

**ЛУЧКОВ ВИКТОР ВЛАДИМИРОВИЧ**

Разработка рациональной технологии запрессовки зубков с целью повышения надежности и долговечности работы шарошек бурового инструмента

6N0712 - Машиностроение

**Автореферат**

диссертации на соискание академической степени магистра технических наук

Республика Казахстан

Усть-Каменогорск, 2011

Работа выполнена в Восточно-Казахстанском Государственном техническом университете им. Д. Серикбаева

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор  
Бицоев Геннадий Дадоевич

Официальный оппонент: доктор технических наук, профессор  
Шеров Карибек Тагаевич

Защита состоится «20» июня 2011 года в 9.00 часов на заседании диссертационного совета Восточно-Казахстанского Государственного технического университета им. Д. Серикбаева по адресу: г. Усть-Каменогорск, ул. Дзержинского 7/2.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева.

Автореферат разослан «20» мая 2011 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Капаева Саркен Джулгазывна

**Диссертация состоит** из введения, четырех разделов, заключения, изложенных на 75 страницах и содержит: 22 рисунка, 7 таблиц, список литературы из 24 наименований. Также диссертация содержит 10 приложений, изложенных на 36 страницах.

**Ключевые слова:** технологический процесс, запрессовка, анаэробные материалы (АМ), селективная сборка, низкий отпуск, шероховатость, натяг, усилие запрессовки, усилие выпрессовки, твердосплавное вооружение, напряжение сжатия на контактной поверхности, упругие деформации, упругопластические деформации, шлиф (темplet), моделирование, внутренние напряжения, полимеризация.

**Актуальность исследования** заключается в повышении надежности и долговечности работы шарошек долота за счет повышения качества крепления зубков в посадочных гнездах. Решение данной проблемы является актуальной для машиностроительного производства, в частности для производства бурового инструмента.

**Цель исследования.** Повышение эксплуатационных свойств инструмента за счет разработки рациональной технологии запрессовки вооружения.

**Методы исследования.** При выполнении работы применялись: методы теоретических исследований, включающие наблюдение, анализ, сравнение, определение расчетных зависимостей с помощью формул, графиков, таблиц; современные экспериментальные методы компьютерной графики, имитационное моделирование, анализ микроструктур полученных темплетов, определение твердости материалов, фиксация искомых величин непосредственно в процессе эксперимента с помощью приборов.

#### **Полученные результаты.**

1) рассчитан оптимальный натяг для запрессовки зубков в гнезда корпуса шарошки;

2) обоснована необходимость проведения низкого отпуска после запрессовки для приведения зерен металла шарошки в упорядоченное состояние (снятие внутренних напряжений для исключения возможности появления трещин). Для наглядности сделаны снимки темплетов (шлифов), на которых четко видно различие в состоянии металла, подвергнутого низкому отпуску и не подвергнутого;

3) в результате применения АМ для заполнения микропустот, остающихся после запрессовки зубков, увеличилось усилие, необходимое для выпрессовки зубков в среднем на 24% по сравнению с «сухой» запрессовкой;

4) разработан технологический процесс запрессовки и шлифовки твердосплавных зубков;

5) разработан и предлагается к использованию комплекс программ для автоматизации инженерных расчетов при подборе групп сортировки для селективной сборки. За счет этого значительно упрощается методика расчета групп сортировки для селективной сборки.

### **Научная новизна работы.**

- 1) обоснована необходимость запрессовки в области упруго-пластических деформаций;
- 2) установлено, что применение АМ увеличивает площадь контакта сопрягаемых поверхностей (за счет заполнения микропустот от наличия шероховатости поверхностей) и увеличивает срок службы долота;
- 3) доказано, что применение АМ увеличивает усилие удержания зубка в гнезде;
- 4) впервые разработана методика расчета натяга и определения области деформаций при соединении зубков с корпусом шарошки;
- 5) экспериментально изучено влияние низкого отпуска на структуру деформированного металла, а также на изменение усилия, необходимого для выпрессовки «отпущенных» зубков в сравнении с «не отпущенными».

### **Практическая значимость работы.**

- 1) увеличение силы удержания твердосплавных зубков в посадочных гнездах за счет применения АМ увеличивает долговечность (проходку) долота и повышает надежность работы вооружения;
- 2) разработан комплекс программ, что позволило значительно модернизировать процесс подготовки сортировочных групп для селективной сборки.

