

УДК 621.983

**ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА НА
НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ДЕФОРМАЦИЙ
ПРИ ВЫСАДКЕ ЗАГОТОВКИ
ГОЛОВКИ БОЛТА**

Ефремова Е. А., Хлопов О. И.,

Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

lena52@mail.ruoleghlopov40@gmail.com

Проведен анализ формоизменения при изготовлении заготовок болта с фланцем М10 по DIN 6921 на холодновысадочном автомате. Рассмотрены методы его изготовления, выявлены преимущества и недостатки. Промоделированы первый и второй переходы, рассмотрено влияние геометрических параметров на напряженно-деформированное состояние. Для моделирования процесса использовался программный комплекс Q Form 2D/3D. По результатам анализа предложены рекомендации по выбору геометрических параметров.

Ключевые слова: болты с фланцем, высадка, редуцирование, инструмент, неравномерность деформации, программный комплекс Q Form 2D/3D.

Ведение. Одним из направлений в современном машиностроении является снижение расхода металла с одновременным повышением качества и эксплуатационных характеристик изделия. Это достигается за счет оптимизации технологических процессов и использования современных расчетных программ, основанных на аналитических методах теории обработки металлов давлением.

Холодная объемная штамповка является наиболее прогрессивным методом изготовления деталей, таких как втулки, гайки, винты, валики, шпильки и болты. Большинство этих деталей изготавливается на высокоскоростном холодновысадочном оборудовании за несколько переходов. Объемы выпуска таких деталей велики, так как они используются не только в автомобилестроении, но и в сельхозмашиностроении, строительстве, мебельной промышленности, нефтепереработке и приборостроении. Поэтому основным направлением усовершенствования технологий являются снижение энергозатрат, экономия металла и повышение качества деталей.

Болты с фланцами относятся к новым видам крепежных изделий, в которых совмещаются несколько деталей, в данном случае болт с шайбой. Это обеспечивает высокие эксплуатационные характеристики крепежных соединений и приводит к снижению себестоимости изготовления из-за сокращения количества операций и инструмента [1, 2]. Как и болт с шестигранной головкой, болт

UDS 621.983

**INFLUENCE OF TOOL GEOMETRICAL
PARAMETERS ON IRREGULARITY OF
DEFORMATIONS IN BLANK HEADING OF
A BOLT HEAD**

Efremova E. A., Khlopov O. I.

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

lena52@mail.ruoleghlopov40@gmail.com

The analysis of a shape change in the manufacture of bolt blanks with a M10 flange according to DIN 6921 is carried out on a cold header. Methods of its manufacturing are considered, advantages and disadvantages are revealed. The first and second junctions are simulated and the effects of geometric parameters on the stress-strain state are considered. To simulate the process, the QForm 2D / 3D software complex was used. Based on the results of the analysis, recommendations were proposed on the choice of geometric parameters of the bolt head manufacturing processes.

Keywords: bolts with flange, heading, reduction, tool, unevenness of deformation, software complex QForm 2D / 3D.

с фланцем состоит из стержня с метрической резьбой, на одном конце которого располагается шестигранная головка, имеющая жесткое соединение с фланцем в виде «мертвой шайбы» (рис. 1). Это упрощает процесс скручивания деталей механизма и увеличивает поверхность соединения. Благодаря гладкой поверхности фланца, узел получается довольно герметичным, под головку болта при плотном соединении с гладким корпусом ничего не попадает даже в жидком состоянии [1].



Рис. 1. Типы болтов с фланцем, изготовленные на холодновысадочном оборудовании

Болты с фланцем изготавливаются на многопозиционных холодновысадочных автоматах. Шестигранные головки болтов формируются различными способами: обрезкой граней головки и фланца, редуцированием шестигранной головки болта с последующей высадкой фланца в пуансоне [3, 4, 5, 6].

Болты фланцевые изготавливаются по немецким техническим стандартам DIN. Основные параметры болта по DIN 6821 приведены на рис. 2.

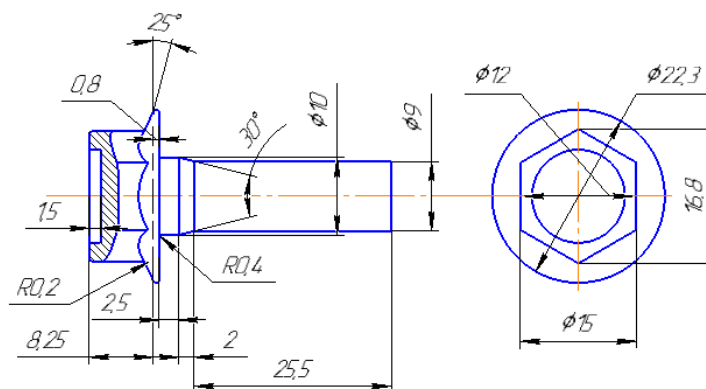


Рис. 2. Болт M10 по DIN 6821

За основу технологии изготовления болта M10 по DIN–6921 была принята технология, приведенная в работе [3]. Технологический процесс изготовления болта состоит из 3 переходов. Сначала отрезают мерную заготовку диаметром 10мм. На первом переходе производится редуцирование стержня до диаметра 8,94 мм; на втором — высадка конической головки; на третьем — образование шестигранной головки с фланцем путем прошивки торцевой поверхности.

