

Осипов Юрий Константинович

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА “ТОНКОСТЕННАЯ СВЕРТНАЯ ВТУЛКА-
КОРПУС” С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА УПРОЧНЯЮЩЕ-КАЛИБРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ДОРНОВАНИЕМ

Специальность 05.03.01 – Технологии и оборудование механической
и физико-технической обработки

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Барнаул – 2007

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Хоменко Валерий Андреевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Марков Андрей Михайлович
кандидат технических наук, с.н.с.
Осколков Александр Иванович

Ведущее предприятие “Алтайский завод прецизионных изделий”

Защита состоится “28” июня 2007 г. в 15 час. 30 мин. на заседании диссертационного совета К 212.004.02 при ГУО ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» по адресу: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГУО ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Автореферат разослан “ ____ ” _____ 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
К 212.004.02, к.т.н., доцент

С.Я. Куранаков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. На современном этапе развития машиностроительного производства, при сборке узлов различных устройств, широкое распространение получили прессовые соединения типа “втулка-корпус”. Они составляют около 10-15% от общего числа неподвижных соединений машин и механизмов, и в основном применяются в узлах подшипников скольжения. Прессовые соединения типа “втулка-корпус” характеризуются простотой конструкции и сборки, не требуют применения сложного оборудования и больших затрат на изготовление. Для установки в корпуса узлов используются цельные толстостенные, тонкостенные и свертные втулки из антифрикционных материалов. Применение цельных толстостенных втулок в прессовых соединениях приводит к увеличению трудоемкости их изготовления и повышению затрат на антифрикционные материалы, из которых изготавливаются втулки. Поэтому, в целях снижения затрат на материалы вместо цельных толстостенных втулок используются цельные тонкостенные. Получение цельных тонкостенных втулок с помощью механической обработки, штамповки или специальных видов литья, связано с одной стороны со значительным снижением коэффициента использования металла, а с другой стороны с увеличением трудоемкости их изготовления. На машиностроительных заводах, снижение затрат на изготовление цельных тонкостенных втулок в прессовых соединениях диаметром до 50 мм достигают заменой их на тонкостенные свертные, получаемые гибкой из лент антифрикционных металлов.

Анализ эксплуатации прессовых соединений и узлов подшипников скольжения с тонкостенными свертными втулками, показал, что основными причинами выхода их из строя является взаимное смещение и проворот сопрягаемых деталей относительно друг друга из-за низкого качества соединения, а также повышенный износ внутренних поверхностей втулок. В связи с этим встает вопрос о повышении качества установки и закрепления тонкостенных свертных втулок в корпусах прессовых соединений.

На практике существуют различные способы обеспечения и повышения качества прессовых соединений типа “втулка-корпус”. Основные из них: уменьшение шероховатости сопрягаемых поверхностей, увеличение в соединении натяга запрессовки, гальваническое покрытие сопрягаемых поверхностей, крепление деталей соединения шпонками или винтами, упрочняюще-калибрующая обработка отверстий охватываемой детали.

Анализ результатов использования различных способов повышения качества прессовых соединений показывает, что способ увеличения контактных давлений на сопрягаемых поверхностях путем упругопластического деформирования отверстий толстостенных и тонкостенных цельных втулок, установленных в корпуса узлов, методами упрочняюще-калибрующей обработки, например, дорнованием, является одним из перспективных способов обеспечивающих и повышающих качество прессовых соединений типа “втулка-корпус”.

При применении упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием в соединении за счет увеличения контактных давлений на сопрягаемых поверхностях, предотвращается взаимное смещение и проворот деталей относительно друг друга, а также уменьшается износ внутренних поверхностей втулок за счет упрочнения поверхностного слоя.

Способ увеличения контактных давлений на сопрягаемых поверхностях путем упругопластического деформирования отверстий втулок, запрессованных в корпуса, методами упрочняюще-калибрующей обработки на практике для толстостенных и тонкостенных цельных втулок изучен достаточно полно, а для тонкостенных свертных втулок изучен недостаточно. Поэтому задачи по проектированию и совершенствованию инструмента, оснастки, а также изучение физических и технологических закономерностей и параметров процесса упругопластического деформирования отверстий тонкостенных свертных втулок, запрессованных в корпуса, методами упрочняюще-калибрующей обработки, с использованием дорнования, являются актуальными.

Цель работы. Повышение качества прессовых соединений типа “тонкостенная свертная втулка-корпус”, за счет увеличения контактных давлений на сопрягаемых поверхностях путем упругопластического деформирования отверстий втулок с использованием метода упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием.

Методы исследования. Для достижения поставленных целей и задач в работе использовались основные положения технологии машиностроения, сопротивления материалов, обработки металлов давлением, теории пластичности и упругости. Достоверность теоретических положений проверялась экспериментальными методами лабораторных исследований. Экспериментальные исследования проводились с использованием профилографа-профилометра модели 201 (завода “Калибр”) и кругломера Talugond. Обработка экспериментальных данных проводилась методами математической статистики на ЭВМ. Расчет исполнительных размеров дорнов выполнен с использованием программы, разработанной в среде Microsoft Excel. Проектирование инструмента производилось с использованием программы SolidWorks 2006 SP2.0.

Научная новизна.

