

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

### Отчет по практике.

**Научно-исследовательская работа**

тема: «АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГОЛОВОК БОЛТОВ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКОЙ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА QFORM»

Выполнил:

Проверил:

Ростов-на-Дону

Введение.

Холодная высадка изделий на автоматах является одним из наиболее прогрессивных методов обработки металлов давлением.

Повышение эффективности производства крепежных изделий является актуальной проблемой отечественной метизной промышленности. При этом в условиях современных рыночных отношений производство должно быть направлено на изготовление крепежа прогрессивных конструкций в сочетании с низкой себестоимостью и высоким качеством продукции. Отличительным признаком и основой технического уровня прогрессивного крепежа является его многофункциональность, которая позволяет отказаться от вспомогательных деталей соединений, обеспечить самостопорение и надежность сборки, а также способствует механизации и автоматизации сборочных операций, снижает трудоемкость сборки и технического обслуживания узлов.

Под холодной высадкой понимается процесс пластической деформации, связанный с увеличением диаметра прутка. Высадка производится на автоматическом оборудовании, где отрезка заготовки, транспортировка ее на линию высадки, деформация головки и стержня, а также удаление готового изделия на комбайне-автомате.

По сравнению с обработкой на металлорежущих автоматах, а также по сравнению с ковкой и штамповкой этот метод имеет значительное преимущество, так как он дает возможность использовать более высокопроизводительное оборудование и получать изделия с номинальным расходом металла на технологические потери.

Другим немало важным преимуществом метода холодной высадки является то, что изделия, изготавливаемые этим методом, обладают большим пределом прочности. Это преимущество объясняется тем, что при холодной высадке получается упрочнение металла; волокна металла в местах перехода стержня к головке сохраняются.

Номенклатура изделий, которые могут быть изготовлены холодной высадкой, обширна, но наиболее типовыми являются крепежные детали: болты, винты, гайки, шурупы и т.п.

В настоящее время, благодаря применению более современных конструкций холодновысадочных автоматов и инструмента, повышению качества высаживаемого материала, этот метод обработки металлов достиг значительного развития.

Настоящие требования, предъявляемые к крепежным изделиям, напрямую определяются возросшими требованиями к современной технике. Одновременно с интенсивной эксплуатацией машин и механизмов наблюдаются тенденции к уменьшению массы сборочных элементов, автоматизации сборки, повышению качества и эксплуатационной надежности рабочих узлов.

Наряду с применением высокопрочных металлоизделий традиционной формы, внедрением новых прогрессивных конструкций актуальной задачей остается производство крепежных изделий без внутренних дефектов и дефектов поверхности.

При холодной объемной штамповке достигается: деформационное упрочнение, отсутствие надрезов, направленность волокна вдоль конфигурации штампованной заготовки, улучшение микрогеометрии (по сравнению с обработкой резанием, литьем и горячей штамповкой), увеличение коэффициента использования металла (по сравнению с литьем и горячей штамповкой – на 30% и более, по сравнению с обработкой резанием – в 2-3 раза). В среднем коэффициент использования металла составляет 0,90 – 0,93. Значительно снижает трудоемкость и станкоемкость. Процессы характеризуются высоким уровнем механизации и автоматизации, значительно опережая процессы литья и горячей штамповки.

Штамповка на автоматах, так же, как и на прессах, может быть однопозиционная и многопозиционная.

Однопозиционные автоматы, совмещающие отрезку и одну штамповочную позицию, применяют для получения деталей простой формы, как правило, высадкой, а так же для получения калиброванных или калиброванных и фасонированных заготовок для последующей одно- или многопозиционной штамповки на прессах.

Многопозиционные автоматы имеют несколько штамповочных позиций (обычно 3-5). Автоматы применяют для производства деталей относительно сложной формы. Особенности штамповки на многопозиционных автоматах:

- автоматизация процесса, заложенная в конструкцию машины, обеспечивающая повышение производительности по сравнению с обработкой резанием на автоматах в 10-15 раз и в отдельных случаях (гайка крепление сдвоенных колес грузовых автомобилей и др.) в 80-100 раз;

- возможность дозирования объема заготовки путем подналадки отрезного устройства, а соответственно возможность стабилизации работы инструмента на штамповочных позициях.

Сочетание многопозиционной штамповки (2-4 матрицы) с многоударной (по два пуансона на части позиции или на всех позициях) значительно расширят технологические возможности (увеличение сложности геометрической формы, снижение деформации исходных заготовок и уменьшение склонности металла к налипанию на инструмент).

