

УДК 621.777.4

О. Ю. ЗАЛЬВОВСКИЙ, студент, НТУ «ХПИ»;

В. И. КУЗЬМЕНКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВКИ СТУПЕНЧАТЫХ, КОЛЕНЧАТЫХ И ЭКСЦЕНТРИКОВЫХ ВАЛОВ ВЫСАДКОЙ СО СДВИГОМ

Работа посвящена анализу процессов штамповки: ступенчатых валов с учетом потери устойчивости высаживаемой заготовки, заготовок коленчатых валов штамповкой в открытых штампах, а также путем использования прогрессивных методов обработки металлов давлением. Разработана методика экспериментального анализа и конструкция штампа для исследования процесса. Намечены пути получения заготовки эксцентрикового вала тормозной системы автотракторной техники с использованием операций высадки со сдвигом (изгибом).

Ключевые слова: ступенчатый вал, коленчатый вал, эксцентриковый вал, горячая объемная штамповка, холодная объемная штамповка, качество штамповок, метод конечных элементов, макроструктура.

Введение. Работа посвящена анализу процессов изготовления ступенчатых и эксцентриковых валов из стали и сплавов цветных металлов, широко

Анализ литературы. 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 и других узлах и агрегатах. Их изготавливают на машиностроительных предприятиях точением из заготовок, полученных разными методами: прокаткой, горячей объёмной штамповкой с облоем и без него, холодной объёмной штамповкой, а так же литьём [1, 2].



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

Очень малые коленчатые валы (например, для компрессоров домашних холодильников) изготавливают непосредственно из прутка, т. е. резанием (рис. 2,

а) без предварительной обработки давлением или с высадкой утолщения (рис. 2, б). Точение из прутка нерационально (рис. 2, а), т.к. приводит к необоснованно высокому расходу металла, значительному увеличению трудоёмкости механической обработки и снижению качества валов из-за перерезания волокон металла. К примеру, эксцентриковый вал – деталь работающая в условиях значительного контактного трения, высоких силовых нагрузок имея цельную волокнистую структуру без надрезов (рис. 2, в), позволит значительно увеличить срок ее эксплуатации.

Весьма перспективно изготовление коленчатых валов литьём из модифицированного чугуна марки ВЧ 50-1,5, так называемого высокопрочного чугуна [2].

Горячая штамповка чаще всего используется для получения заготовок крупных деталей и, прежде всего коленчатых валов, которые являются тяжело нагруженными и во время работы испытывают переменные динамические нагрузки, поэтому они должны быть достаточно жесткими, чтобы под действием рабочих нагрузок обеспечивать необходимую точность движения перемещающихся частей, обладать высоким сопротивлением усталости. Трущиеся поверхности коленчатого вала должны иметь высокую износостойкость. Коленчатые валы отличает ряд конструктивных особенностей, обуславливающих специфику их обработки:

- цилиндрические поверхности не имеют общей оси: коренные шейки расположены на одной оси, а шатунные – на других осях;
- наличие сравнительно больших плоских поверхностей, не являющихся поверхностями вращения;
- наличие различного числа колен, расположенных под определенными углами.