1. Разработана математическая модель напряженно-деформированного состояния прессового соединения и замка, учитывающая упругопластическое деформирование отверстия тонкостенной свертной втулки, запрессованной в корпус, с использованием упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием.
2. Изучено влияние технологических параметров процесса упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием на качество прессовых соединений со свертными втулками.
3. Установлена взаимосвязь качества прессовых соединений с тонкостенными свертными втулками, обработанными дорнованием, с геометрическими параметрами дорнов.

Практическая ценность.

1. Разработаны методика и программа расчета исполнительных размеров дорна.
2. Разработана методика проектирования технологических режимов процесса дорнования тонкостенных свертных втулок, запрессованных в корпус коромысла клапанов механизма газораспределения дизельных двигателей.
3. Спроектирована и изготовлена конструкция дорна (патент RU № 2258591), для обработки тонкостенных свертных втулок, запрессованных в корпуса узлов.

Реализация работы. Программа по расчету исполнительных размеров дорна, и методика проектирования технологических режимов процесса дорнования свертных втулок, запрессованных в корпуса узлов, реализована на этапе технологической подготовки производства деформирующего инструмента для обработки коромысла клапана механизма газораспределения дизельных двигателей на ОАО “ПО АМЗ” (г. Барнаул).

Апробация работы. Результаты исследований доложены и обсуждены на 2-й межрегиональной научно-практической конференции “Управление качеством образования, продукции и окружающей среды” (Бийск, 2004 г.), на 4-8-й научно-технических конференциях студентов и аспирантов “Проблемы социального и научно-технического развития в современном мире” (Рубцовск, 2002-2006 г.), на 2-х научных конференциях молодых ученых “Наука. Технологии. Инновации”, на 4-й всероссийской научно-практической конференции “Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе” (Новосибирск, 2004-2006 г.), на научно-практических конференциях “Молодежь – Барнаулу”, на 1-й, 2-й, 3-й всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Наука и молодежь”, на международной школе - конференции по приоритетным направлениям развития науки и техники с участием молодых ученых, аспирантов и студентов “Современные технологические системы в машиностроении” (Барнаул, 2004-2006 г.), а также на научных семинарах кафедр “Технология автоматизированного производства” и “Общая технология машиностроения” Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова.

Публикации.

По результатам выполненных исследований опубликовано 16 печатных работ и получен 1 патент на изобретение.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка литературы, включающего в себя 136 наименований, и 3 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выполненной работы, сформулированы ее цель, задачи, научная новизна и практическая ценность. Излагается содержание диссертации по главам.

В первой главе проведен анализ состояния вопроса применения упрочняюще-калибрующей обработке отверстий свертных втулок дорнованием. Наиболее существенный вклад в разработку оборудования, приспособлений и инструментов, используемых для дорнования отверстий цельных и свертных втулок, запрессованных в корпуса, внесли теоретические и экспериментальные исследования Проскурякова Ю.Г., Поздняковой И.В., Рогового В.М., Осолкова А.И., Акименко Ю.А., Лескова С.П. и др.

Рассмотрены факторы, влияющие на качество прессовых соединений типа “втулка-корпус”, а также - различные способы повышения качества: уменьшение шероховатости сопрягаемых поверхностей, увеличение в соединении натяга запрессовки, гальваническое покрытие сопрягаемых поверхностей, крепление деталей соединения шпонками или винтами, упрочняюще-калибрующая обработка отверстий цельных и свертных втулок после запрессовки их в корпуса и т. д.

Анализ практического использования различных способов повышения качества прессовых соединений показал, что одним из перспективных способов, повышающих качество соединений втулок с корпусами, является способ увеличения контактных давлений на сопрягаемых поверхностях с помощью упрочняюще-калибрующей обработки отверстий, например, дорнованием. Известно, что одними из основных параметров качества прессовых соединений являются прочность узла на усилие распрессовки, геометрические параметры и шероховатость внутренних поверхностей свертных втулок. При дорновании увеличивается фактическая площадь контакта сопрягаемых поверхностей соединения, за счет чего возрастает прочность прессового соединения, в результате чего при эксплуатации предотвращается взаимное смещение и проворот деталей относительно друг друга, а, кроме того, уменьшается износ внутренних поверхностей втулок за счет упрочнения поверхностного слоя.

Анализ литературных источников, посвященных исследованиям прессовых соединений с использованием тонкостенных свертных втулок, показал, что рекомендации по применению упрочняюще-калибрующей обработки для запрессовки этих типов втулок носят частный характер и не могут быть полностью использованы для других случаев. В частности, недостаточно изучено влияние на качество прессовых соединений конструктивно-геометрических параметров замка свертных втулок и деформирующего инструмента-дорна. Кроме того, теоретическое обоснование процесса дорнования тонкостенных свертных втулок недостаточно полно: отсутствует модель напряженно-деформированного состояния прессовых узлов с тонкостенными свертными втулками, учитывающая особенности их обработки дорнованием и позволяющая определять контактные давления на поверхностях деталей и влияние радиальных и тангенциальных напряжений на качество прессовых соединений.