Известно, металл и металлопрокат, предназначенный для формообразования крепежных изделий, должен соответствовать заданным в нормативно-технических документах техническим условиям. Однако даже соблюдение всех технических условий и рекомендаций по механическим свойствам, проведению испытаний на осадку и по макро-, микроструктуре  еще не гарантирует отсутствие брака металлоизделий при обработке давлением.

**1.Патентно-информационное исследование по состоянию технологий изготовления головок болтов**

1.1 Обзор вариантов изготовления головок болтов холодной объёмной штамповкой.

Наиболее распространенная технология изготовления болтов по ГОСТ7798-70 состоит из следующих операций: на первой позиции производится редуцирование стержня; на второй позиции осуществляется редуцирование диаметра и осадка головки; на третьей позиции – высадка предварительно осаженной головки. На четвертой позиции производится обрезка граней шестигранника.



Рисунок 1.1 Технологические переходы штамповки

Формообразование квадратных или шестигранных головок обрезкой позволяет получить четкие грани и ребра, использовать более простой инструмент, несложные схемы высадки и холодновысадочное оборудование с меньшим номинальным усилием. Единственным отрицательным моментом при формировании головки обрезкой является образование отхода – «высечки», которая, особенно для деталей с короткой резьбовой частью, может достигать до 15…20% от чистого веса детали. Значительно возрастает усилие обрезки, за счет упрочнение на предыдущих переходах, что снижает стойкость инструмента, качество получаемых таким способом головок низкое и велика вероятность брака /1/.

Существующие другие способы и схемы формообразования квадратных, звездообразных и шестигранных головок основаны на распрессовке головки детали в фигурной полости матрицы. Недостатком этого способа формообразования головки является образование скругленных ребер между гранями головки детали, что соответственно снижает момент и усилие затяжки резьбового соединения.

Кроме рассмотренных технологических процессов изготовления шестигранных головок болтов обрезкой на шестигранник предлагается их изготавливать высадкой в закрытом ручье. В этом случае накопленная деформация в головке достигает значительной величины. Это приводит к высоким удельным усилиям деформирования, что снижает стойкость и пуансонов, и матриц. Шестигранные головки при этом формируются не полностью (не заполнения ребер), что снижает качество изделий.

Запатентованный способ безоблойной высадки шестигранных головок компании HATEBUR предусматривает последовательный набор шестигранной головки в нескольких матрицах, рис.1.2.

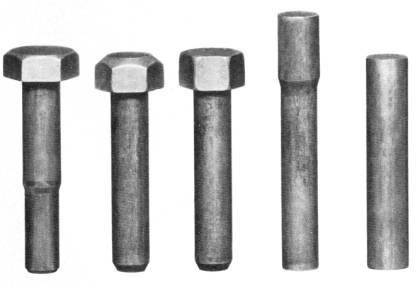


Рисунок. 1.2 Схема безоблойной высадки шестигранных головок.

Данный способ позволяет приблизиться к требуемой четкости ребер головки, но предложенная технология значительно усложняет инструмент и требования к переносу заготовки по позициям.

Как альтернативный вариант получения шестигранной или квадратной головки является последовательное выполнение операций редуцирования шестигранника.

Этот способ позволяет улучшить качество получаемой поверхности по сравнению с обрезкой, улучшает качество получаемой поверхности, повышается стойкость инструмента, уменьшаются энергозатраты.

Важным и эффективным средством совершенствования крепёжных соединений следует считать унификацию применяемых конструкций изделий. Одним из возможных и наиболее перспективных вариантов можно считать применение болтов со звездообразным приводом, получающим всё большее распространение в мировой практике.

Одним из принципов создания современной автомобильной техники является снижение веса автомобильных компонентов с одновременным повышением прочности. Например, замена шестигранного болта на болт со звездообразной головкой, позволяет получить экономию веса на 19%, а экономию материала на 35%. Замена шестигранного фланцевого болта на болт со звездообразной головкой позволяет уменьшить вес головки и расход материала на 23%. Фланцевые болты со звездообразной головкой позволяют уменьшить монтажное пространство и массу фланцевого соединения до 50%. За счет применения фланцевых болтов со звездообразной головкой показана возможность уменьшения монтажного пространства и веса./2/

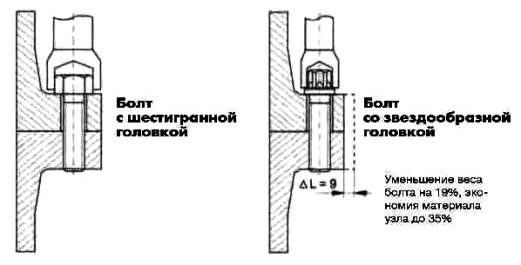


 Рисунок 1.3 Болт с шестигранной головкой и звездообразной.

