

УДК 621.777.4

**В. И. КУЗЬМЕНКО**, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;  
**А. Ю. ЗАЛЬВОВСКИЙ**, студент, НТУ «ХПІ»;  
**АХМЕД ТАКИ**, студент, НТУ «ХПІ»

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ХОЛОДНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ СТУПЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Работа посвящена исследованию процессов штамповки ступенчатых валов редуцированием и высадкой с учетом возможной потери устойчивости высаживаемой заготовки, а также валов с эксцентриками путем использования прогрессивных методов обработки металлов давлением. Предложены и рассмотрены возможные варианты техпроцессов холодного выдавливания и высадки со сдвигом (изгибом) для получения заготовки эксцентрикового вала тормозной системы автотракторной техники. Описаны результаты исследований, полученные с помощью метода конечных элементов (МКЭ).

**Ключевые слова:** ступенчатый вал, эксцентриковый вал, высадка, макроструктура, метод конечных элементов (МКЭ).

**Введение.** Детали типа ступенчатый вал (рис. 1, а), коленчатый вал и кривошипный вал с эксцентриком (рис. 1, б, в) широко представлены в промышленности. Они используются во многих силовых устройствах, в том числе двигателях внутреннего сгорания, дизелях, различных транспортёрах, в тормозных системах, насосах, поршневых механизмах и других узлах и агрегатах.



Рис. 1 – Детали типа: а – ступенчатый и б, в – эксцентриковый валы

В современном отечественном производстве их изготавливают на машиностроительных предприятиях точением из заготовок, полученных разными методами: клиновой прокаткой, горячей объёмной штамповкой с облоем и без него, холодной объёмной штамповкой, а также литьём. Для изготовления заготовок ступенчатых валов используют современную

технологію холодного видавливання (ХВ) [1], що дозволяє по формі і розмірам максимально приблизити їх к готовой детали при забезпеченні високого якості.

**Постановка задачі.** Данная работа предусматривает использование RR метода штамповки [2, 3] в холодном состоянии, как наиболее приемлемого и рационального для изготовления заготовок эксцентриковых валов. Этот метод предусматривает сочетание операций высадки, сдвига (изгиба), и редуцирования концевой части вала. Однако он ещё недостаточно изучен, отсутствуют рекомендации по проектированию техпроцессов и конструированию штампов с учётом нагрузок на инструмент. Нами была разработана методика исследования, основанная на использовании МКЭ.

**Результаты исследований.** Проведены поисковые эксперименты по определению возможных вариантов использования данного метода для получения эксцентрикового вала тормозной системы, автотракторной техники. На рассмотрение вынесены пять вариантов применения высадки и высадки со сдвигом для изготовления заготовки эксцентрикового вала. Они представлены на рис. 1–5, где: 1 – пуансон для высадки; 2 – контейнер; 3 – исходная заготовка; 4 – матрица для высадки эксцентрика; 5 – матрица для фиксации (формообразования редуцированием) нижней части вала.

*Вариант 1*, рис. 2. Предложен для высадки эксцентрика на концевой части вала (рис. 1, б). Диаметр заготовки равен диаметру нижней части вала и фиксируется в матрице 5, над которой размещена матрица для высадки эксцентрика 4. Эта матрица предварительно смещена на величину эксцентриситета. При этом верхний конец вала зафиксирован в контейнере 2, что позволяет увеличить относительную длину высаживаемой части в сравнении со свободной высадкой (по аналогии с рис. 3).

*Вариант 2*, рис. 3. Представлена схема поэтапного формирования свободной высадкой (пуансон 1, высаживаемая часть 3) эксцентрика в средней части вала. Матрица 4 смещается на величину эксцентриситета на протяжении всего хода высадки.

*Вариант 3*, рис. 4. Схема аналогічна представленій по варіанту 2, но с фіксацією верхнього кінця заготовки в контейнері 2, що дозволить збільшити відносну довжину висаджуваної частини заготовки 3.

*Вариант 4*. В цьому випадку висадка ексцентрика в матриці 4 здійснюється з попереднім видавлюванням пуансоном 1 заготовки 3 з контейнера 2. Всі частини штампа виставлені соосно, зміщення ползушки з матрицею для висадки 4 на величину ексцентриситету здійснюється на протязі всього робочого ходу.