Результаты литературного анализа позволяют сделать вывод, что изучение теоретических закономерностей и технологических параметров процесса упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием отверстий свертных втулок, запрессованных в корпуса, а также проектирование, совершенствование инструментов и оснастки являются актуальными. С учетом вышеизложенного сформулированы задачи исследования:

1. Изучить влияние конструктивно-геометрических параметров замка на напряженно-деформированное состояние прессового соединения с тонкостенными свертными втулками после упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием.
2. Спроектировать конструкцию деформирующего инструмента для упрочняюще-калибрующей обработки отверстий тонкостенных свертных втулок, запрессованных в корпуса, дорнованием.
3. Изучить влияние натяга дорнования и геометрических параметров дорна на следующие параметры качества:
 - прочность прессовых соединений со свертными втулками (усилие распрессовки);
 - геометрические параметры внутреннего диаметра втулки (отклонение от цилиндричности);

- качество внутренней поверхности втулки (шероховатость).

4. Разработать методику расчета технологических режимов упрочняюще-калибрующей обработки отверстий свертных втулок дорнованием.

5. Осуществить внедрение результатов исследования в производство.

Во второй главе решаются задачи, связанные с изучением напряженно-деформированного состояния прессовых соединений с тонкостенными свертными втулками, обработанных упрочняюще-калибрующим дорнованием. Методики расчетов напряженно-деформированного состояния прессовых соединений с тонкостенными свертными втулками и замка базируются на классической теории расчета составных цилиндров под внутренним давлением (задача Ламе-Гадолина).

В месте стыка втулки и корпуса суммарное контактное давление Σp_{cm} представляется суммой величин контактных давлений от запрессовки p и дорнования $p_{дорн}$:

$$\Sigma p_{cm} = \frac{E_2 \cdot \Delta_3}{d \cdot \left[\left(\frac{d^2 + d_0^2}{d^2 - d_0^2} - \mu_1 \right) \cdot \frac{E_2}{E_1} + \left(\frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_2 \right) \right]} + \frac{i}{d_0 \cdot \left[\left(\frac{d^2 + d_0^2}{d^2 - d_0^2} + \mu_1 \right) \cdot \frac{1}{E_1} \right]} \quad (1)$$

где Δ_3 – натяг запрессовки; i – натяг дорнования; E_1, E_2 – модули упругости материалов втулки и корпуса; μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона для тех же материалов; D – диаметр наружной поверхности корпуса; d – номинальный диаметр сопрягаемых поверхностей; d_0 – диаметр отверстия втулки.

На величину контактных давлений и их распределение в месте стыка свертной втулки и корпуса значительное влияние оказывает конструкция замка. На практике используют различные конструкции замков: косая, типа “ласточкин хвост”, прямоугольная, пилообразная и прямая по образующей втулки (рис.1. а, б, в, г, д).

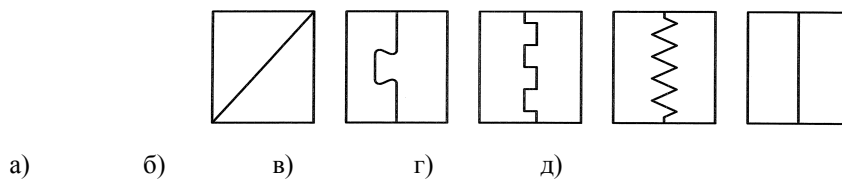


Рисунок 1 – Конструкции замков свертных втулок: а) косая, б) типа “ласточкин хвост”, в) прямоугольная, г) пилообразная, д) прямая

Анализ процесса запрессовки свертных втулок свидетельствует о том, что из-за возрастающих контактных давлений в их замке, наблюдается раскрытие замка и искажение геометрии внутреннего диаметра свертной втулки за счет загиба краев во внутрь, в направлении центра отверстия. Поэтому одной из целей процесса дорнования является ликвидация раскрытия замка свертных втулок. С учетом выше изложенного, наиболее рациональной конструкцией замка свертных втулок, обеспечивающей после дорнования надежность замка, является прямая конструкция.

Контактные давления в замке прямой конструкции свертной втулки, находящейся под действием внутреннего и наружного давлений, зависят от тангенциальных (окружных) напряжений, влияющих на смещения металла стенок свертной втулки к замку (рис.2) и распределенных по площади его стыка. Напряжения σ_{tl} , действующие в замке, будут неравномерно распределены по площади стыка. Так как внутренний радиус меньше наружного ($r_0 < r$), то напряжения σ_{tl} , в замке у внутренней поверхности свертной втулки, будут меньше напряжений у наружной поверхности. При этом в замке свертной втулки, действующие в стенке окружные напряжения, будут увеличиваться от внутренней поверхности по направлению к наружной поверхности.

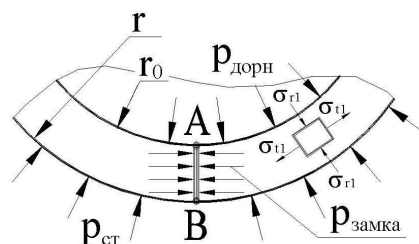


Рисунок 2 - Схема для расчета напряженно-деформированного состояния замка свертной втулки

Контактные давления, действующие в замке свертной втулки, определяются по формуле:

$$p_{замка} = \left[\frac{p_{дорн} \cdot r_0^2 - p \cdot r^2}{r^2 - r_0^2} + \frac{r_0^2 \cdot r}{r_*} \cdot \left(\frac{p_{дорн} - p}{r^2 - r_0^2} \right) \right] \cdot (r - r_0) \cdot l \quad (2)$$

где $p_{дорн}$ – контактные давления на внутренней поверхности от дорнования; r_0, r – внутренний и наружный диаметры свертной втулки; r^* – радиус свертной втулки, в котором действует соответствующее окружное напряжение; l – длина свертной втулки.