**Сведения о публикациях.** По теме диссертации опубликовано 2 статьи.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** дана оценка современного состояния решаемой технологической проблемы, заключающейся в малой величине проходки скважин при бурении трехшарошечным долотом типа III 244,5 ОК-ПВ.5 производства АО «Востокмашзавод» по сравнению с инструментом других предприятий. На основании этого поставлены цель и задачи исследования. Приведены основание и исходные данные для разработки темы, обоснована необходимость проведения данной экспериментально-исследовательской работы. Также приведены сведения о метрологическом обеспечении диссертации, показана актуальность и новизна темы; приведены объект и предмет исследования.

**В первой главе** выполнен обзор научно-технической литературы: рассмотрены вопросы взаимодействия зубка с забоем скважины, современное состояние работы вооружения отечественных и российских долот, вопросы оптимизации при обеспечении требуемого натяга, описана методика селективной сборки.

Также описано влияние натяга в комплексе с динамическими нагрузками на эксплуатационные свойства инструмента и состояние материалов сопрягаемых деталей.

В результате проведенной в данной главе работы установлены причины выпадения твердосплавных зубков из посадочных гнезд, а также для

дальнейшего применения получена подробная информация об АМ, методике их применения, стоимости и основных эксплуатационных свойствах.

**Вторая глава** посвящена непосредственно процессам экспериментальных и теоретических исследований по выбранной теме. Было выбрано и обосновано направление исследования - повторить технологический процесс изготовления шарошки долота с последующей запрессовкой твердосплавного вооружения, используя реальную модель, изображенную на рисунке 1.

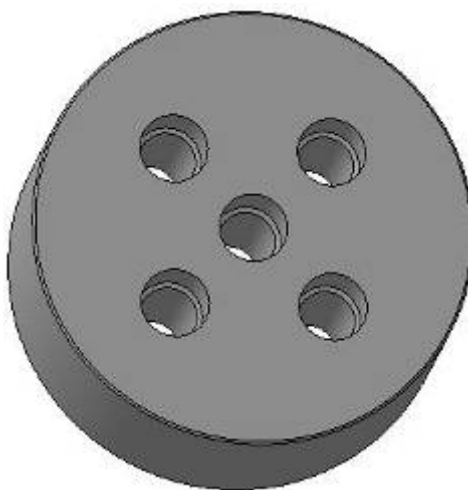


Рисунок 1 – Модель для проведения исследований по запрессовке твердосплавных зубков

Первоначально (для начала проведения экспериментов) была рассчитана и получена оптимальная величина натяга для запрессовки зубков в корпус шарошки, которая составила от 0,07 мм до 0,12 мм в отличие от применяемой на заводе – 0,04 мм до 0,07 мм. По максимальному значению натяга рассчитано усилие, необходимое для запрессовки. Для оценки равноресурсности соединения по заранее рассчитанному напряжению сжатия на контактной поверхности определены области деформаций для каждого из натяга в соединении: 0,04 мм; 0,07 мм; 0,09 мм; 0,12 мм. Установлено, что при натяге 0,04 мм материал стенок шарошки деформируется упруго, а при натягах 0,07 мм...0,12 мм – упруго-пластически. Также доказано преимущество использования натягов, вызывающих упруго-пластические деформации. Условно преимущество упруго-пластического деформирования гнезда корпуса шарошки по сравнению с упругим деформированием показано на рисунке 2.

Было установлено, что в области только упругих деформаций допустимые изменения размера натяга приводят к значительным изменениям внутренних напряжений и, следовательно, прочности закрепления зубка. В области упруго-пластических деформаций допустимые изменения размера натяга приводят к незначительным изменениям внутренних напряжений и прочности закрепления зубка:  $S_{упр} \gg S_{упр-пласт}$ .

