

УДК 621.735.5

Одинцов А. Н.  
Григоренко В. У.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЁМНОЙ ШТАМПОВКИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ БРАКА

Разработка технологии горячей штамповки традиционными методами требует существенных затрат времени, труда, материалов, использования оборудования для проведения пробных штамповок, корректировка и доработка оснастки и т. п.

Использование программных комплексов конечно-элементного моделирования процессов обработки металлов давлением позволяет находить необходимые оптимальные решения, значительно сокращая время и затраты на разработку технологии горячей штамповки [1, 2].

Для деталей сложной формы, получаемых методом объёмной штамповки, характерно наличие элементов (углубления, выступы, галтели, ребра), которые влияют на равномерное течение металла в полости штампа. Одним из представителей деталей сложной формы является детали типа шатун. Основными дефектами при изготовлении данного вида поковок являются зажимы, следы от окалины с глубиной, превышающей допустимые величины согласно требований ГОСТ, а также искривление продольной оси шатуна более допустимого.

Необходимо определить эффективный способ использования программных комплексов конечно-элементного моделирования для устранения дефектов типа зажим.

Существующая технология получения штамповок состоит из подготовки предварительной заготовки под штамповку и последующую штамповку в одноручьевом штампе. Анализ полученных штамповок показывает, что вмятины от окалины на поверхностях шатуна исправимы и решаются при выполнении качественной очистки предварительной заготовки после нагрева в печи и очистки ручья штампа от осыпавшейся окалины обдувом; искривление продольной оси шатуна свыше допустимого является следствием несоответствия обрезной оснастки требованиям конструкторской документации.

Наличие зажимов является неисправимым дефектом, поскольку заварка (заделка или зачеканка) дефектов на поковках не допускается. Причины возникновения предположительно связаны с неправильной конфигурацией исходной заготовки под штамповку, при которой направление течения металла такое, что приводит к образованию зажима. Необходимо определить место образования закова и подобрать такую форму заготовки, чтобы обеспечить отсутствие зажима.

Исходная заготовка изготавливается свободной ковкой на молоте с применением универсальной подкладной оснастки.

Существующий технологический процесс получения заготовок не обеспечивает требуемого уровня качества и является повышено браконесущим. Необходимо развивать технологию с использованием средств комплексов конечно-элементного моделирования. Важно определиться, какими именно параметрами системы конечно-элементного моделирования необходимо оперировать для предотвращения образования зажимов.

Целью данной работы является определение оптимальных параметров заготовок для объёмной штамповки деталей сложной формы на примере детали типа шатун, а также выделение параметров, обеспечивающих получение бездефектных заготовок.

Исследование существующего технологического процесса осуществили при помощи систем конечно-элементного моделирования обработки давлением Deform 3D и QForm [3].

Исследование с использованием комплексов моделирования обработки давлением для существующего процесса горячей объёмной штамповки шатуна показало на образование дефектов именно в местах соответствующих расположению дефектов на бракованных заготовках.

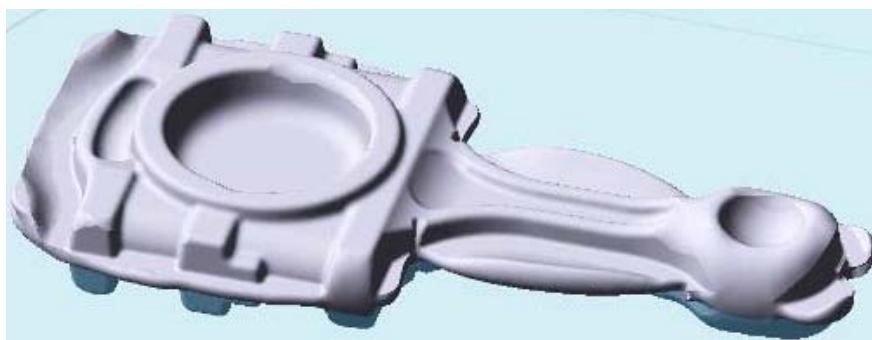


Рис. 1. Результаты моделирования в QForm

С целью устранения зажима развита технология получения заготовки так, что выполнение заготовительной операции перенесено на высадку на ГКМ с усилием 1,6 МН вместо использования универсального оборудования и подкладной оснастки.