На основе анализа напряженно-деформированного состояния прессовых соединений со свертными втулками и их замков был разработан алгоритм расчета процесса упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием (рис.3). Исходными данными для расчета модели напряженно-деформированного состояния прессовых соединений со свертными втулками при упрочняюще-калибрующей обработке дорнованием являются: размеры обрабатываемых сопрягаемых деталей прессового узла и их материал. Затем определяются контактные давления и напряжения, действующие на соединение. Для получения прессового соединения заданной прочности, необходимо, чтобы втулка находилась в упругопластическом состоянии, а корпус – в упругом. Разработанный алгоритм расчета позволяет определить напряженно-деформированное состояние прессового соединения в процессе упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием.

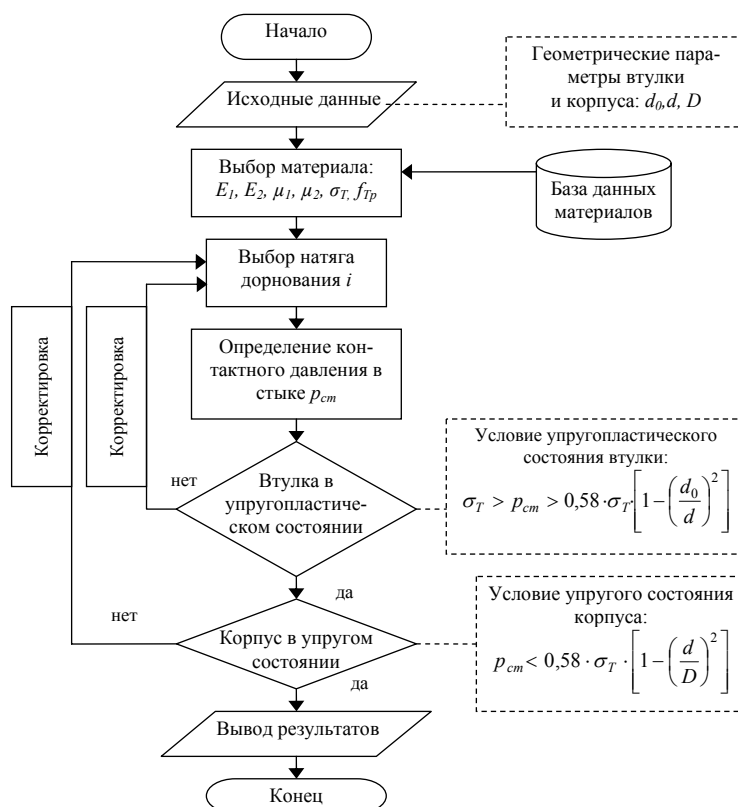


Рисунок 3 - Алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния при упрочняюще-калибрующей обработке

В третьей главе разработана методика расчета исполнительных размеров (d_0 – диаметр дорна, b – ширина ленточки, α – угол заборного конуса) деформирующего инструмента-дорна для обработки дорнованием цельных и свертных втулок, запрессованных в корпуса прессовых соединений узлов подшипников скольжения. Данная методика позволяет определить исполнительные размеры дорнов с учетом обратных упругих деформаций обрабатываемой поверхности свертной втулки и сопрягаемой поверхности корпуса, и полей их рассеяния в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого металла (модуль упругости E , коэффициент Пуансона μ , предел прочности при растяжении σ_b).

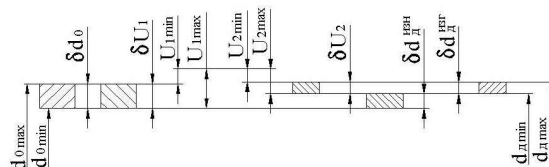


Рисунок 4 - Схема для определения предельных размеров диаметра дорна

Максимальный размер дорна по схеме на рис. 4, определяется выражением:

$$d_{0max} = d_{0max} + U_{1min} - U_{2min} \quad (3)$$

где U_{1min} – минимальная абсолютная упругая деформация на внутренней поверхности втулки; U_{2min} – минимальная абсолютная упругая деформация корпуса.

Минимальный диаметр дорна:

$$d_{0min} = d_{0max} - \delta d_0 + \delta U_2 - \delta U_1 \quad (4)$$

где $\delta U_1 = U_{1\max} - U_{1\min}$ - разница упругих деформаций при упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием для отверстия втулки; $\delta U_2 = U_{2\max} - U_{2\min}$ - разница упругих деформаций при упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием для отверстия корпуса.

Методика была положена в основу программы расчета исполнительных размеров дорна, разработанной в среде Microsoft Excel. Программа состоит из базы данных, включающей в себя сведения о физико-механических свойствах материала свертной втулки и рабочей рассчитывающей программы. Процедура расчета исполнительных размеров инструмента включает в себя ввод исходных данных: диаметр отверстия в корпусе D , диаметр втулки до обработки d_3 , диаметр втулки после обработки d_0 (все размеры задаются в виде номинальный размер, допуск на размер δ , верхнее отклонение Es), и расчет исполнительных размеров инструмента.