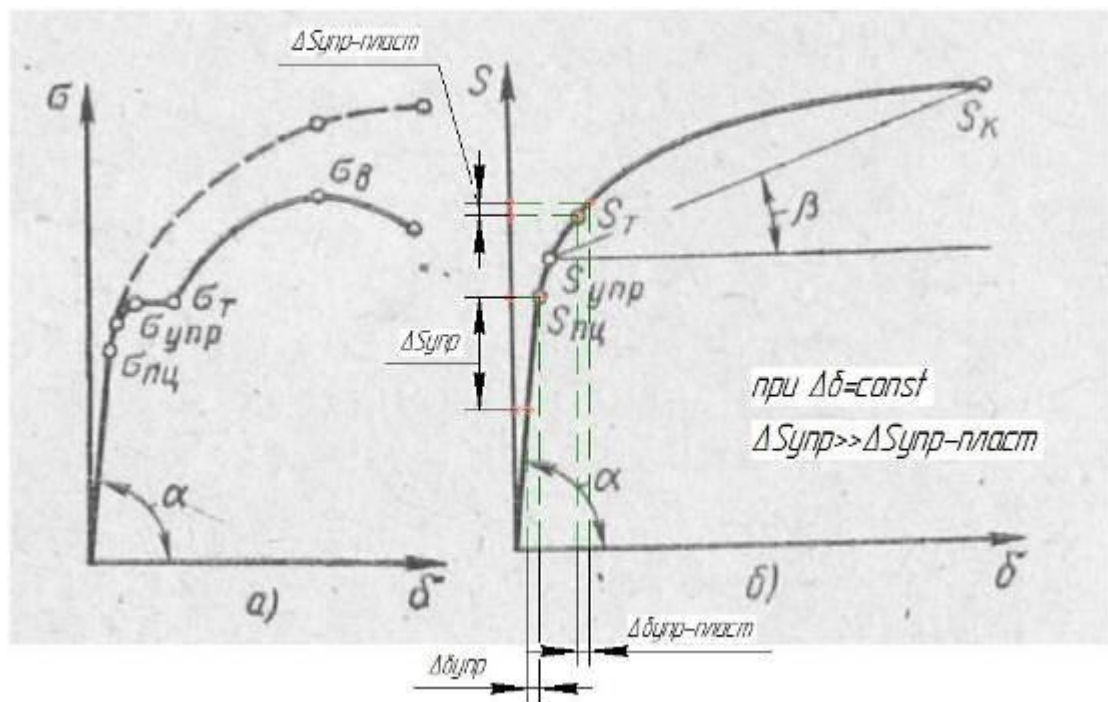


Рисунок 2 – Диаграмма условных (а) и истинных (б) напряжений

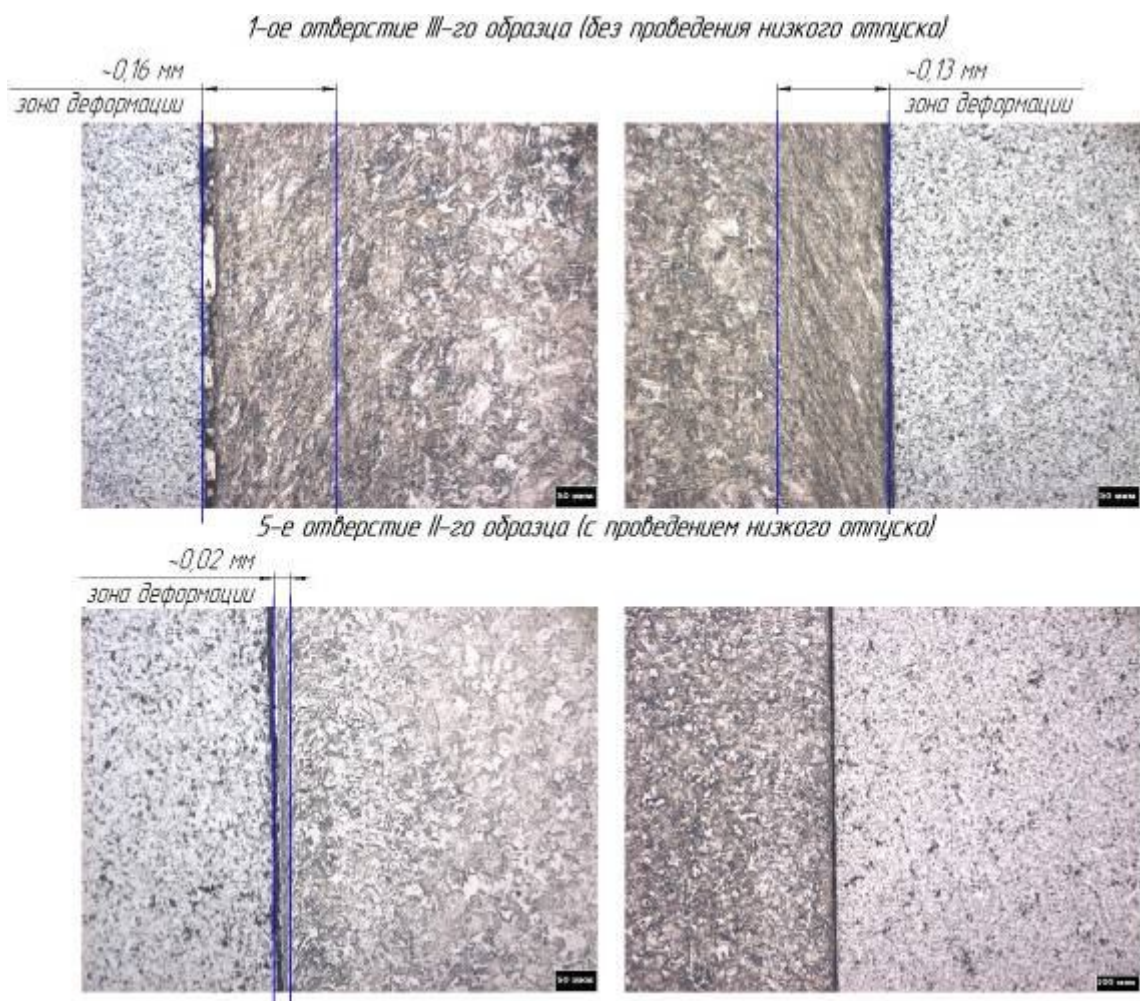


Рисунок 3 – Воздействие низкого отпуска на структуру стали 18ХНЗМА-III

В работе определено влияние операции низкого отпуска на структуру зерен металла (см. рисунок 3). В процессе запрессовки образуется зона деформации металла, достигающая разных величин в зависимости от выбранного натяга (в нашем случае – 0,13...0,16 мм). Проведение термической обработки – низкого отпуска – снимает внутренние напряжения, выравнивая степень деформации внутри материала шарошки (до 0,02 мм).

В ходе проведения экспериментальных исследований было установлено, что проведение термообработки – низкого отпуска – выравнивает прочность обжатия по периметру зубка, снимая механический наклеп на наиболее нагруженных участках и делает структуру металла более равновесной.

Также при проведении экспериментальной части работы был доказан положительный эффект от применения АМ. Применение при сборке АМ позволило увеличить усилие выпрессовки в среднем на 24% по сравнению с «сухой» запрессовкой (см. рисунок 4 и таблицу 1), что делает идею применения АМ перспективной, требующую испытаний изделий в реальных условиях.