*Вариант 5*. Початкова стадія процесу аналогічна варіанту 4, а зміщення ползушки з матрицею для висадки 4 на величину ексцентриситету здійснюється на заключній стадії робочого ходу.

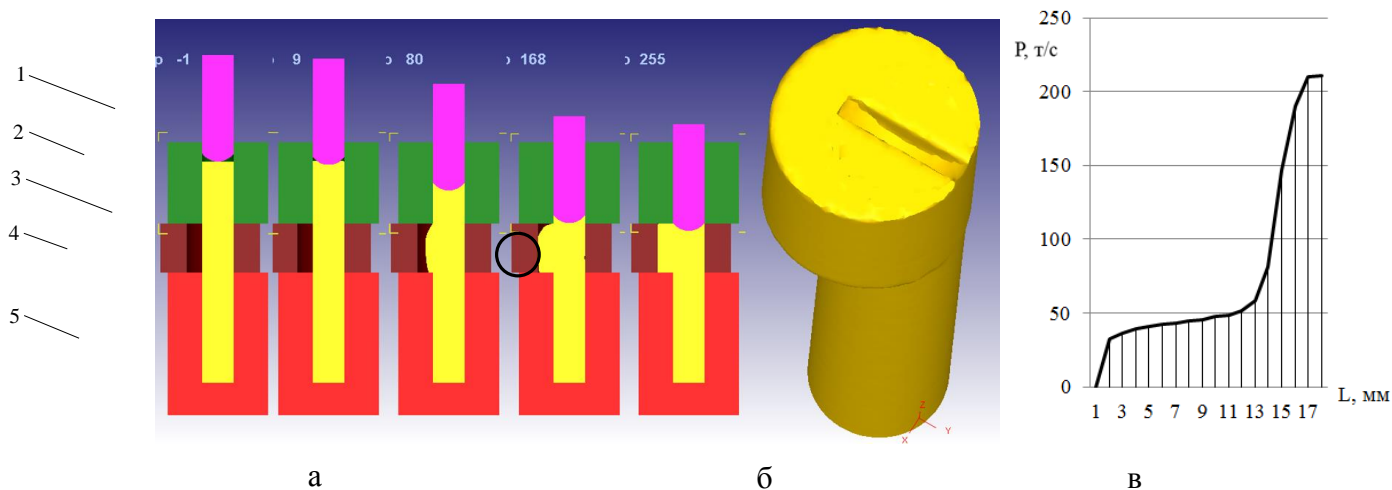


Рис. 2 – Висадка ексцентрика на кінці вала передбачує пряме видавлювання з контейнера з наступною висадкою в попередньо зміщену матрицю:  
а – послідовність формозмінення, б – готова деталь, в – графік зусилля

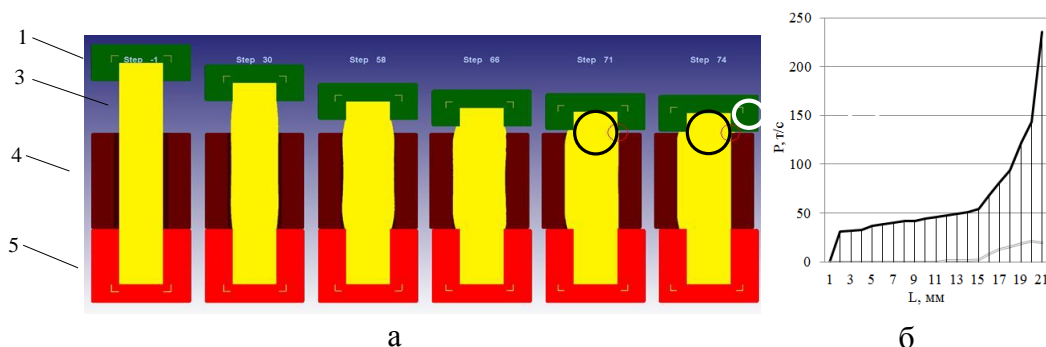


Рис. 3 – Висадка в матрицю зі зміщенням в поперечному напрямку на величину ексцентриситету з зачепленим в пуансоні верхнім кінцем вала:  
а – послідовність формозмінення, б – графік зусилля