По конструкции и определяющим международным стандартам крепеж со звездообразным приводом отличается от традиционных болтов с фланцевой шестигранной головкой или внутренним шестигранником наличием вместо шестигранного профиля – звездообразный профиль, соответственно и особенность технологии изготовления крепежа со звездообразным приводом – изготовление головок со звездообразным профилем.

Схема высадки головки с наружным звездообразным профилем и конструкция холодновысадочного инструмента практически не отличается от схемы штамповки деталей с многогранной головкой и фланцем, полученной редуцированием многогранника и локальной осадкой фланца.

Для сравнения, ниже приведены схемы высадки головок крепежа с наружным и внутренним звездообразным профилем б), в) и устаревающей конструкции головки болта с шестигранной головкой а).

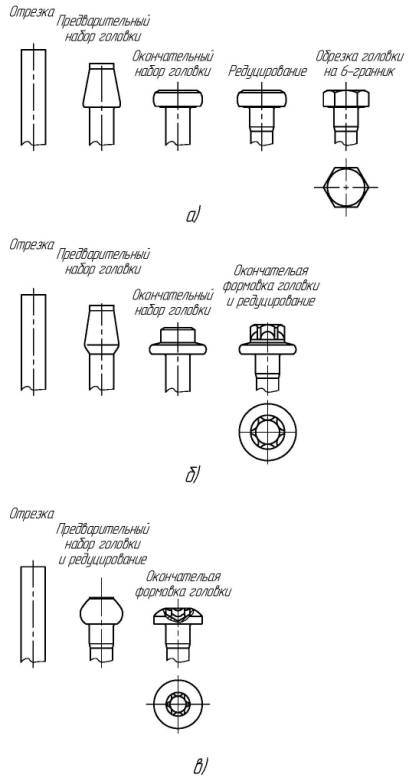


 Рисунок 1.4 Схемы высадки головки болта.

Исходя из выше приведенного сравнения шестигранника со звездообразной головкой, следует вывод. Болт со звездообразной головкой перспективней шестигранника в машиностроении. Целью исследования является повышение прочности при снижении веса болта, чему соответствует болт со звездообразной головкой.

1.2 Обзор исследований напряженно-деформированное состояние головки болта

Анализ напряженно-деформированного состояния шестигранных головок болтов получаемых редуцированием был проведен в работе /3/ методом линий скольжения. Этот метод позволяет решать задачу в условиях плоского напряженно-деформированного состояния, что недостаточно точно отражает реальную картину. Поэтому, с целью выбора наиболее оптимальных условий проведения процесса для моделирования и анализа был использован пакет прикладных программ Q Form 3D основанный на методе конечных элементов.

Вопросом изготовления шестигранных головок болтов занимались К. Кондрон, К. Ф. Неймайер, А. Н. Брюханов, В. Гринберг, Ю. А. Миропольский, В. И. Мокринский и другие. В этих работах рассмотрены технологические и теоретические вопросы получения болтов как в горячем, так и в холодном состоянии. В. И. Мокринским рассмотрена возможность получения шестигранника редуцированием из круглой заготовки.

Технологические параметры процесса и теоретический анализ редуцирования длинномерных заготовок и возможности ведения процесса на нестационарной стадии рассмотрены в работах Р. Хилли, И. Л. Перлина, И. П. Ренне, Е. А. Закуренова, К. К. Левитина. В работах рассмотрены возможности появления в неконтактной деформации и условия ведения процесса без выпучивания. Проанализированы условия устойчивости редуцирования длинномерных изделий в зависимости от длины контакта заготовки с инструментом и угла наклона образующей матрицы. Предельные условия образования наплыва перед входом в матрицу, интенсивность деформации и упрочнения были проанализированы с помощью методов характеристик и верхних оценок.