Определена новая форма и размеры заготовки (рис. 2) и изменена конструкция детали для обеспечения более равномерного течения металла в полости штампа (изменена форма опустошения стержня, форма большой головки, увеличены радиусы сопряжения головок со стержнем). Изменение формы детали не отразилось на работе оборудования, в котором используется конечная деталь, поскольку установленное количество обеспечивает само уравновешивание поршневой машины.

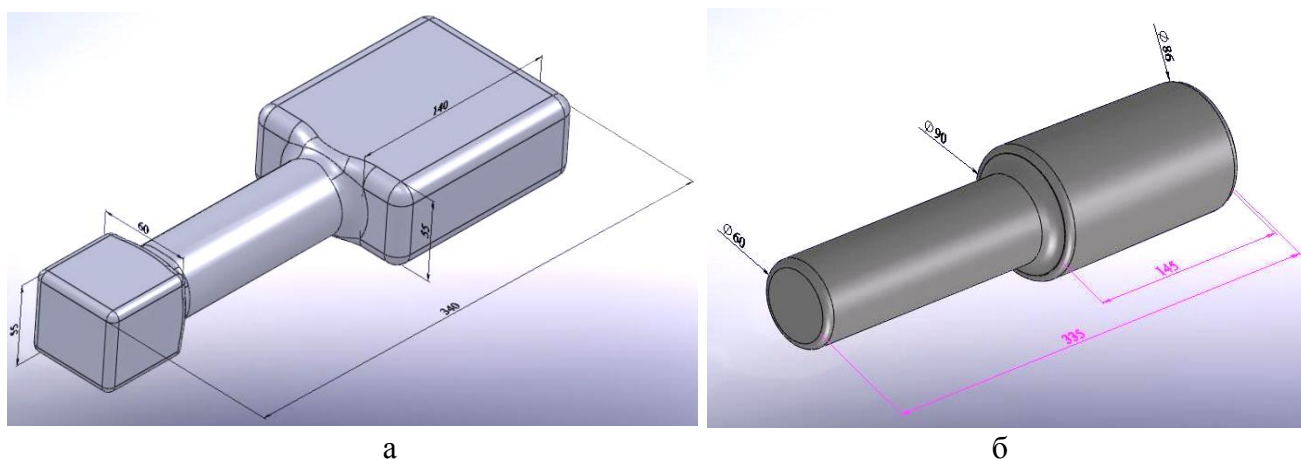


Рис. 2. Предварительная заготовка под штамповку:  
а – существующий вариант технологии; б – доработанная технология

В связи с изменением формы предварительной заготовки и обеспечения равномерного заполнения произведена доработка ковочного штампа в части увеличения магазина для облоя в зоне стержня шатуна.

Доработанный обрезной пакет обеспечивает калибровку и обрезку заготовки в соответствии с требованиями документации и минимальным искривлением продольном оси шатуна. Для оценки выполненных изменений технологического процесса проведено моделирование процесса штамповки в системе Deform 3D на молоте с массой падающих частей 5 т. Появление зажима производилось оцениванием пошаговых векторов течений металла по периферии исходной заготовки, а также в характерных сечениях внутри тела предварительной заготовки. Выбор характерных сечений предварительной заготовки выполнялся по результатам существующей штамповки визуальным осмотром полученных поковок.

По разработанной технологии изготовлен комплект оснастки для выполнения заготовительных операций на ГКМ и доработана оснастка для штамповочного молота и обрезного пресса.

Изготовленная и доработанная оснастка внедрена в производство для получения заготовок. Полученные заготовки признаны годными и подлежат серийному изготовлению.