Цель работы. Целью данной работы являлся анализ особенностей течения металла в напряженном и деформированном состояниях на первом и втором переходах, а также выбор оптимальных параметров инструмента, позволяющих снизить неравномерность деформаций при формировании головки заготовки.

В настоящей работе приведены результаты математического моделирования технологических переходов изготовления болта M10 по DIN 6921. Расчеты производились в

программном комплексе Q Form 2D/3D. Исходя из чертежа изделия, были назначены допуски на холодную штамповку, разработан чертеж, рассчитан объем заготовки и, с учетом конфигурации полости изделия, назначена геометрия рабочей части пуансона. Были приняты следующие размеры заготовки: $D_3 \times H_3 = 9,8 \times 50,2$ мм, где D_3 — диаметр заготовки, H_3 — высота. Ниже представлены условия моделирования процесса.

За основу была принята технология изготовления болта, приведенная в работах [2, 6]. Она включает в себя отрезку заготовки, редуцирование стержня под резьбу, высадку конической головки болта, окончательную высадку головки болта шестигранным пуансоном с одновременной глухой прошивкой отверстия. Прошивку отверстия предлагалось производить глубиной 1,5 мм цилиндрическим пуансоном диаметром 12 мм.

При анализе процесса рассматривались различные варианты подготовки заготовки на первом и втором переходе. Для этого производилось моделирование процесса редуцирования стержня и высадки конической головки.

Редуцирование стержня болта производилось на длину 30 мм. При этом рассматривались два варианта изготовления:

- формирование заготовки в пуансоне и матрице;
- формирование только матрицы

Как показали результаты расчетов, при редуцировании заготовки по первому варианту, когда расстояние между пуансоном и матрицей составляет 3 мм, металл вытекал в зазор между пуансоном и матрицей. При этой степени деформации на данном переходе достигают $\varepsilon = 1,9$ со значительным градиентом по сечению (рис. 3).

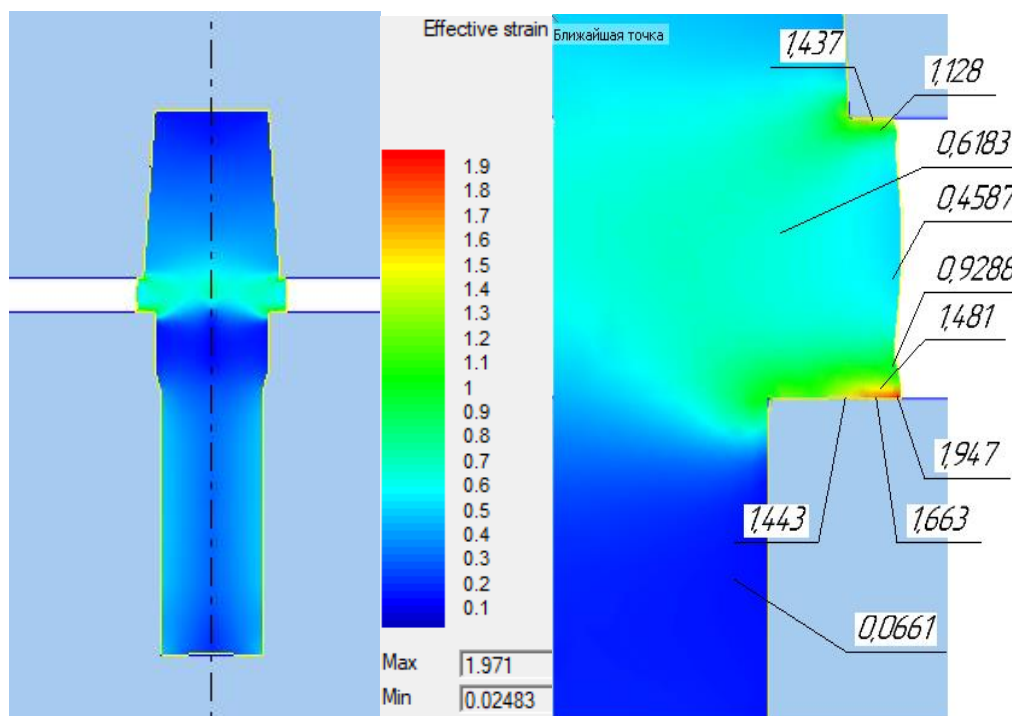


Рис. 3. Степени деформации при первом варианте

Для устранения этих недостатков рассматривалось формирование заготовки только в матрице, используя при этом заталкивающий пуансон диаметром 10 мм, оставляя зазор между блоком пуансона и матрицей 0,7 мм.