Аналитическое решение задачи пластического формоизменения на стационарной стадии редуцирования валов выполнено в работе И. П, Ранне и В. Е. Шмелева, где исследована степень использования пластичности материала в точках на свободной границе и выявлены зоны возможного разрушения.

В работе «Исследование процесса изготовления болтов с шестигранной головкой редуцированием с использованием программного продукта QForm 3D» проводилось исследование характера течения металла, накопленной деформации гидростатического давления и силой режим деформирования на всех позициях изготовления болта /4/.

На основании проведенного исследования сделан анализ характера течения металла, напряженно-деформированного состояния по сечению на всех позициях получения заготовки. Исследован очаг пластической деформации, выявлены особые точки-концентраторы напряжений и условия, при которых возможно возникновение брака.

Выбраны и обоснованы оптимальные параметры предварительно-высаженной головки, позволяющий получить изделие с полностью сформированным шестигранником.

Расчеты, полученные с помощью программного комплекса QForm-3D, подтвердили результаты экспериментов, полученные ранее об области распространения пластической деформации и характере течения металла. Характер изменения накопленной деформации по сечению заготовки подтверждает, что глубина упрочненного слоя после операции редуцирования не превышает 30% общей площади от начала до конца процесса редуцирования, что способствует стабильности протекания процесса.

Технология изготовления болта со звездообразной головкой М8: 1редуцирование стержня, 2 – осадка головки, 3- редуцирование головки, 4 – окончательная доштамповка головки.

Изготовление болтов на многопозиционных холодновысадочных автоматах при высадке головок за несколько переходов накопленная деформация достигает величины , а сопротивление деформации в особых точках МПа. Так как при традиционной технологии получение шестигранника производится обрезкой, то вследствие полученного упрочнения на предыдущих переходах усилие обрезки резко возрастает, что снижает стойкость обрезных пуансонов, качество получаемых таким способом головок низкое и велика вероятность брака /3/.  
При получении шестигранных головок болтов высадкой в закрытом ручье накопленная деформация достигает величины , а сопротивление деформации в особых точках МПа. Это приводит к высоким удельным усилиям деформирования, что снижает стойкость и пуансонов, и матриц. Шестигранные головки при этом формируются не полностью (не заполнение ребер), что снижает качество изделий.

При получении шестигранных головок редуцированием области пластических деформаций локальные, расположены вблизи боковой поверхности. В результате редуцирования происходит дополнительное упрочнение поверхностных слоев, что повышает эксплуатационные характеристики изделия.

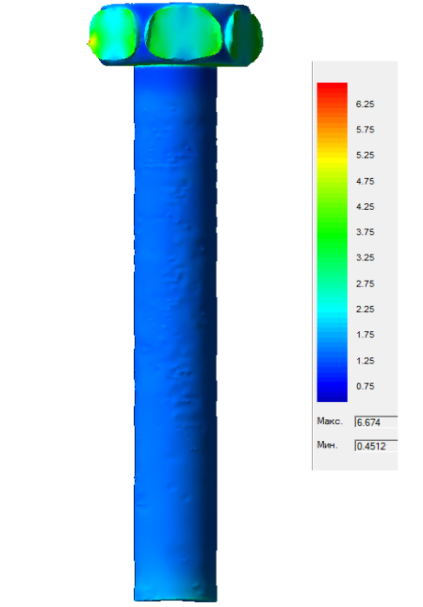
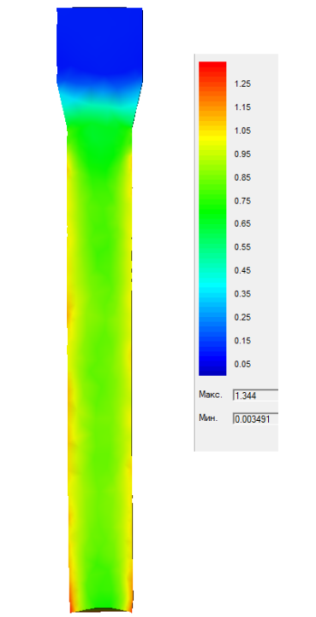
Анализ напряженно-деформированного состояния шестигранных головок болтов редуцированием на нестационарной был проведен в работе Ефремовой Е.А методом линий скольжения. Этот метод позволяет решать задачу плоского напряженно-деформированного состояния, что недостаточно точно отражает реальную картину/3/.