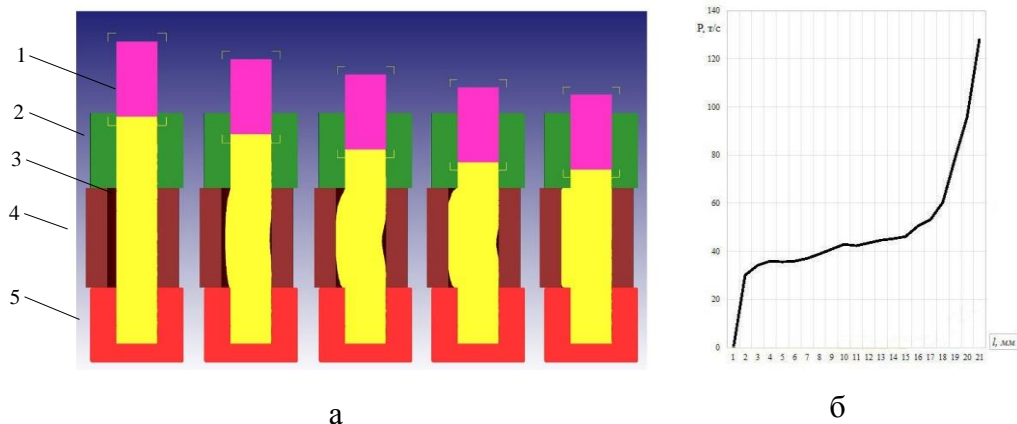


Рис. 4 – Высадка с выдавливанием из неподвижного контейнера со смещённой на величину эксцентриситета матрицей: а – последовательность формоизменения, б – график усилия

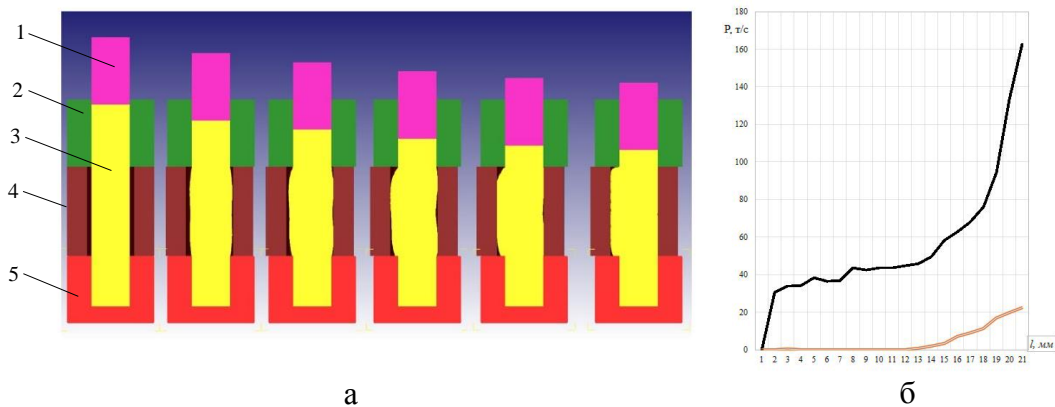


Рис. 5 – Высадка с выдавливанием из неподвижного контейнера со сдвигом на протяжении всего рабочего хода высадочного пуансона: а – последовательность формоизменения, б – график усилия

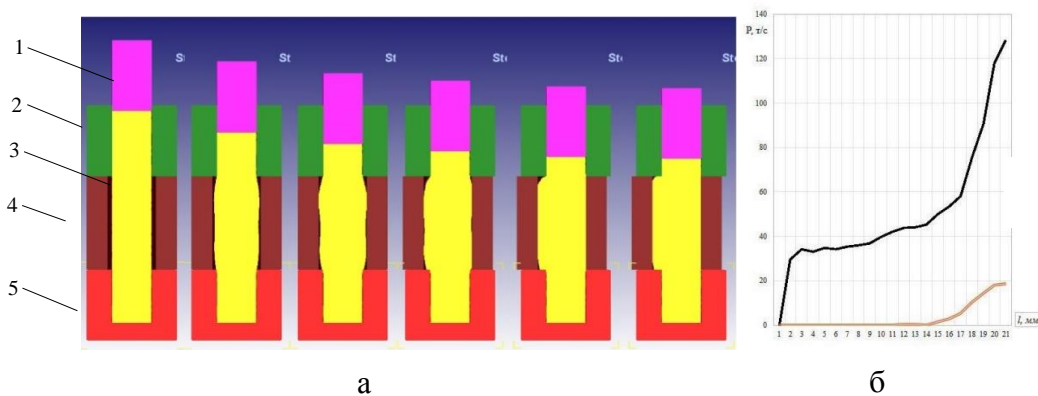


Рис. 6 – Высадка с выдавливанием из неподвижного контейнера со сдвигом на протяжении заключительной части хода высадочного пуансона: а – последовательность формоизменения, б – график усилия.