Как показали результаты расчетов, при редуцировании заготовки по второму варианту изделие формируется полностью в матрице без вытекания в зазор между инструментами. При

этом степени деформации на данном переходе значительно меньше. Наибольшее значение $\varepsilon = 0,4$ с незначительным градиентом по сечению (рис. 4).

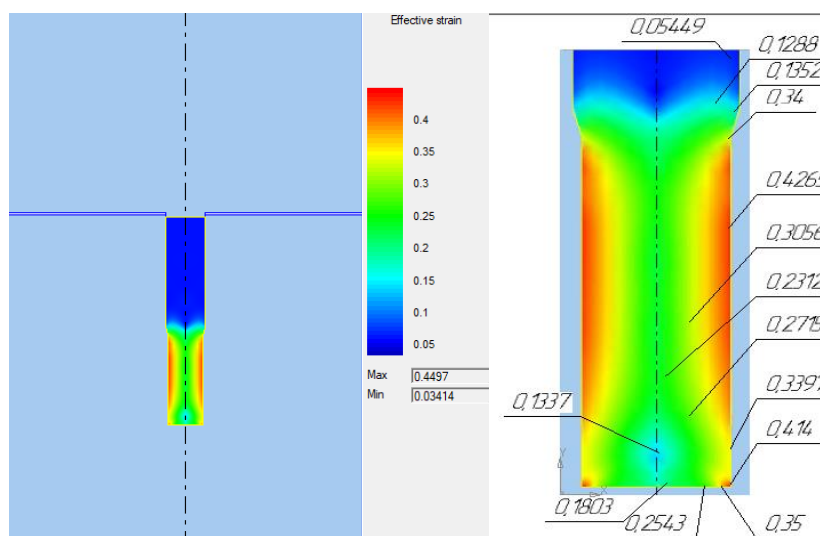


Рис. 4. Степени деформации при втором варианте

Расчет изготовления болта на втором переходе производили также по двум вариантам:

- высадка головки болта со скруглением на торце матрицы;
- высадка головки болта с фаской на торце матрицы.

Как показали результаты расчетов, при редуцировании заготовки по первому варианту, когда расстояние между пуансоном и матрицей составляет 1,25 мм, скругление на торце матрицы — 0,4 мм, образовывается головка необходимой формы. При этом степени деформации на данном переходе достигают $\varepsilon = 2,2$ со значительным градиентом по сечению (рис. 4).

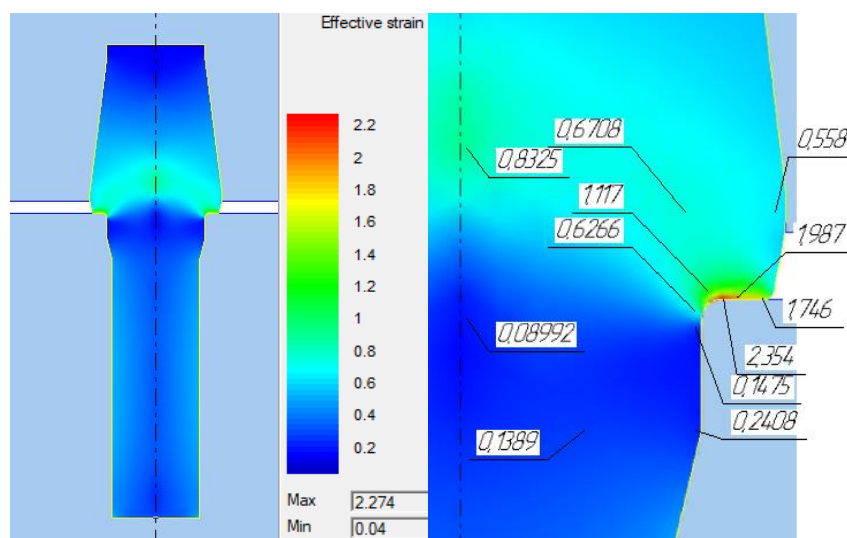


Рис. 5. Степени деформации на втором переходе (первый вариант)

Для устранения этих недостатков рассматривалось формирование заготовки в матрице с идентичными размерами, но фаской $0,5 \times 45^\circ$ на торце. При этом зазор между пуансоном и матрицей оставался неизменным.