При моделировании процесса принималось идеальное трение. Для исследования процесса использовалась модель, представляющая собой половину сечения осесимметричной заготовки. Инструмент описывался жесткими геометрическими фигурами с контуром деформирующей поверхности, повторяющей контур получаемого изделия. Инструмент принимался идеально гладким. При численном моделировании начальные условия на каждой стадии были взяты с учетом истории деформирования соответствующего объема заготовки. На каждой стадии проводился анализ напряженно-деформированного состояния инструмента и заготовки.

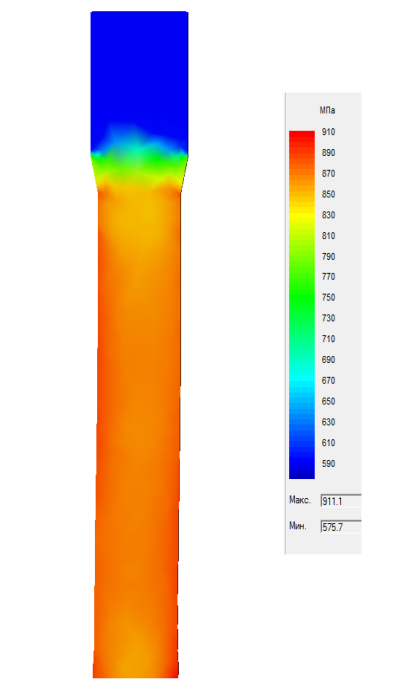
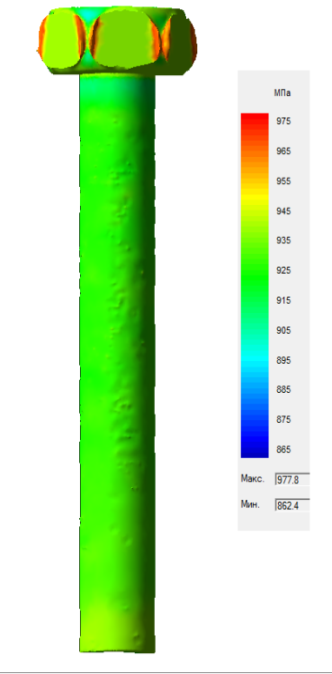
В работе проводилось исследование характера течения металла, накопленной деформации гидростатического давления и силой режим деформирования на всех позициях изготовления болта.

.Результаты моделирования процесса изготовления болта с шестигранной головкой редуцированием представлены на рисунке 1.5 .

На рисунке 1.5 представлены картины накопленных деформаций и сопротивлений деформаций на первом и четвертом переходах.

****

а)

****

б)

Рисунок 1.5. Картина накопленных деформаций: а) накопленные деформации; б) сопротивления деформаций - на первом и четвертом переходах.

В настоящее время на рынке преимуществом обладают болты с шестигранной головкой. Но на сегодняшний день одним из важных особенностей в машиностроение (автомобилестроение) является снижение веса автомобильных компонентов, с одновременным повышением прочности.

Например, замена шестигранного болта на болт со звездообразной головкой.

Анализ напряженно-деформированного состояния в звездообразной головки болта, методом конечных точек был проведен в работе Лавриненко В.Ю. «Математическое моделирование процессов холодной объемной штамповки крепежных изделий»

При использовании данного метода появляются возможности по проверке и оптимизации геометрии инструмента, исходных размеров и материала заготовки, параметров оборудования, смазочного материала и других параметров технологического процесса до изготовления инструментальной оснастки и промышленной проверки новой технологии.

Были проведены моделирование и анализ технологического процесса холодной объемной штамповки болта со звездообразной головкой (рис.1.6).

|  |
| --- |
| http://refdb.ru/images/751/1501991/m52d26e9e.gif |
| Рисунок 1.6 Болт со звездообразной головкой. |

Подготовку к моделированию выполняли путем задания технологических параметров процесса:

* геометрия исходной заготовки и рабочего инструмента по переходам;
* оборудование;
* смазочный материал;
* материал заготовки.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| http://refdb.ru/images/751/1501991/m156234a2.gif | | | | |
| а) | б) | в) | г) | д) |
| Рисунок 1.7. Технологические переходы штамповки болта со звездообразной головкой | | | | |

Все вычисления в системе QForm проводятся полностью автоматически. Программа генерирует сетку элементов с учетом особенностей геометрии для самых сложных случаев течения металла. Сетка элементов автоматически перестраивается на каждом шаге решения, что дает возможность наилучшим образом исследовать такие особенности процесса деформации как затекание металла в углы матрицы с малыми радиусами скруглений или образование фланца, а также предсказывать образование складок и зажимов.