Усилие снижается, качество повышается.

**Выводы.** В случае превышения допустимой величины высаживаемой части заготовки возможно образование дефекта в виде зажима на образующей эксцентрика (выделено на рис. 2). Наблюдается затягивание заусенца в верхней части эксцентрика (рис 3). Возникает зажим на задней боковой поверхности эксцентрика (рис. 4). Имеет место значительный рост усилия деформирования, при хорошем качестве изделия (рис. 5). Наиболее приемлемый вариант (рис. 6), который требует проведения дополнительных исследований с использованием планирования эксперимента (для определения относительной длины высаживаемой части заготовки и величины хода смещения)

**Список литературы:** 1. Зальвовский А. Ю., Кузьменко В. И. Анализ технологических процессов штамповки ступенчатых, коленчатых и эксцентриковых валов высадкой со сдвигом // Х: Вісник національного технічного університету «ХПІ» – 2014 – №44 (1087) – С. 56–62. 2. Сучков А.Е. Экономия металла в машиностроении при обработке давлением/ А.Е. Сучков. – Минск: Наука и техника, 1971. – 128 с. 3. Ruget G. Z. Evolution du procédé RR de fibrage integral decvilebré-quins Atti. 4° Conv. int. fucinal, Terni, 1970, 503–520, 563–583é. 4. Паршин В.С., Карамышев А.П., Некрасов И.И., Пугин А.И., Федюлов А.А. Практическое руководство к программному комплексу DEFORM-3D: учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2010. – 266 с.

**Bidliography (transliterated):** 1. Zalvovskiy A.Y., Kuzmenko V.I. Analiz tehnologicheskikh protsessov shtampovki stupenchatyih, kolenchatyih i ekstsentrikovyih valov vyisadkoy so zdvigom // Kharkiv: Visnik natsionalnogo tehlnchnogo unIversitetu «KHPI» – 2014 – N44 (1087) – P 56–62. 2. Suchkov A.E. Ekonomiya metalla v mashinostroenii pri obrabotke davleniem/ A.E. Suchkov. – Minsk: Nauka i tehnik, 1971. – 128 p. 3. Ruget G. Z. Evolution du procédé RR de fibrage integral decvilebré-quins Atti. 5° Conv. int. fucinal, Terni, 1970, 503–520, 563–583é. 4. Parshin B.C., Karamyishev A.P., Nekrasov I.I., Pugin A.I., Fedulov A.A. Prakticheskoe rukovodstvo k programmnomu kompleksu DEFORM-3D: uchebnoe posobie. Ekaterinburg: UrFU, 2010. – 266 p.

*Поступила (received) 20.10.2015*

УДК 621.923

**Р. М. МИНЧЕВ**, инженер, ООО «ЭНЕРГОРЕЛЕ», Мариуполь;  
**С. А. ДИТИНЕНКО**, канд. техн. наук, ХНЭУ, Харьков

## **АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ**

Разработана расчетная схема определения шероховатости поверхности при шлифовании на основе равномерного и вероятностного характера участия зерен круга в резании, что позволило обосновать условия уменьшения шероховатости и выбрать оптимальную зернистость круга для заданной шероховатости поверхности. Показано, что в первом приближении при расчете оптимальной зернистости круга можно ограничиться рассмотрением равномерного характера участия зерен круга в резании, учитывая вероятность участия зерен круга в резании за счет 2-кратной поправки на установленное значение зернистости круга.

**Ключевые слова:** шлифование, шлифовальный круг, абразивные зерна, режимы шлифования, шероховатость поверхности, зернистость круга, теоретико-вероятностный подход.

© Р. М. Минчев, С. А. Дитиненко, 2015