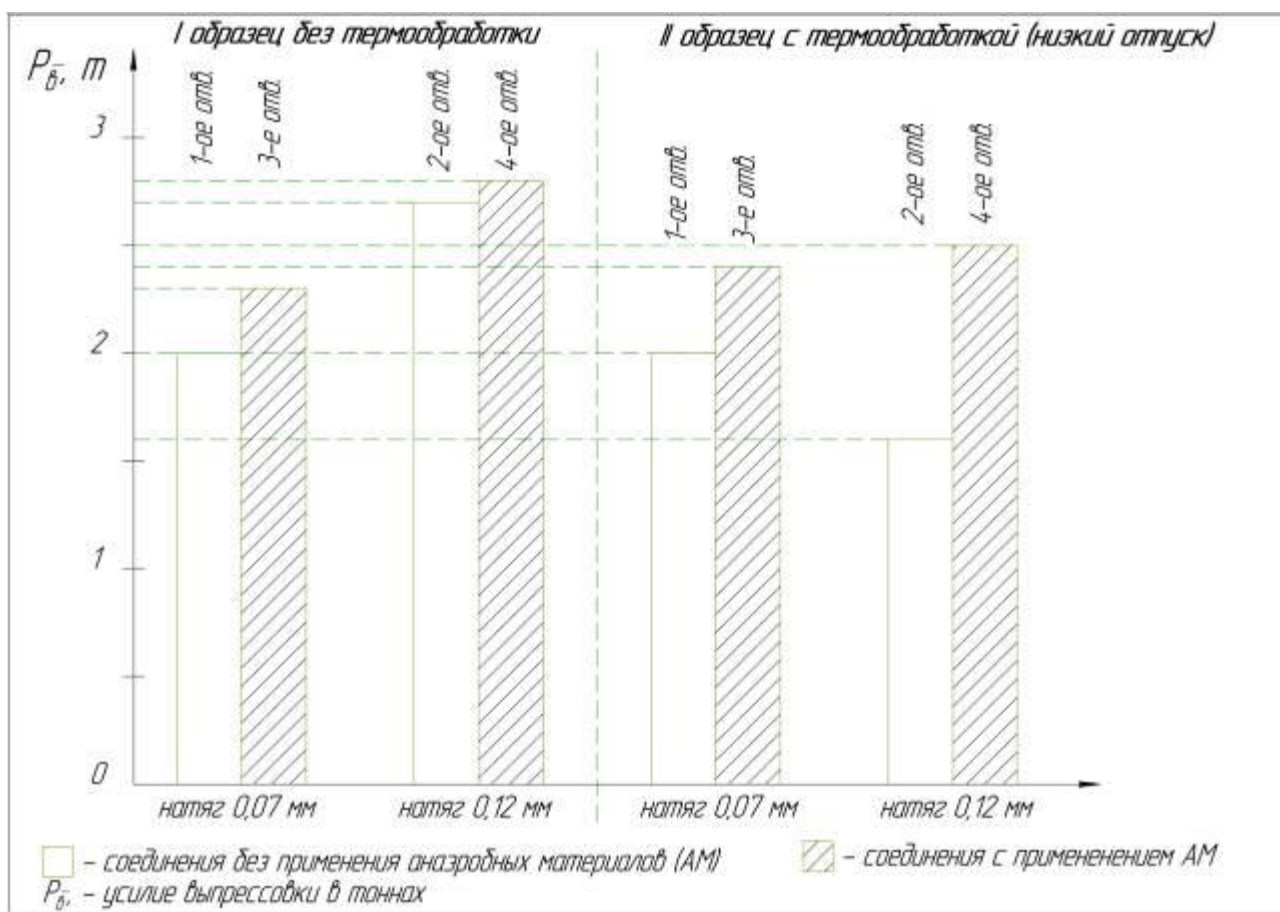


Рисунок 4 – Гистограмма для сравнения усилий выпрессовки соединений с натягом при применении супер-клея ALTECO 110 по сравнению с «сухой» запрессовкой

Таблица 1 – Усилие выпрессовки соединений с натягом при применении суперклея ALTECO 110 по сравнению с «сухой» запрессовкой

Образец	1-ый образец				2-ой образец			
	1	3	2	4	1	3	2	4
№ отверстия								
Натяг, мм	0,07		0,12		0,07		0,12	
Использование АМ	-	+	-	+	-	+	-	+
Усилие выпрессовки $P_e$ , т	2	2,3	2,7	2,8	2	2,4	1,6	2,5
Процентное выражение	$P_e^{I.3} > P_e^{I.1}$ на 15%		$P_e^{I.4} > P_e^{I.2}$ на 4%		$P_e^{II.3} > P_e^{II.1}$ на 20%		$P_e^{II.4} > P_e^{II.2}$ на 56%	
<b>Примечание</b> Знак «-» в графе «Использование АМ» означает, что в данном сопряжении АМ не применялись; знак «+» указывает на применение для данного сопряжения суперклея								

В третьей главе проведен анализ существующей технологии, касающейся подготовки сопрягаемых поверхностей под запрессовку, операции запрессовки и шлифовки зубков по группам сортировки. При проведении анализа даны замечания и указания на существующие недоработки, предложены пути их решения:

- 1) учитывая серийный тип производства, исключить из технологического процесса трудоемкие слесарные операции по наживлению зубков в гнезда корпуса шарошки;
- 2) учитывая серийный тип производства, заменить слесарную операцию по обдувке воздухом просверленных в корпусе шарошки отверстий на более производительную моечную операцию – с использованием специальной моечной машины;
- 3) изменить диапазон значений групп сортировки для отверстий в корпусе шарошки, так как этот диапазон завышен на 6 мкм безо всякого обоснования;
- 4) исключить из технологического процесса бесцентрово-шлифовальную операцию по шлифовке заходной фаски, так как обоснована ненужность этой операции;
- 5) необходимо разработать операционный технологический процесс (запрессовки и шлифовки зубков), отвечающий всем требованиям и правилам технологии машиностроения для серийного типа производства, так как существующий технологический процесс совершенно не отвечает установленным правилам и требованиям.