Как показали результаты расчетов, при высадке головки болта по второму варианту также образуется головка требуемой формы. При этом степени деформации на данном переходе значительно меньше. Наибольшее значение $\varepsilon = 1,5$ с незначительным градиентом по сечению (рис. 6).

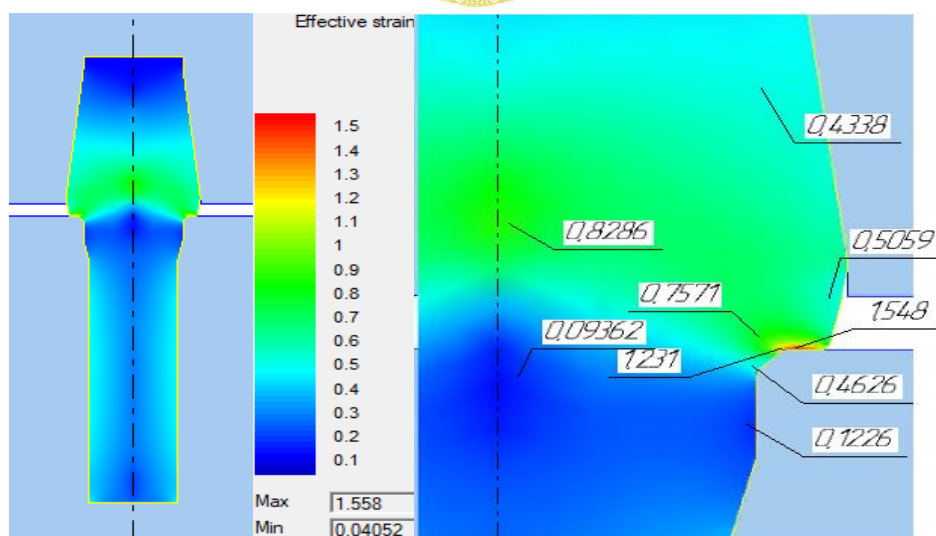


Рис. 6. Степени деформации на втором переходе (второй вариант)

Выводы. Как показало моделирование изготовления заготовок болта М10 по DIN 6921 на первом и втором переходах, наиболее оптимальными являются геометрические параметры, приведенные во втором варианте:

- при редуцировании стержня формирование заготовки должно проводиться только в матрице с использованием заталкивающего пуансона диаметром 10 мм, оставляя зазор между блоком пуансона и матрицей 0,7 мм;

- высадку конической головки на втором переходе необходимо производить в матрице с фаской $0,5 \times 45^\circ$ на торце при расстоянии между пуансоном и матрицей равном 1,25 мм.

Полученные расчеты в Q Form 2D/3D дают возможность детально проанализировать напряженно-деформированные состояния на всех переходах высадки и скорректировать их и соответствующую оснастку на этапе разработки технологии. Это позволит сократить время на запуск в производство новых изделий.

Библиографический список

1. Болт с фланцем — залог надежного соединения [Электронный ресурс] // Ogodom.ru. — Режим доступа : <http://ogodom.ru/bolt-s-flantsem-zalog-nadezhnogo-soedineniya.html> (дата обращения : 20.02.2018).
2. Ковка и штамповка. Справочник : в 4 т. Холодная объемная штамповка / под ред. Г. Н. Навроцкого. — Москва : Машиностроение, 1987 — Т. 3. — 387 с.
3. Напалков, А. В. Схемы высадки головок стержневых крепежных деталей [Электронный ресурс] / www.nav.t-k.ru авторский проект Напалкова Александра Валерьевича. — Режим доступа : <http://navtech.webservis.ru/atcl13/atcl13.htm> (дата обращения : 20.03.2018).
4. Новиков, С. В. Анализ вариантов изготовления шестигранных головок болтов с фланцем и выбор рационального метода / С. В. Новиков, Е. А. Ефремова // Разработка и внедрение ресурсосберегающих и импортозамещающих технологий и устройств : сб. статей VII междунар. науч.-практ. конф. — Пенза, 2016. — С. 50–53.
5. Кроха, В. А. Упрочнение металлов при холодной пластической деформации: Справочник. / В. А. Кроха. — Москва : Машиностроение, 1980. — 155 с.
6. Навроцкий, Г. А. Исследование возможностей управления качеством изделий при холодной объемной штамповке / Г. А. Навроцкий, В. Г. Шibaков, В. А. Головин // Обработка металлов давлением в автомобилестроении. — Москва : МАМИ, 1980. — С. 76–79.