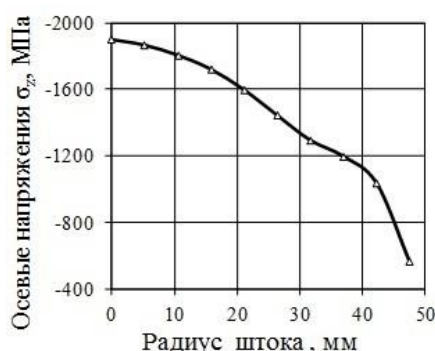


Рис. 9 – Распределение σ_z на штоке

Экспериментальное исследование по выдавливанию полостей матриц в условиях действия противодействия проводилось на гидравлическом прессе ПО443 усилием 20 МН. Производственный штамп и мастер-пуансон показаны на рис. 10.



а



б



Рис. 11 – Заготовки полостей матриц для АДВ из стали Р6М5

Рис. 10 – Технологическая оснастка для выдавливания:
а – производственный штамп и б – мастер-пуансон

Заготовки полостей матриц для АДВ из стали Р6М5, полученные ХВ с дифференцированным противодействием, приведены рис 11.

После выдавливания был проведён анализ микроструктуры деформированной заготовки. На рис. 12 приведено микроструктуру на характерных участках заготовки. По микроструктуре видно, что проработка структуры проходит в поверхностных деформированных слоях.

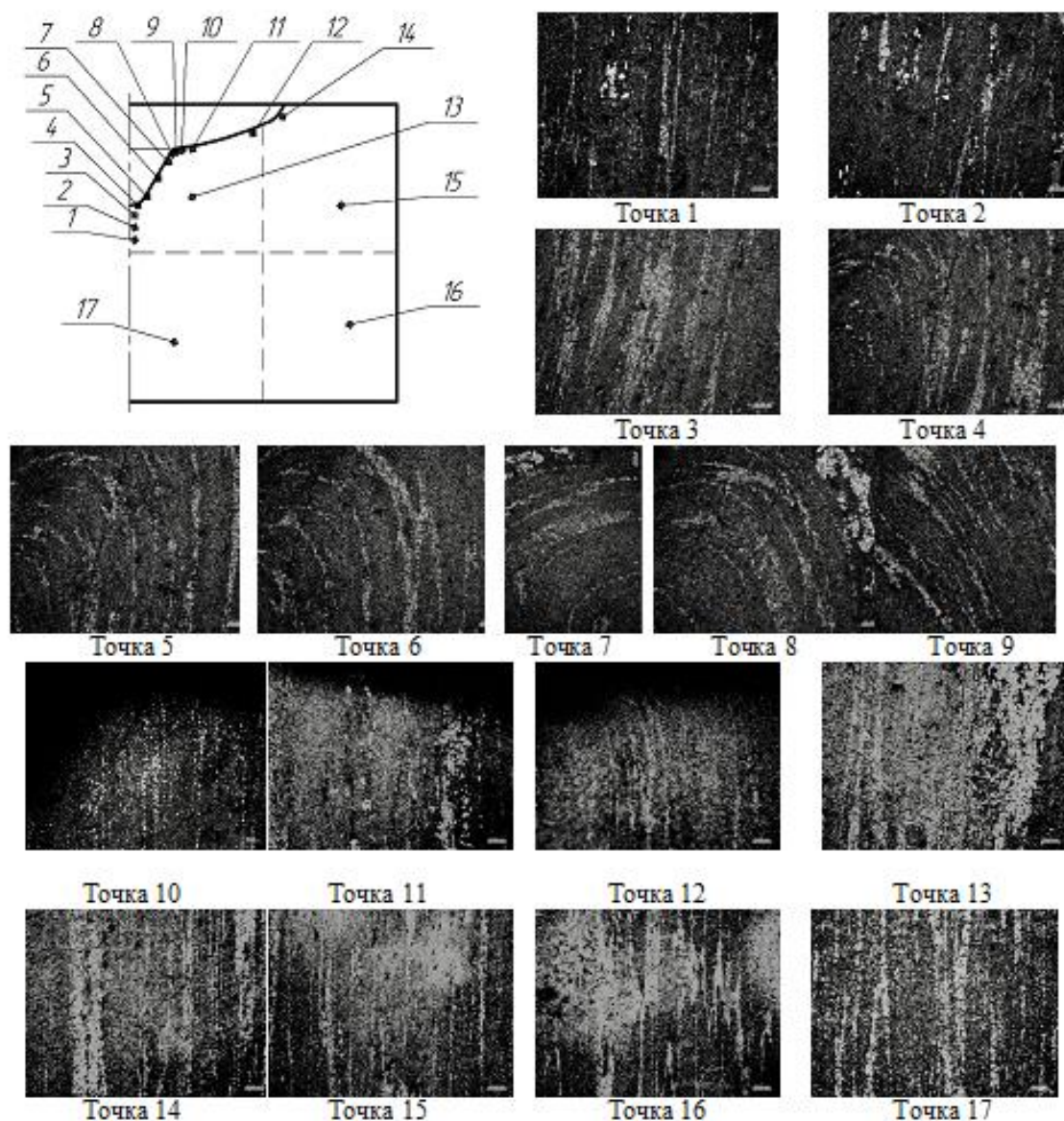


Рис. 12 – Микроструктура на характерных участках заготовки

Характер распределения и область проработки соответствует полученным результатам интенсивности деформации МКЭ.