После проведенного анализа, а также на основании полученных результатов экспериментальных исследований, разработан технологический процесс запрессовки и шлифовки зубков. Также по измененным значениям групп сортировки отверстий соответственно рассчитаны значения диаметров зубков в каждой группе.

Четвертая глава посвящена разработке комплекса из четырех программ в редакторе Microsoft Excel 2007. Программы предназначены для сокращения сроков подготовки технологической документации и предлагаются для

внедрения в производство. Использование программ помимо повышения производительности сокращает возможность появления ошибки в вычислениях. Кроме того, упрощается методика расчета групп сортировки для селективной сборки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Рассмотрена принципиальная схема работы твердосплавного зубка и воспринимаемые им нагрузки. Испытываемые зубком знакопеременные нагрузки требуют от стенок шарошки постоянного усилия, способного удерживать твердосплавную вставку в гнезде. Это усилие обеспечивается степенью деформации и заданным натягом. Последний, в свою очередь, должен быть оптимальным и не изменять своего значения в процессе эксплуатации инструмента. Среди предлагаемых методов оптимизации при обеспечении требуемого натяга в работе применены и рассмотрены метод селективной сборки и применение при запрессовке АМ.

2. Применен принцип моделирования - для большей достоверности и наглядности при проведении экспериментальной части работы. Модель имитировала отверстие в корпусе шарошки, куда запрессовывались твердосплавные зубки с рассчитанным оптимальным натягом. Для повышения равноресурсности работы вооружения предлагается использовать рассчитанный оптимальный натяг, сдвинув натяги в сторону увеличения – вместо применяемых 0,04 ммч0,07 мм использовать натяги 0,07 ммч0,12 мм, так как в первом случае в материале гнезда шарошки наряду с упругими могут возникать и упруго-пластические деформации, а во втором – исключительно упруго-пластические, что стабилизирует величину усилия обжатия зубков.

3. Обоснована необходимость проведения низкого отпуска после запрессовки для приведения зерен металла шарошки в упорядоченное состояние (снятие внутренних напряжений для исключения возможности появления трещин). Для наглядности сделаны снимки темплетов (шлифов), на которых четко видно различие в состоянии металла, подвергнутого низкому отпуску и не подвергнутого.

4. Впервые при сборке (запрессовке) применены АМ для заполнения микропустот, остающихся после запрессовки. Это позволило увеличить усилие, необходимое для выпрессовки зубка в среднем на 24% по сравнению с «сухой» запрессовкой.

5. Разработан технологический процесс запрессовки, шлифовки на бланках операционных карт (заводских) для применения полученных результатов. Технологический процесс разработан с перспективой быстрого внедрения в существующее производство.

6. Разработан и предлагается к использованию комплекс из четырех программ для автоматизации инженерных расчетов при подборе групп сортировки для селективной сборки. За счет этого значительно упрощается методика расчета групп сортировки для селективной сборки.

7. Получено решение технического отдела АО «Востокмашзавод» о возможности внедрения технологического процесса шлифовки и запрессовки твердосплавных зубков долот типа III 244,5-ОК.ПВ.5 в действующее производство (Приложение Л).

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Лучков В.В. Оценка необходимости выбора оптимальной технологии запрессовки твердосплавных зубков с целью повышения долговечности работы шарошек бурового инструмента. // X Республиканская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 2010. Часть II.
2. Лучков В.В. Методика расчета натяга и определение области деформаций деталей при соединении зубков с корпусом шарошки. // XI Республиканская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 2011. Часть II.

## ЛУЧКОВ ВИКТОР ВЛАДИМИРОВИЧ

Бұрғылау құралы шаржысының жұмыс істеуінің сенімділігі мен ұзақ уақытқа төзімділігін арттыру мақсатында тістерді нығыздап кіргізудің жаңашыл технологиясы

### Түйіндеме

**Диссертация 75 беттен** : кіріспе, 4 бөлім, қорытынды және 22 сурет, 7 кесте, 24 әдебиеттер тізімінен тұрады. Сонымен қатар оған 36 беттен тұратын 10 қосымша кіреді.