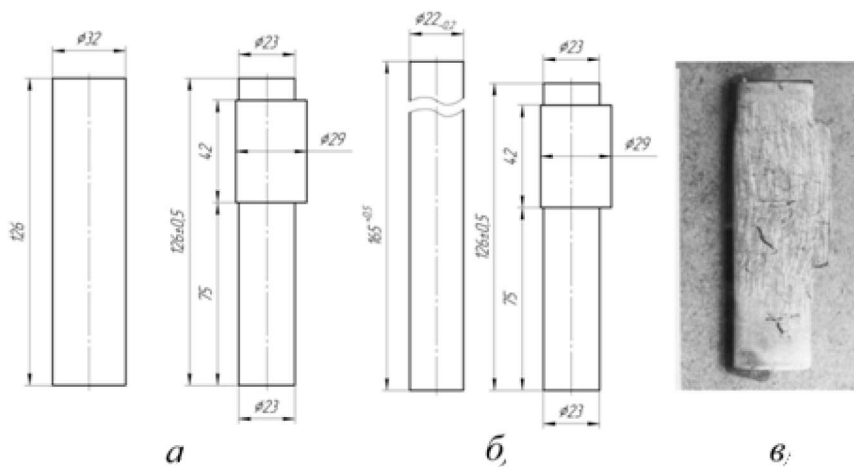
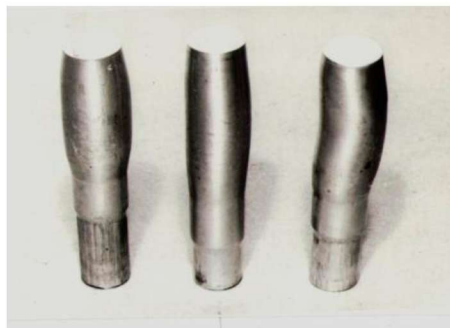


Рис. 2 – Эксцентриковые валы, полученные: а – точением из прутка, б – высадкой утолщения, в – с направленным волокнистым строением

Материал и способы получения заготовок. Коленчатые валы изготавливают из высококачественной углеродистой стали марок 40 и 45 или легированной стали марки 40Х. Марку стали выбирают так, чтобы обеспечивались высокая пластичность и возможность закалки трущихся поверхностей. Для получения заготовок коленчатых валов чаще всего используют обработку металлов давлением, получая поковки. Форма и размеры поковок значительно отличаются от формы и размеров готовых коленчатых валов. Поковки выполняют на паровоздушных штамповочных молотах, кривошипных горячештамповочных прессах и мощных гидравлических прессах. В серийном и крупносерийном производствах заготовки валов второй технологической группы получают горячей штамповкой. Штамповка заготовок включает в себя предварительную и окончательную штамповку, обрезку облоя на обрезном прессе, горячую правку в штампах на молотах. Затем поковки коленчатых валов подвергают термической обработке (нормализации) для снятия внутренних напряжений. Режим нормализации: загрузка в печь при 450°С; нагрев в течение 8 ч до 950 С; выдержка в печи в течение 3 ч при температуре 950°С; охлаждение с печью в течение 3 ч до 640 С; охлаждение на воздухе. После чего очищают их от окалины в дробеструйной камере и делают проверку на ударную вязкость, предел текучести, относительное удлинение и твердость. Затем приступают к механической обработке, включающей два этапа: – предварительный и окончательный [1, 2].

Цель работы. Получение исходных данных для изготовления заготовок ступенчатых валов с использованием современной технологии холодного выдавливания (ХВ). Это позволит по форме и размерам максимально приблизить их к готовой детали при обеспечении высокого качества. Основными операциями ХВ при этом являются прямое выдавливание, редуцирование (в том числе в жестких матрицах) и высадка, которые имеют значительные ограничения по степени деформации при выдавливании и редуцировании и устойчивости заготовки при высадке.



а б в

Рис. 3 – Образцы ступенчатых валов, полученных: а – редуцированием и б – высадкой, в – потеря устойчивости при высадке

Основным преимуществом *холодного редуцирования ступенчатых валов* является высокая производительность, почти полностью устраняется последующая механическая обработка, значительно сокращаются технологические отходы, поверхность изделия получается гладкой и чистой. За счет упрочнения поверхностного слоя детали увеличивается ее твердость, происходит переориентация волокон в продольном направлении, что оказывает благоприятное влияние на предел прочности стали.

Материал исследования. Известен прогрессивный метод получения заготовок коленчатых и эксцентриковых валов в том числе больших размеров сочетанием операций гибки и высадки, который используется для получения коленчатых валов с массой до 20 т и известен как метод RR (Рудольфа Редера [5]).

