Е 25.
М 211

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

На правах рукописи

Мальков Геннадий Андреевич

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ КАЧЕСТВА И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Специальность 05.02.08-"Технология машиностроения"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск, 1980

ЧПИ

Работа выполнена на кафедре "Технология металлов" Челябинского политехнического института им.Ленинского комсомола.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор МАТВЕЕВ В.В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор МАРГУЛИС Д.К.,
кандидат технических наук КАНДАЛОВ М.И.

Ведущее предприятие - Кировский инструментальный завод "Красный инструментальщик".

Защита состоится "___" апреля 1980 года, в 15 час., в ауд. 244 на заседании специализированного совета по технологии машиностроения Челябинского политехнического института им.Ленинского комсомола.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола.

Автореферат разослан "___" марта 1980г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СОВЕТА
доцент, канд.техн.наук В.М.МЕНЬШАКОВ

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Вопросы обеспечения точности и надежности работы различного рода механизмов и узлов машин в настоящее время продолжают оставаться одной из актуальных проблем современного машиностроения. Качество продукции машиностроения существенным образом зависит от точности измерительного инструмента, значительный удельный вес в котором занимают микрометрические измерительные инструменты. Требования ГОСТов 10-75, 6507-78 и др. на эти инструменты по сравнению с ранее действующими, предусматривают повышение их точностных характеристик в среднем на 40% по всем типоразмерам. В практике изготовления инструментов имели место определенные технологические трудности, связанные с обеспечением требуемого качества их работы. Еще в большей степени эти трудности проявились в связи с требованиями новых ГОСТов. Так до последнего времени, число инструментов, не отвечающих требованиям, по точности составляло до 20 и по плавности хода до 30%. Технические решения по повышению качества инструментов, принимаемые технологическими службами заводов, хотя и способствовали повышению качества измерительных инструментов, однако к резкому повышению точности не привели.

Цель работы. Исследовать возможности конструктивного и технологического обеспечения требуемого качества микрометрических измерительных инструментов и обеспечить их изготовление, отвечающее современным требованиям, предъявляемым к инструментам I класса точности. На основании исследований предложить конкретные инженерные разработки по совершенствованию технологии изготовления микрометрических измерительных инструментов с целью повышения их качества и долговечности. Осуществить практическую реализацию предложенных решений на инструментальных заводах страны.

Общая методика исследований. Поставленные в работе задачи решались аналитически и экспериментально. Аналитически был исследован механизм образования погрешностей микропары, плавности хода и долговечности микрометрических инструментов. Проведен анализ влияния обобщенных технологических факторов на точность нарезанных внутренних микрометрических резьб (определены упругие и тепловые деформации резьбы микрогильзы в процессе резьбонарезания). Определены направления по разработке конструкций новых режущих инструментов для обработки прецизионных резьб. Экспериментальными исследова-

Челябинский
политехнический институт

ниями были подтверждены теоретические положения работы по обеспечению требуемого качества измерительных инструментов (точности, плавности хода, долговечности). Проверены точностные возможности стандартных, а также разработанных конструкций метчиков, предназначенных для нарезания микрометрических резьб. Экспериментально исследованы точностные возможности предложенных резьбоотделочных инструментов по улучшению точности и плавности хода измерительных инструментов (микрометров по ГОСТ 6507-78 и нутромеров по ГОСТ 10-75). Экспериментальные исследования проводили в лабораторных и в заводских условиях.

Научная новизна работы состоит в том, что на основании разработанной геометрической модели сопряжения кинематической резьбовой пары, были исследованы закономерности образования погрешностей микропары, ее плавности хода и долговечности. На основании этой модели было установлено, что у винтов отсутствуют значительные погрешности по шагу, а имеющиеся местные погрешности расположены хаотично. Это дало возможность высказать гипотезу о возможности повышения точности микропары без увеличения точности винтов, определяемой предельными технологическими возможностями современного резьбошлифовального оборудования. Суть гипотезы состоит в предположении, что точность микропары может быть повышена за счет компенсации гайкой максимальных отклонений винта по шагу. Это возможно осуществить только в том случае, когда погрешности по шагу резьбы гайки малы и близки по величине к погрешностям винта. В этом случае в резьбовом сопряжении можно обеспечить двухпрофильные "плавающие" контакты в нескольких областях по длине свинчивания, что приведет к усреднению погрешностей перемещения винта и к уменьшению суммарной ошибки микропары.

Указанная модель была расчитана и результаты расчета подтвердили правильность высказанной гипотезы и позволили получить количественные значения по ожидаемой точности микропары.