**Қажетті сөздер:** технологиялық үрдіс (процесс), нығыздап кіргізу, анаэроптық материалдар (АМ), селективтік құрастыру, төменгі босату, кедір-бұдырлық, тарту, нығыздап кіргізуді күшейту, нығыздап шығаруды күшейту, қатты қорытпа жабдығы, түйіскен беттегі қосу кернеуі, серпінді деформациялар, серпінді иілімді деформациялар, тілімтас (темплет), модернизациялау, ішкі кернеу, полимерлендіру.

**Зерттеу өзектілігі.** Бекітілген ұяшықтардағы тістердің бекіту сапасын арттыру арқылы бұрғы қашаудың шаржысының жұмыс істеу сенімділігі мен ұзаққа төзуін жақсарту. Бұл мәселе машина жасау өндірісінде, соның ішінде бұрғылау құралдары үшін өте маңызды.

**Зерттеудің мақсаты.** Жабдықтарды нығыздап кіргізудің рационалдық технологияларын жасау арқылы құралдың қолдану қасиеттерін көтеру.

**Зерттеу әдістері.** Қолданылған әдістер: теориялық зерттеулердің әдістері, бұған бақылау, талдау, салыстыру, формулалар, сызбалар, кестелер көмегімен есептеулер жүргізу, имитациялық үлгілеу, темплеттердің микроқұрылымын талдау, материалдардың қаттылығын анықтау және аспаптар көмегімен тәжірибе кезіндегі зерттелетін шамаларды белгілеу, анықтау жатады.

### Алынған нәтижелер.

1) шаржы тұрқысы ұяшығына тістерді нығыздап кіргізудің ұтымды тартуы есептелінген;

2) шаржы металлы түйіршектерін (қалыпқа келтіру) реттеу үшін нығыздап кіргізгеннен кейін төменгі босатудың қажеттілігі дәлелденген. (сызаттарды пайда болдырмау үшін ішкі кернеуді алу). Төменгі босатуға ұшыраған және ұшырамаған металл күйлерінің айырмашылығы (тілімтас) темплеттердегі суреттерде анық көрінген;

3) қуыстарды толтыру үшін АМ қолдану нәтижесінде тістерді нығыздап кіргізуден қалған күш, «құрғақ» нығыздап кіргізумен салыстырғанда, нығыздап шығаруға қажетті күштен орта есеппен 24% артқан;

4) қатты қорытпа тістердің шлифовкасы мен нығыздап кіргізудің технологиялық процесі жасалған;

5) селективтік құрастыру үшін іріктелінген автоматты инженерлік есептеулердің бағдарламалар кешені жасалып, ұсынылған. Соған байланысты селективтік құрастыру үшін іріктеу топтарының есептеу әдісі жеңілдейді.

**Жұмыстың ғылыми жаңалығы.**

1) серпінді иілімді деформация аумағында нығыздап кіргізудің қажеттілігі дәлелденген;

2) АМ-ді қолдану түйіскен беттердің байланысу ауданын кеңейтетіні және бұрғы қашаудың қызмет ету мерзімін ұзартатыны анықталған. (Беттердің кедір-бұдырлылығынан басқа қуыстарды толтыру арқылы);

3) АМ қолдану тістің ұяшықта ұсталуын күшейтеді;

4) алғашқы рет тартуды есептеудің әдістемесі және тістің шаржы тұрқысымен қосылуы деформациясының аумағы анықталған;

5) тәжірибе жүзінде төменгі босатудың деформацияланған металл құрылымына әсері, сонымен қатар (тістердің) «босатылған» тістердің, «босатылмаған» тістермен салыстырғандағы нығыздап шығаруға керекті күштің өзгеруі анықталған.

**Жұмыстың практикалық маңыздылығы.**

1) АМ қолдану бекітілетін ұяшықтардағы қатты қорытпа тістерді ұстау күшін, бұрғы қашаудың ұзақ уақытқа төзімділігін және жабдықтар жұмысының сенімділігін арттырады;

2) селективтік құрастыру үшін іріктеу топтарын пайдалану процессін модернизациялау үшін бағдарламалар кешені жасалынды.

**Жарияланымдар туралы мәліметтер.** Диссертация тақырыбы бойынша екі мақала жарық көрді.

**ДИССЕРТАЦИЯ ТАҚЫРЫБЫ БОЙЫНША ЖАРИЯЛАНҒАН  
ЖҰМЫСТАРДЫҢ ТІЗІМІ.**

1. Лучков В.В. Бұрғылау құралы шаржысының ұзақ уақытқа төзімділігін арттыру мақсатында қатты қорытпа тісті нығыздап кіргізудің ұтымды технологиясын таңдаудың қажеттілігін бағалау. // Студенттер, магистранттар, аспиранттар және жас ғалымдардың Х Респубилкалық ғылыми-техникалық конференциясы, 2010 II бөлім.