Для обработки прессовых узлов с тонкостенными свертными втулками, после запрессовки в корпуса, края замков которых загибаются во внутрь, в направлении центра отверстия, предложена конструкции дорна (рис. 5, а, патент RU № 2258591). Дорн содержит направляющую 1, рабочую 2, калибрующую части 3 и сужающийся паз 4, расположенный на направляющей 1 и рабочей частях 2, расширенным концом совпадающий с началом направляющей части. При этом сужающийся паз 4 оканчивается у последнего деформирующего зуба 5 рабочей части и имеет в поперечном сечении А-А радиусную форму.

При конструировании дорна, радиус r паза в поперечном сечении дорна зависит от длины хорды АВ (рисунок 5, б), образованной в точках загиба краев замка свертной втулки (точки А и В), которую можно определить, зная величину h и внутренний радиус R_1 свертной втулки по формуле:

$$AB = \sqrt{2 \cdot R_1 \cdot h - h^2} = 2 \cdot R_1 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (5)$$

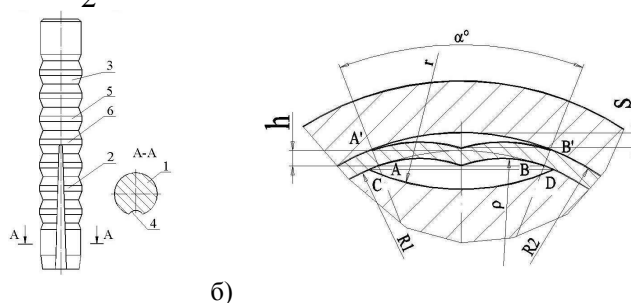


Рисунок 5 - Конструкция дорна (а), схема для расчета паза дорна (б)

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований и разработана методика определения технологических режимов процесса дорнования тонкостенной свертной втулки, запрессованной в корпус коромысла клапана механизма газораспределения дизельных двигателей.

Экспериментальные исследования проводились на прессе модели PVE-100 с максимальным усилием 100 тонн. В качестве инструментов для упрочняюще-калибрующей обработки использовались дорны. В качестве приспособления применялась разрезная обойма из стали 40Х с внутренним диаметром 32 мм, наружным – 90 мм, высотой 25 мм (рис. 6, а). В качестве образцов для экспериментальных исследований применяли свертные втулки, изготовленные гибкой из заготовок-карточек из антифрикционного материала-бронзы БрОЦС 4-4-2,5 с наружным диаметром 32 мм, толщиной стенки 1,2 мм (рис. 6, б). В качестве инструмента использовались дорны из Р6М5 (рис. 6, в). Натяг дорнования изменялся от 0,1 до 0,5 мм, угол заборного конуса от 3° до 7° , ширина цилиндрической ленточки от 1 до 2 мм. В качестве смазки применялось индустриальное масло 20.

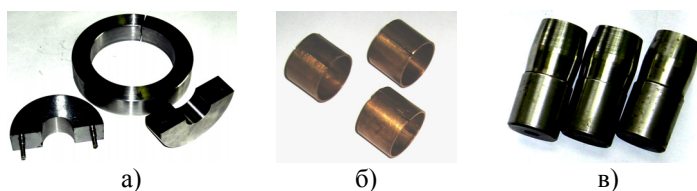


Рисунок 6 - Разъемная обойма (а) заготовка свертной втулки (б), дорны (в)

Для обеспечения при обработке заданных параметров качества разработана методика расчета технологических параметров обработки упрочняюще-калибрующего дорнования и исполнительных размеров дорна, которая представлена в виде алгоритма на рисунке 7. Исходными данными для расчета являются: размеры и физико-механические свойства деталей соединения, диаметр сопрягаемых поверхностей, усилие, скорость и натяг дорнования.

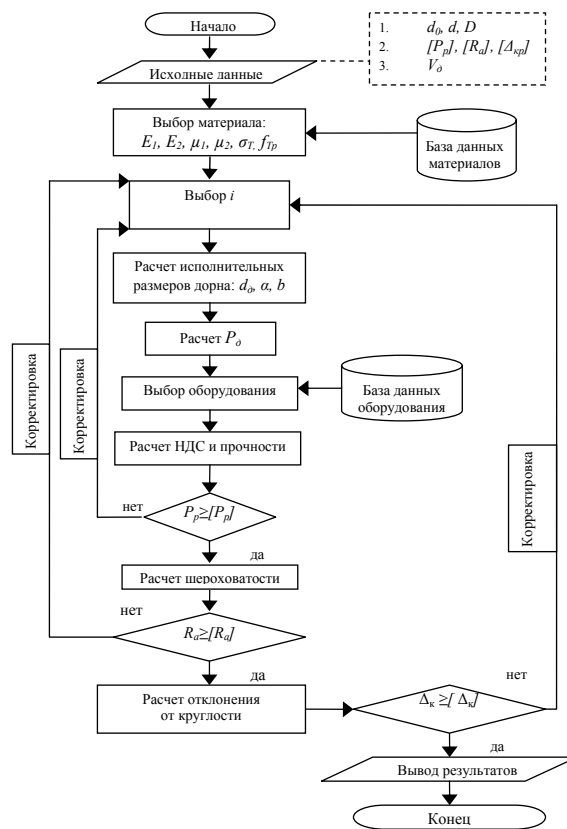


Рисунок 7 - Алгоритм расчета технологических параметров обработки упрочняюще-калибрующим дорнованием и исполнительных размеров дорна

Обработка результатов эксперимента осуществлялась на ЭВМ с применением метода наименьших квадратов для аппроксимации функции и построения аналитической зависимости по табличным данным (рис. 8, 9, 10).