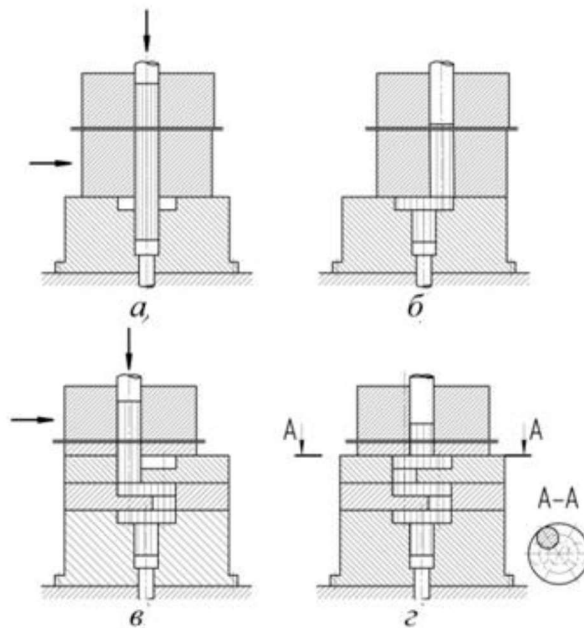


Рис. 4 – Схема переходов штамповки: а – исходная позиция; б – высадка со сдвигом первой щеки; в – высадка второй щеки и первой шатунной шейки со сдвигом; г – высадка третьей щеки и второй шатунной шейки со сдвигом

Реализация этого метода на современном штамповочном оборудовании с использованием прогрессивной штамповой оснастки относится к точной штамповке. Он позволяет получить:

- оптимальную макроструктуру, повторяющую конфигурацию вала и исключаящую перерезание волокон при последующей механической обработке [4];

- значительную экономию металла до 30% в сравнении с традиционными способами получения заготовок коленчатых и кривошипных валов (штамповкой в открытых и закрытых штампах);

– повышение усталостной прочности на 15–20% [6]. Сущность метода гибки с высадкой заключается в формировании кривошипов путём их высадки с одновременной гибкой высаживаемой части.

Также известен способ изготовления деталей типа коленчатых валов путем последовательной штамповки каждого колена высадкой со сдвигом (рис. 4), отличающийся тем, что, с целью повышения качества получаемых деталей, колена вала штампуют выдавливанием металла заготовки в закрытую полость, одновременно сдвигая заготовку в направлении, перпендикулярном направлению выдавливания. Для повышения качества получаемых деталей предлагаемым способом колена вала штампуют выдавливанием металла заготовки в закрытую полость, одновременно сдвигая заготовку в направлении, перпендикулярном направлению выдавливания. [7]

Результаты работы. Данная работа предусматривает использование RR метода штамповки в холодном состоянии, как наиболее приемлемого и рационального для изготовления заготовок эксцентриковых валов. Разработана технология реализации этого метода, предложена методика исследования и конструкция экспериментального штампа (рис. 5).

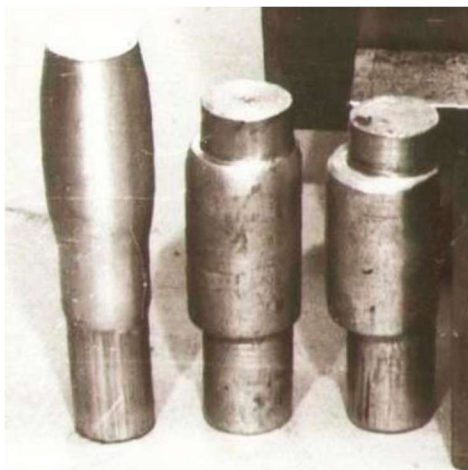


Рис. 5 – Вариант холодной штамповки со сдвигом

Использование штампа (рис. 6) позволит определить силовые параметры процесса: усилие высадки, усилие высадки со сдвигом; распорное усилие при сдвиге. Это позволит спроектировать штамп рациональной конструкции. Подготовлены исходные данные для проведения численных экспериментов с использованием метода конечных элементов.