2. Лучков В.В. Тартуды есептеудің әдістемесі және тістердің шаржы тұрқымен қосылған кезіндегі тетіктер деформациясының аумағын анықтау // Студенттер, магистранттар, аспиранттар және жас ғалымдардың XI Респубилкалық ғылыми-техникалық конференциясы, 2011. II бөлім.

**LUCHKOV VIKTOR VLADIMIROVICH**

Working out the rational technology of the bits' pressing down with the purpose of raising the reliability and durability work of the boring tool's joints

**Annotation**

**A thesis consists** of the introduction, four parts, and conclusion, set out at 75 pages, contains 22 plates, 7 tables, literature's list of 24 names. Also the dissertation contains 10 enclosures at 36 pages.

**Key words:** technological process, pressing, anaerobic materials (AM), selection assembly, low tempering, roughness, stretch, effort of pressing, effort of pressing out, hard alloy equipment, tension of pressure on the contact surface, elastic deformations, elastic plastic deformations, thin section, modeling, inside tension, polymerization.

**Actuality of the research** consists in the raising the reliability and durability of the bits' working by raising the quality of the bits' fastening in the landing sockets. The decision of this problem is actual for the tool building production, in particular for boring tool's production.

**The aim of the research.** The tool's operating conditions rising by working out rational technology of pressing the equipment.

**Methods of the research.** The following types of the work were employed by fulfilling this research: methods of the theoretical researches, including watching, analysis, comparison, definition calculated dependence aid of formulas, diagrams, tables; contemporary experimental methods of computer graphs, imitational modeling, the analysis of microstructures receiving thin sections, definition of the material's hardness, the fixation of sought for sizes immediately during the experiment with help of devices.

**Receiving results.**

1) the optimum stretch for pressing bits in the sockets joint's frame was calculated;

2) the necessity of conducting low tempering after pressing to put in order the metal cores of the joint (to take off inside tension to exclude the appearance of splits) was substantiated. For clearness the photos of the thin section are made where the difference in the condition of metal subjected and not subjected to the low tempering clear is visible;

3) following the application of AM to fill the micro emptiness leaving after bits' pressing, increases the effort necessary to bits' pressing out average 24 per cent in comparison with "dry" pressing;

4) the technological process of hard alloy bits' pressing and grinding was worked out;

5) the using of the programs' complex for automation the engineering calculations by sorting groups' selection for selective assembling was worked out and offered. This makes easy the calculation's methods of sorting groups for selective assembling.

**Scientific novelty of the research.**

1) the necessity of the pressing in the place of elastic plastic deformation was substantiated;

2) was established that using AM increases the square of the contact of conjugated surfaces (by filling up micro emptiness from the surface's roughness) and increases the working term of the chisel;

3) was proved that AM using increases the effort of bit's keeping in the socket; for the first time the methods of stretch's calculation and definition the deformation place by joining bits with joint's frame were worked out;

4) experimentally the influence of the low tempering to the structure of deformed metal, to the effort's change necessity to pressing out tempering bits in comparison with "not tempering" bits was studied.

**The practical meaning of the research.**

1) increasing of the power of keeping hard alloy bits in landing sockets by AM using that rises the durability of bits and raises the reliability of the equipment's working;

2) worked out the complex of the programs allowed to modernize the process of preparation the sorting groups for selective assembling.

**Reduction about articles.** By the topic of a thesis 2 articles are published.

**THE LIST OF THE PUBLISHED ARTICLES BY THE THESIS'S TOPIC**

1. Luchkov V.V. The estimation of the necessity of the choice the optimal technology pressing hard alloy bits with the aim of increasing longevity of the work the joints' boring tool. // X Republic scientific technical conference of the students, holders of a master's degree, post-graduates and young scientists, 2010. Part II.

2. Luchkov V.V. Methods of stretch's calculation and definition the deformation fields of details by joining bits with joint's frame. // XI Republic scientific technical conference of the students, holders of a master's degree, post-graduates and young scientists, 2011. Part II.