Усилие распрессовки возрастает с увеличением натяга дорнования до определенного значения (рис. 8), затем при дальнейшем увеличении натяга усилие распрессовки снижается. Подобное обстоятельство подтверждается расчетами и объясняется тем, что прочность запрессовки обеспечивается упругопластическим состоянием тонкостенной свертной втулки до величины натяга дорнования 0,25 мм. С увеличением натяга в процессе дорнования возникающие внутренние напряжения достигают предела текучести материала тонкостенной свертной втулки, в результате чего в прессовом соединении превалируют пластические напряжения, что приводит к снижению его прочности. Одновременно с этим возрастает усилие дорнования, которое может привести к потере устойчивости и смятию тонкостенной свертной втулки в прессовом соединении.

График зависимости шероховатости обрабатываемой поверхности от величины натяга дорнования, при исследуемых углах заборного конуса, имеет параболический характер (рис. 9). Минимальное значение шероховатости соответствует величине натяга 0,25 мм, после чего с увеличением натяга шероховатость возрастает. Подобное обстоятельство, на наш взгляд, можно объяснить значительным увеличением усилия дорнования и сил трения в зоне контакта дорна и обрабатываемой поверхности, что обуславливает возникновение адгезионных связей между поверхностями трения, приводящих к увеличению шероховатости.

С увеличением величины натяга дорнования улучшается геометрия внутреннего диаметра свертной втулки, для исследованных величин углов заборного конуса (рис.10), что является следствием глубины протекания пластических деформаций, наибольшей при величине натяга 0,1-0,3 мм.

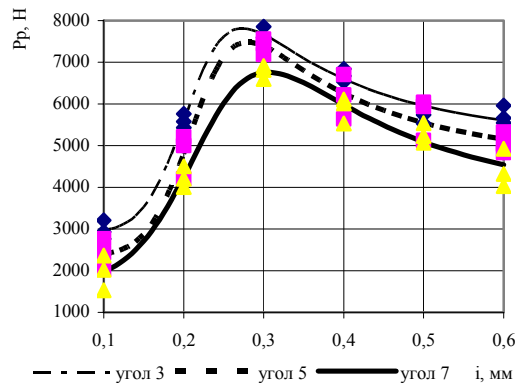


Рисунок 8 – Зависимость усилия распрессовки P_p от величины натяга дорнования i при углах заборного конуса 3° , 5° , 7° , при ширине цилиндрической ленточки 1 мм.

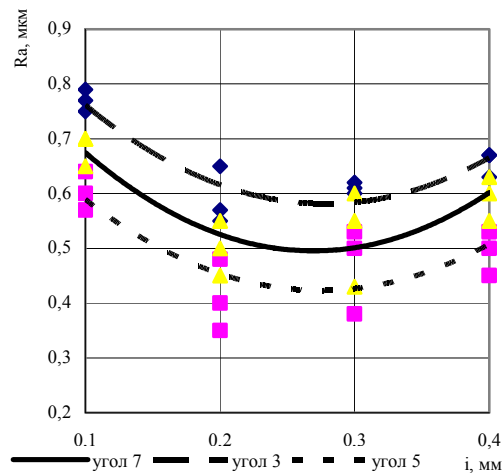


Рисунок 9 – Зависимость шероховатости Ra обработанной поверхности отверстия свертной втулки от величины натяга дорнования при углах заборного конуса 3° , 5° , 7° , при ширине цилиндрической ленточки 1 мм.

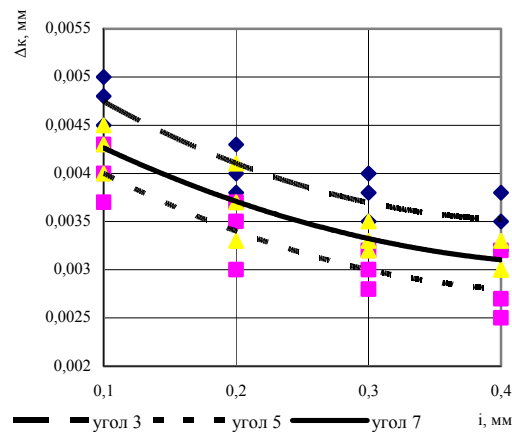


Рисунок 10 - Зависимость отклонения от круглости внутреннего диаметра свертной втулки от величины натяга дорнования при углах заборного конуса 3° , 5° , 7° , при ширине цилиндрической ленточки 1 мм.