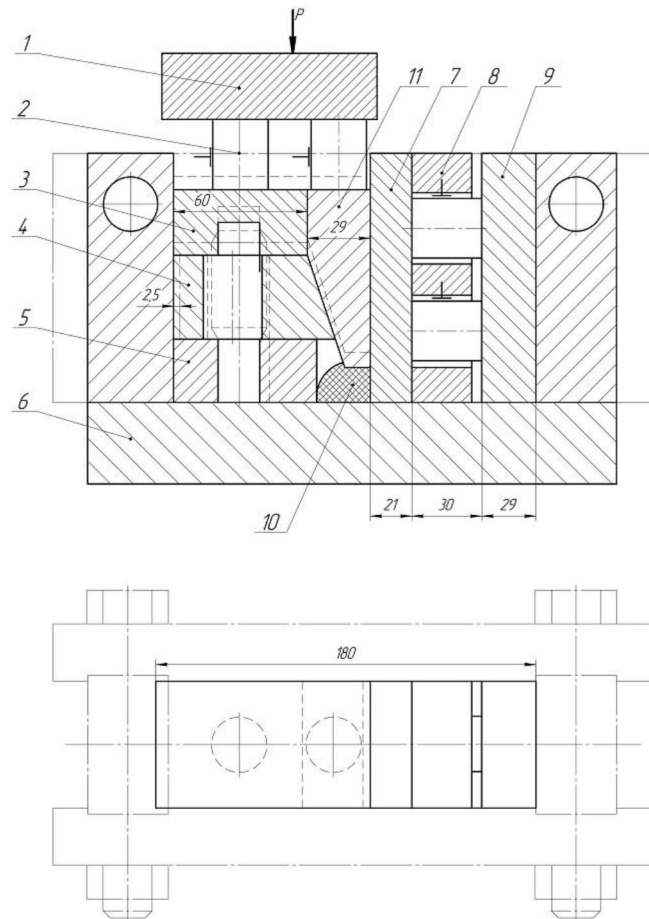


Рис. 6 – Чертеж экспериментального пакета для холодного выдавливания со сдвигом:
 1 – плита верхняя; 2 – толкатель; 3 – матрица верхняя; 4 – матрица подвижная; 5 – матрица нижняя; 6 – плита нижняя; 7 – плита опорная передняя; 8 – сепаратор для установки месдоза; 9 – плита опорная задняя; 10 – клин

Выводы. Авторами проведены анализ и методика исследования процесса с использованием системы конечно-элементного моделирования DEFORM 3D, которая позволит определить его энергетические и силовые параметры, а также выявить величину и характер распределения нагрузок на участках контакта инструмента и заготовки. Использование DEFORM 3D значительно упростит разработку оптимального технологического процесса и конструкции штамповой оснастки. Разработана методика экспериментального анализа и конструкция штампа для исследования процесса.

Список литературы: 1. Б.Л. Беспалов Технология машиностроения. М.: Машиностроение, 1973. – 447 с. 2. Бойков П.И. Прогрессивные методы в машиностроении. Минск: Наука и техника, 1978. – 352 с. 3. Сучков А.Е. Экономия металла в машиностроении при обработке давлением/ А.Е.Сучков. – Минск: Наука и техника, 1971. – 128 с. 4. Штамповка поковок с направленным волокнистым строением / О.А. Банных, В.Ю. Лавриненко, Е.И. Семенов и др. // Вестник машиностроения. 2000. – No 10. – 200 с. 5. Ruget G. Z evolution du procédé RR de fibrage integral dec vilebré-quins Atti. 5° Conv. int. fucinal, Terni, 1970, 503-520, 563-583. 6. Die forget crankshaft production method applied to large products. Zosen, 1970, 15, 7, 36-37. 7. Описание изобретения No 583866 «Способ изготовления деталей типа коленчатых валов» А. Э. Даммер, Г. П. Гусихин, В. Г. Кононов, 1978.