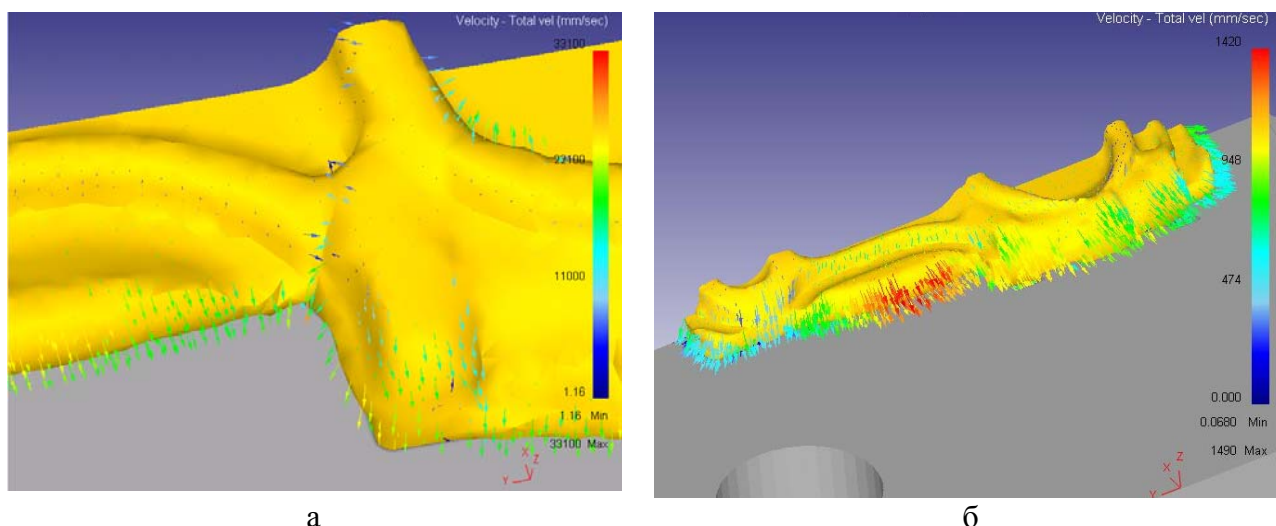


Рис. 3. Моментальные векторы течения металла в полости штампа:

а – исходная технология, шаг расчёта 30; б – доработанная технология, шаг расчета 30

### ВЫВОДЫ

Применение комплексов конечно-элементного моделирования процессов обработки металлов давлением позволяет с высокой степенью достоверности полученных результатов оценить разработанный технологический процесс, внести необходимые корректировки на стадии проектирования и избежать дорогостоящих доработок и опытных штамповок при запуске изделий в производство.

Полученный результат показывает один из путей развития методов разработки процессов объемной горячей штамповки деталей сложной формы и обеспечивает выбор оптимальных параметров заготовки с обеспечением требуемого качества.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Совершенствование технологии изготовления детали «кронштейн» горячей объемной штамповкой / [В. Н. Данилов и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2007. – № 10. – С. 8–10.
2. Сидоров А. Настоящее и будущее моделирования процессов обработки металлов давлением / А. Сидоров // САПР и графика. – 2007. – № 10. – С. 78.
3. Букарев И. М. Моделирование процесса объемной штамповки в Deform 3D и QForm 3D [Электронный ресурс] / И. М. Букарев, Д. М. Бабин // Наука и образование : электронное научное издание. – 2008. – № 6. – Режим доступа : <http://technomag.edu.ru/doc/99449.html>.
4. Расчет и проектирование процессов объемной и листовой штамповки : учебное пособие / Демин В. А., Субич В. Н., Шестаков Н. А., Власов А. В. – М. : МГИУ, 2007. – 414 с.

Одинцов А. Н. – нач. бюро ПАО «Сумское НПО им. М. В. Фрунзе»;

Григоренко В. У. – д-р техн. наук, проф. НМетАУ.

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

ПАО «Сумское НПО им. М. В. Фрунзе» – Публичное акционерное общество «Сумское машиностроительное научно-производственное объединение им. М. В. Фрунзе», г. Сумы.

E-mail: [odintsov\\_alexander@ukr.net](mailto:odintsov_alexander@ukr.net)

Статья поступила в редакцию 23.10.2012 г.