Для выявления математических зависимостей показателей качества от технологических режимов проводились однофакторные эксперименты. Результаты экспериментов обработаны на ЭВМ с помощью методики планирования экспериментов. В ходе обработки результатов получены зависимости, которые могут служить в качестве ограничений при определении технологических режимов упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием.

$$\text{Для усилия распрессовки } P_{распр} = \frac{a_1 i^2 + a_2 i + a_3}{a_4 i^2 + a_5 i + 1} \quad (6)$$

где a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 – коэффициенты определяемые по формулам:

$$a_1 = 11263\alpha + 9906,4 \quad (7)$$

$$a_2 = -4354,1\alpha + 379,24 \quad (8)$$

$$a_3 = 372,93\alpha + 625,36 \quad (9)$$

$$a_4 = 1,2192\alpha + 10,874 \quad (10)$$

$$a_5 = -0,359\alpha - 5,6971 \quad (11)$$

$$\text{Для шероховатости: } R_a = K(c_1i^2 + c_2i + c_3) \quad (12)$$

где K, c_1, c_2, c_3 , – коэффициенты определяемые по формулам:

$$c_1 = -0,7083\alpha^2 + 2,7082\alpha + 3,6668 \quad (13)$$

$$c_2 = 0,3025\alpha^2 - 1,1225\alpha - 2,3333 \quad (14)$$

$$c_3 = -0,0229\alpha^2 - 0,002\alpha + 1,0449 \quad (15)$$

$$K = 1 - 0,0976(b-1) \quad (16)$$

$$\text{Для отклонения от круглости: } \Delta_k = K_1(d_1i^2 + d_2i + d_3) \quad (17)$$

где K_1, d_1, d_2, d_3 , – коэффициенты определяемые по формулам:

$$c_1 = -0,0009\alpha + 0,0143 \quad (18)$$

$$c_2 = 0,0005\alpha - 0,0113 \quad (19)$$

$$c_3 = -0,0002\alpha + 0,0059 \quad (20)$$

$$K_1 = 1,085 - 0,085b \quad (21)$$

В пятой главе приведены результаты внедрения на производстве процесса упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием отверстий свертных втулок, запрессованных в неразъемные корпуса, при изготовлении коромысла клапана механизма газораспределения дизельных двигателей на ОАО “ПО АМЗ” (рис. 12).



Рисунок 12 - Коромысло клапана механизма газораспределения дизельных двигателей (а), дорт для обработки коромысла (б)

В предложенном технологическом процессе было применено упрочняюще-калибрующее дорнование отверстия свертной втулки после ее запрессовки в корпус коромысла. С помощью разработанных методик были определены оптимальные технологические параметры: натяг дорнования 0,2 мм, усилие дорнования 1,5 кН, скорость дорнования 20 м/мин, и геометрические параметры инструмента: угол заборного конуса 5° , ширина цилиндрической ленточки 1 мм. Назначенные технологические параметры и геометрические параметры инструмента позволяют получить требуемые параметры качества: усилие распрессовки 7кН, отклонение от круглости 0,003 мм и шероховатость поверхности 0,63 мкм.

Таблица 1

Сравнительный анализ методов обработки

Параметр	Метод обработки	
	Растачивание	Дорнование
Усилие распрессовки, кН	0,5	0,6-0,75
Отклонение от круглости, Δ_k , мм	0,006-0,005	0,003-0,002
Шероховатость поверхности R_a , мкм	2,5-1,25	0,63-0,32
Трудоемкость, мин	1,229	0,94

В целях повышения качества прессовых соединений со свертными втулками проведены следующие научно-технические и технологические работы:

1. Разработана методика проектирования технологических режимов процесса дорнования тонкостенной свертной втулки, запрессованной в корпус коромысла клапана механизма газораспределения дизельных двигателей;
2. Разработана методика и программа определения исполнительных размеров дорна;
3. Спроектирована, изготовлена и испытана конструкция дорна.

Результаты исследований, изложенные в диссертации используются при технологической подготовке производства коромысла клапана механизма газораспределения дизельных двигателей на ОАО “ПО АМЗ”. Разработанные технологические параметры и конструкция дорна используется в производстве.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения составляет 306570 (триста шесть тысяч пятьсот семьдесят) рублей.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. В диссертационной работе решена актуальная задача повышения качества прессовых соединений типа “свертная втулка-корпус”, за счет увеличения контактных давлений на сопрягаемых поверхностях путем упругопласти-

ческого деформирования отверстий тонкостенных свертных втулок, с использованием упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием.

2. Исследования показали, что наиболее прочное прессовое соединение типа “тонкостенная свертная втулка-корпус” обеспечивает такое напряженно-деформированное состояние, при котором втулка находится в упругопластическом состоянии, а корпус в упругом.

3. Установлены зависимости усилия распрессовки, отклонения от круглости и шероховатости обрабатываемой поверхности от натяга дорнования и геометрических параметров инструмента.

4. Разработана методика расчета исполнительных размеров дорна, позволяющая определить исполнительные размеры дорнов с учетом обратных упругих деформаций обрабатываемого отверстия свертной втулки в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого металла.

5. Экспериментальными исследованиями подтверждено, что упрочняюще-калибрующая обработка дорнованием повышает качество прессовых соединений с тонкостенными свертными втулками. Усилие распрессовки увеличилось в 1,2-1,5 раза, шероховатость и отклонение от круглости внутренних поверхностей свертных втулок повысилось в 1,7-2 раза. При этом трудоемкость изготовления прессовых узлов с тонкостенными свертными втулками снизилась в 1,3 раза, при снижении коэффициента использования металла с 0,6 до 0,9.