Выводы: 1. Компьютерным моделированием методом конечных элементов проведены численные эксперименты выдавливания полости матрицы для АД в заготовке из стали Р6М5 в условиях действия дифференцированного противодействия на свободную поверхность заготовки. Установлено необходимое максимальное противодействие, которое обеспечивает выдавливание без разрушения, усилие процесса, распределение

напряжений на деформирующем инструменте, напряжённо-деформированное состояние и степень использования ресурса пластичности металла, а также конечные размеры полученных изделий.

2. На основе полученных данных была спроектирована и изготовлена штамповая оснастка, на которой проведено экспериментальное выдавливание полости матрицы для АВД в заготовке из стали Р6М5. После выдавливания был выполнен анализ микроструктуры деформированной заготовки. Характер распределения и область проработки соответствует полученным результатам МКЭ распределения интенсивности деформации.

Список литературы: 1. *Хыбемяги А.И.* Выдавливание точных заготовок деталей штампов и прессформ / А.И. Хыбемяги., П.С. Лернер; – М.: Машиностроение, 1986. – 150 с. 2. *Пью Х.Л.* Механические свойства материалов под высоким давлением / Под ред. Пью Х.Л. Том 1. – М.: Изд-во «Мир», 1973. – 296 с. 3. *Уральский В. И.* Деформации металлов жидкостью высокого давления / В.И. Уральский, В.С. Плахотин, Н.И. Шефтель и др. – М.: Metallurgija, 1976. – 423 с. 4. *Калюжный В.Л.* Холодное выдавливание ступенчатых полостей прессформ из стали 12ХН3А в условиях действия дифференцированного противодавления на заготовку / В.Л. Калюжный, В.В. Пиманов //Вестник НТУ «ХПИ», Харьков. – 46'2011. С. – 34–41. 5. *Калюжный В.Л.* Холодное выдавливание с дифференцированным противодавлением полостей штампов / В.Л. Калюжный, В.В. Пиманов //Материалы международной научно-технической конференции «Современные технологии обработки материалов давлением: моделирование, проектирование, производство», посвященной 70-летию кафедры «Машины и технологии обработки металлов давлением» им. И.А. Норицына. Москва 2013 г., стр. 29–34.

Bibliography (transliterated): 1. Hybemjagi A.I. Vydalivanie tochnyh zagotovok detalej shtampov i pressform A.I. Hybemjagi., P.S. Lerner; – Moscow: Mashinostroenie, 1986. – 150 p. 2. P'ju H.L. Mehanicheskie svojstva materialov pod vysokim davleniem Pod red. P'ju H.L. Tom 1. – Moscow: Izd-vo «Mir», 1973. – 296 p. 3. Ural's'kij V. I. Deformacii metallov zhidkost'ju vysokogo davlenija V.I. Ural's'kij, V.C. Plahotin, N.I. Sheftel' i dr. – Moscow: Metallurgija, 1976. – 423 p. 4. Kaljuzhnyj V.L. Holodnoe vydavlivanie stupenchatyh polostej pressform iz stali 12HN3A v uslovijah dejstvija differencirovannogo protivodavlenija na zagotovku V.L. Kaljuzhnyj, V.V. Pimanov Vestnik NTU «HPI», Kharkov. – 46'2011. P. 34–41. 5. Kaljuzhnyj V.L. Holodnoe vydavlivanie s differencirovannym protivodavleniem polostej shtampov V.L. Kaljuzhnyj, V.V. Pimanov Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Sovremennye tehnologii obrabotki materialov davleniem: modelirovanie, proektirovanie, proizvodstvo», posvjashhennoj 70-letiju kafedry «Mashiny i tehnologii obrabotki metallov davleniem» im. I.A. Noricyna. Moskva 2013g., p. 29–34.

Поступила (recieved) 30.10.2014

УДК 621.7.044.2

С. И. ПЛАНКОВСКИЙ, докт. техн. наук, проф., НАКУ «ХАИ»;
А. А. ПАВЛЕНКО, ст. преподаватель, НАКУ «ХАИ», Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ИМПУЛЬСНОГО БРИКЕТИРОВАНИЯ (МИБ) В ПРОЦЕССЕ ЕЁ ПРОГРЕВА

Разработана модель прогрева камеры сгорания машины импульсного брикетирования. Определены значения теплового потока, действующего на стенки камеры сгорания при сгорании топливной смеси. Получены зависимости изменения температуры внутренней поверхности камеры от времени

© С. И. Планковский, А. А. Павленко, 2014