Практическая ценность и реализация результатов работы. Для обеспечения требуемой точности резьбы гайки было проведено исследование влияния основных технологических факторов на точность нарезанных микрорезьб и выявление главного из них, для уменьшения степени влияния которого были предложены конкретные инженерные разработки по совершенствованию операций нарезания и отделки резьб гаек. На основании исследований предложены технические решения по

повышению точности микропары измерительных инструментов. Реализация этих решений на Челябинском, Кировском и Ленинградском инструментальных заводах дала экономический эффект в 80 тыс.руб. в год.

Апробация работы. Основные материалы диссертации были доложены:

1. На ежегодных научно-технических конференциях ЧПИ, Челябинск, 1977-79г.г.

2. На межотраслевой конференции "Новое в технологии изготовления резьбовых соединений труб, эксплуатируемых в особо тяжелых условиях", Челябинск, сентябрь 1978г.

3. На межотраслевой конференции "Прогрессивные технологические процессы образования резьбовых соединений", Пенза, сентябрь 1979г.

4. На техническом совете Челябинского инструментального завода в 1979 г.

5. На Всесоюзной конференции "Прогрессивная технология формообразования и контроля резьб", Тула, февраль 1980г.

Публикация. По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ и получены 2 положительных решения по заявкам на изобретения.

Объем работы. Диссертация содержит 137 страниц машинописного текста, включая введение, 7 таблиц, 56 рисунков, 6 глав, выводов, рекомендаций, приложения и акты внедрения. Перечень литературы -105 наименований.

В первой главе диссертации рассматривается состояние вопроса конструктивного и технологического обеспечения точности микропары. Известные исследования отечественных и зарубежных авторов посвящены в основном только конструктивной стороне обеспечения точности микропары измерительных инструментов. Наиболее интересными являются работы Е.Р.Дворецкого и С.И.Покрасса, которые отмечают, что точность микропары зависит от точности резьб винта и гайки. Так, Е.Р.Дворецкий пришел к выводу, что влияние погрешности гайки двояко: во-первых она определяет начало отсчета по кривой накопленных ошибок микропары; во-вторых компенсирует местные отклонения резьбы винта по шагу. С.И.Покрасс рекомендует увеличивать длину резьбы гайки, что позволяет компенсировать накопленные погрешности винта и способствует повышению точности микропары.

Указанные рекомендации представляют определенный интерес, но в практике изготовления измерительных инструментов не всегда могут найти применение. Увеличение длины резьбы гайки ограничено габарит-

ными размерами инструментов, в первую очередь это следует отнести к нутрометрам, а подбор винтов с гайками, имеющими прогрессивные погрешности по шагу исключается вследствие хаотического характера распределения этих погрешностей.

Отсутствие надежных рекомендаций по точному нарезанию микрометрических резьб привело к тому, что инструментальные заводы используют крайне непроизводительные технологические способы по обеспечению требуемого качества микропары. Так, применяют селективный способ чистового резьбонарезания, при котором резьбу в гильзе нарезают метчиком, номинальный размер которого по среднему диаметру соответствует предварительно аттестованному микровинту. Если же после сборки микропара не отвечает требованиям по плавности хода, то дополнительно производят ее притирку. Часто это выполняют с помощью абразивной суспензии, которая шаржируя поверхностные слои резьбы гильзы способствует в дальнейшем в процессе эксплуатации инструментов их преждевременному выходу из строя из-за интенсивного износа. Следовательно все эти мероприятия могут быть расценены как вынужденные и в конечном итоге не решающие задачу обеспечения выпуска высокоточного микрометрического измерительного инструмента. На основании литературного обзора и состояния дел на предприятиях, выпускающих измерительные инструменты показано, что для решения проблемы повышения точности микрометрических измерительных инструментов необходим новый подход и в частности построение моделей сопряжения резьбовой пары, которые вскрыли бы закономерности возникновения погрешностей в паре: винт-гайка. Таким новым подходом является разработанная геометрическая модель сопряжения и новая гипотеза, изложенная выше.

Во второй главе выполнены теоретические исследования характеристик качества микрометрических инструментов в зависимости от конструктивных отклонений резьб сопряженных элементов микропары. Задачей этого этапа явилось теоретическое подтверждение гипотезы о возможности повышения точности микропары и определении взаимосвязи параметров плавности хода и долговечности работы с точностью изготовления резьб винта и гайки. Для проведения этих исследований разработана геометрическая модель сопряжения элементов микропары (рис.I), представляющая собой развернутые линии резьб винта и гайки с волнистостью, образованной за счет погрешностей резьб по шагу ($\Delta P_г, \Delta P_в$) и их шероховатостей ($h^г, h^в$) Учитывая, что в реальных условиях