6. Промышленные испытания подтвердили результаты исследований. Разработанная технология изготовления коромысла клапана механизма газораспределения внедрена на ОАО ПО АМЗ, годовой экономический эффект составил 306570 рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Осипов, Ю. К. Проблемы установки свертных втулок в неразъемные корпуса подшипников скольжения // Проблемы социального и научно-технического развития в современном мире: тез. докл. 6-й науч.-техн. конф. 13-14 мая 2004 г. – Рубцовск: Изд-во РИО РИИ, 2004. – С. 37-38.

2. Осипов, Ю. К. Повышение качества запрессовки свертных втулок с помощью дорнования // Управление качеством образования, продукции и окружающей среды: материалы 2-й межрегион. науч.-практ. конф. 6-7 июля 2004 г. – Бийск, 2004. – С. 29-32.

3. Осипов, Ю. К. К вопросу о повышении качества прессовых соединений типа “втулка – корпус” / Ю. К. Осипов, О. А. Зюбина // Управление качеством образования, продукции и окружающей среды: материалы 2-й межрегион. науч.-практ. конф. 6-7 июля 2004 г. – Бийск, 2004. – С. 32-34.

4. Осипов, Ю. К. Способ повышения прочности прессовых соединений типа “свертная втулка – корпус” // Молодежь – Барнаулу: материалы 6-й городской науч.-практ. конф. – Барнаул, 2004. – С. 305-306.

5. Осипов, Ю. К. Преимущества запрессовки свертных втулок в корпус дорнованием / Ю. К. Осипов, В. М. Роговой // Наука. Технологии. Инновации: материалы науч. конф. молодых ученых: в 6-ти ч. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – Ч. 3. – С. 23-24.

6. Осипов, Ю. К. Изменение длины развертки свертной втулки при запрессовке в неразъемный корпус подшипника скольжения / Ю. К. Осипов, В. М. Роговой, В. А. Хоменко // Наука и молодежь: 2-я всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005. – С. 19-20.

7. Осипов, Ю. К. Исследование остаточных напряжений в стенках свертных втулок после дорнования прессовых соединений / Ю. К. Осипов, В. М. Роговой // Проблемы социального и научно-технического развития в современном мире: тез. докл. 7-й межрегион. науч.-техн. конф. – Рубцовск: Изд-во РИО РИИ, 2005. – С. 52-53.

8. Осипов, Ю. К. Качество внутренней поверхности свертных втулок, запрессованных в корпус дорнованием / Ю. К. Осипов, В. М. Роговой // Наука. Технологии. Инновации: материалы научн. конф. молодых ученых: в 7-ми ч. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – Ч. 7. – С. 26-27.

9. Осипов, Ю. К. Приспособление для выдавливания смазочных канавок / Ю. К. Осипов, В. М. Роговой, В. А. Хоменко // Современные технологические системы в машиностроении (СТСМ-2005): сборник тез. докл. междунар. конф. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005. – С. 143-144.

10. Осипов, Ю. К. Получение свертных втулок и повышение качества их соединения в узле. / А. Н. Черных // Молодежь – Барнаулу: материалы 7-й город. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2006. – С. 366-367.

11. Проблемы изготовления свертных втулок и прессовых соединений с ними / Ю. К. Осипов, В. М. Роговой, В. А. Хоменко и др. // Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе: материалы 4-й всерос. науч.-практ. конф. 23 марта 2006 г. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – С. 88-91.

12. Осипов, Ю. К. Конструкция деформирующего инструмента для обработки свертных втулок с вогнутыми краями / Ю. К. Осипов, В. М. Роговой, В. А. Хоменко // Ползуновский альманах. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. – № 1. – С. 143-144.

13. Осипов, Ю. К. Дорн / Ю. К. Осипов, В. М. Роговой, В. А. Хоменко и др. // Проблемы социального и научно-технического развития в современном мире: материалы всерос. науч.-техн. конф. 27-28 апреля 2006 г. – Рубцовск: РИО РИИ, 2006. – С. 65-67.

14. Хоменко, В. А. Повышение качества и контроль прессовых узлов с тонкостенными свертными втулками после дорнования / В. А. Хоменко, Ю. К. Осипов, В. М. Роговой // Ползуновский вестник. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. – № 4. – С. 36-39.

15. Черных, А. Н. Автоматизация расчета исполнительных размеров при проектировании деформирующего инструмента / Ю. К. Осипов, В. А. Хоменко // Наука и молодежь: 3-я всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. – С. 25-26.

16. Осипов, Ю. К. Инструмент для дорнования прессовых соединений со свертными втулками / Ю. К. Осипов, В. М. Роговой, В. А Хоменко // Современные технологические системы в машиностроении (СТСМ-2006): тезисы докладов междунар. науч.-техн. конф. посвящ. 100-летию со дня рожд. Т.В. Ершова – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. – С. 67-70.

17. Пат. 2258591. Российская Федерация. МПК⁷ В 23 Р 19/02. Дорн / Ю. К. Осипов, В. М. Роговой, В. А Хоменко; АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – 2004128053/02; заявл. 20.09.2004; опубл. 20.08.05; бюл. № 23.