Bibliography (transliterated): 1. *B.L. Bepalov* Tekhnologiya mashinostroyeniya. Moscow: Mashinostroyeniye 1973 god 447s. 2. *Boykov P.I.* Progressivnyye metody v mashinostroyenii. Minsk : Nauka i tekhnika 1978. 352 s. 3. *Suchkov A.E.* Ekonomiya metalla v mashinostroyenii pri obrabotke davleniyem A.E. Suchkov. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1971. – 128 p. 4. Shtampovka pokovok s napravlennym voloknistym stroyeniyem O.A. Bannykh, V.Yu. Lavrinenko, Ye.I. Semenov i dr. Vestnik mashinost-roeyeniya. 2000. No 10. 200 s. 5. *Ruget G.* Z'evolntion du procédé RR de fibrage integral dec vilebré-quins Atti. 5^e Conv. int. fucinal, Terni, 1970, 503-520, 563-583. 6. Die forget crankshaft production method applied to large products. Zosen, 1970, 15, 7, 36–37 p. 7. Opisanije izobreteniya No 583866 «Sposob izgotovleniya detaley tipa kolenchatykh valov» A. E. Dammer, G. P. Gusikhin, V. G. Kononov, 1978.

Поступила (received) 24.10.2014

УДК 621.983

В. Л. КАЛЮЖНИЙ, докт. тех. наук, проф., НТУУ «КПІ»;
І. П. КУЛІКОВ, магістрант, НТУУ «КПІ»;
Я. С. ОЛЕКСАНДРЕНКО, інженер, НТУУ «КПІ», Кшів

ФОРМА ТА РОЗМІРИ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ЗДЕФОРМОВАНИХ ЗАГОТОВОК ПРИ ХОЛОДНІЙ ВІДКРИТІЙ РОЗДАЧІ ТРУБЧАСТИХ ЗАГОТОВОК З РІЗНОЮ ВІДНОСНОЮ ТОВЩИНОЮ

Приведені результати розрахунків методом скінченних елементів холодної відкритої роздачі конусним пуансоном трубчастих заготовок з різною відносною товщиною з нержавіючої сталі. Отримані залежності зусилля роздачі від переміщення пуансону до моменту втрати стійкості стінки циліндричної частини заготовки. Встановлені форма і розміри zdeформованих частин заготовок та розподіли компонент напружено-деформованого стану в них. Розрахований ступінь використання ресурсу пластичності zdeформованого металу. Виявлений розподіл нормальних напружень на поверхні пуансону, яка контактує з заготовкою. Моделюванням отримані всі необхідні дані для проектування технології холодної роздачі

Ключові слова: відкрита роздача, трубчаста заготовка, відносна товщина заготовки, конусний пуансон, метод скінченних елементів, зусилля роздачі, напружено-деформований стан заготовок, коефіцієнт роздачі.

Вступ. Холодна відкрита та закрита роздача конусним пуансоном застосовується для отримання виробів з порожнистих заготовок. Сутність цієї операції полягає в збільшенні поперечних розмірів указаних заготовок за рахунок зменшення її товщини. Вихідні заготовки для роздачі можуть бути отримані відрізанням з труб, витягуванням з листових заготовок, гнуттям листових полос з подальшим зварюванням. В джерелі [1] приведені експериментальні дані по впливу відшалу та відносної товщини заготовки $l = S_0 / D_0$ (S_0 – товщина стінки вихідної заготовки, D_0 – зовнішній діаметр заготовки) на коефіцієнт відкритої роздачі $k_p = D_1 / D_0$ (D_1 – найбільший діаметр zdeформованої частини заготовки) трубчастих заготовок із сталі І0 та