На рисунках 1.8 показаны результаты расчета по переходам штамповки: сопротивление деформации и графики сил.

|  |
| --- |
| http://refdb.ru/images/751/1501991/m41317923.jpghttp://refdb.ru/images/751/1501991/m424ecee5.jpgа)  http://refdb.ru/images/751/1501991/m71108b78.jpghttp://refdb.ru/images/751/1501991/12d95834.jpg  б) |
| Рисунок 1.8. Результаты моделирования первого перехода штамповки:  а – сопротивление деформации; б – сила деформирования |
| http://refdb.ru/images/751/1501991/m405866f9.jpghttp://refdb.ru/images/751/1501991/m4458946a.jpg  а) |
| http://refdb.ru/images/751/1501991/m507ef872.jpghttp://refdb.ru/images/751/1501991/m318e2c0f.jpg  б) |
| Рисунок 1.9. Результаты моделирования окончательного перехода штамповки:  а – сопротивление деформации; б – сила деформирования. |

Существенное снижение величин сопротивления деформации и сил деформирования на каждом переходе, и, соответственно, суммарной силы деформирования при ХОШ болтов со сложными фасонными головками приводит к снижению нагрузок на штамповочный инструмент, что в свою очередь, в несколько раз может повысить стойкость инструмента.

Список использованных источников.

1. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т/Ред. Совет: Е. И. Семенов (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1967.-т. 3. Холодная объемная штамповка/Под ред. Г.А. Навроцкого. 1987.384с., ил.

2. Бунатян Г. В., Напалков А. В. Перспективы крепежных соединений в автомобилестроении.// <http://navtech.webservis.ru/atcl19/atcl19.htm>

3. Журавлев А.З., Ефремова Е.А. Пластическое течение и пути управления им при редуцировании коротких цилиндрических заготовок на шестигранник.//Кузнеч.-штамп. пр-во. - 1990. - №2 .- С.15 - 16.

4. Ефремова Е. А., Кузовлева Е. А. Исследование процесса изготовления болтов с шестигранной головкой редуцированием с использованием программного продукта QForm 3D.// ИнЭРТ. - 2014.

5. Лавриенко В. Ю., Гартвиг А. А. Исследование влияния предварительной деформации металла на силу деформирования при холодной высадке крепежных деталей.// Четвертая всероссийская конференция метизников«Стратегия развития российского метизного производства». - 2007. 33с.

6. Журавлев А. З., Ефремова Е. А. Совершенствование штамповки головок болтов //Прогрессивная технология литейного производства в тракторном и сельскохозяйственном машиностроении: Межвуз. Сб. – Ростов н/Д, 1981. – с. 98-103

7. Ефремова Е. А. Течение металла в концевые участки при редуцировании коротких заготовок на шестигранник //Оптимизация металлосберегающих процессов при обработке давлением: Межвуз. Сб. – Ростов н/Д, 1985. С. 27-30.

8. А. с. 1152702 СССР, МКИ3 В21К 1/46. Способ формирования головок болтов / Журавлев А. З., Моренко Б. П., Ефремова Е. А. (СССР). – 343905/25-27; Заявл. 07,05,82; Опубл. 30,04,85, Бюл. №16.

9. Алюшин Ю. А., Ефремова Е. А. Концевой эффект при редуцировании с круга на шестигранник // Высокопроизводительные металлосберегающие процессы обработки металлов: Тез. докл. респ. науч. – техн. конф. 19-20 апр., 1984. – Кишинев, 1984. – с. 111-112.

10. РТМ 37.002.0208-81. Объемная штамповка крепежных деталей. Конструктивные и технологические расчеты. - Горький, 1983. – 249 с.

11. Материалы Четвертой всероссийской конференции метизников. Стратегия развития метизного производства. Москва. 23-24 октября 2007. – 33 с.

12. Амиров М.Г., Гареев Р.К., Нуркаев И.Б. Оценка технологической деформируемости при холодной штамповке деталей.//Кузнечно-штамповочное производство.-1985.-№9.- С. 14-16.

13. Скворцова С.С. Совершенствование процессов формирования потребительских свойств колесных болтов на основе оценки качества технологий: Автореферат дис. канд техн наук – Магнитогорск, 2006 – 20 с.