имеют место два вида контакта сопряжения резьб винта и гайки: однопрофильный – сопряжение осуществляется по одной стороне профиля резьбы и двухпрофильный – соответственно по обоим сторонам профиля, аналитически определены величины погрешностей микропары для обоих случаев контактов. При однопрофильном контакте погрешность микропары определяется величинами смещения винта от исходного положения вследствии погрешностей резьб по шагу Δ_1 и их шероховатостей Δ_2 (рис.2):

$$\Delta_1 = \frac{4S_r^2}{\frac{S_r^2}{\Delta P_r} + \frac{S_в^2}{\Delta P_в}}; \quad (I) \qquad \Delta_2 = (R_r^h + R_в^h)\left(1 - \sqrt{1 - \frac{\rho}{R_r^h + R_в^h}}\right), \quad (2)$$

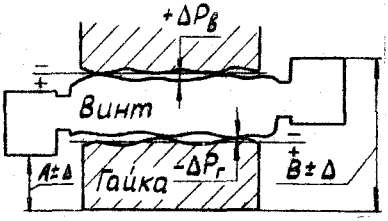


Рис.I.Модель сопряжения элементов микропары

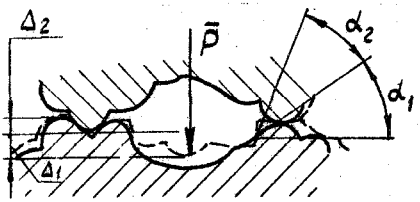


Рис.2. Однопрофильный контакт

где S_r, $S_в$ – периоды изменения погрешностей резьб гайки и винта;

$R_r^h, R_в^h, \rho$ – соответственно радиусы шероховатостей резьб гайки и винта и радиус основания микронеровностей гайки (рис.3). При двухпрофильном контакте (рис.4) погрешность микропары определяется величиной изменения натягов Z^o в резьбовой паре по мере движения винта, которая зависит от величины отклонений резьб по шагу, а также механических характеристик их материалов

$$\Delta = 0{,}5K\left[Z^o_{max} - Z^o_{min}\right], \quad (3)$$

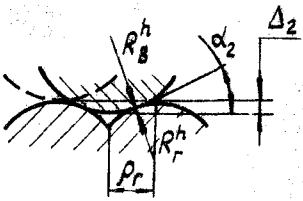


Рис.3.Влияние шероховатостей на погрешность микропары

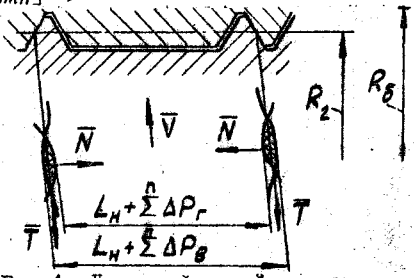


Рис.4. Двухпрофильный контакт

где К – коэффициент, определяющий степень деформации витков винта, зависит от механических характеристик материалов винта и гайки.

К= 0,5 при $E_B = E_Г$ –модули упругости материалов винта и гайки равны;

К=0,3 при $E_B = 2E_Г$ (винт стальной; гайки из цветных сплавов)

Для того чтобы обеспечить точность инструментов $\Delta P \leq \pm 3$мкм, погрешность микропары не должна превысить $\pm$I,5 мкм. Для этого отклонения резьб винта и гайки по шагу не должны превышать ± 2 мкм, а их шероховатости соответственно R_a=0,63 и R_a = I,25 мкм.

Учитывая хаотическое распределение погрешностей по шагу резьб винта и гайки, расчет точности микропары произведен теорико-вероятностным методом. Функции распределения локальных минимумов зазоров в резьбовой паре приняты из наихудших условий: по закону прямоугольника (равномерное распределение) и по закону треугольника. Расчет показал, что при условии, если погрешности по шагу у винта и гайки составляют ± 2 мкм, точность микропары в 3...4 раза выше значений предельных отклонений резьб элементов микропары. Это еще раз подтвердило правильность выдвинутой гипотезы о возможности повышения точности микропары.

Плавность хода оценивают величиной изменения усилия на барабане $P_б$, которое зависит от силы трения в резьбовой паре

$$P_б = \frac{T R_2}{R_б} = T i , \qquad (4)$$

где $R_б$, R_2 – радиусы барабана и среднего диаметра резьбы пары. При однопрофильном контакте (рис.2) сила трения зависит от массы винта с барабаном P и коэффициента трения f – тангенс угла наклона контактирующих точек резьб пары к их винтовой развертке

$$T = P f = P\, tg(\alpha_1 + \alpha_2) , \qquad (5)$$

где α_1, α_2 – углы наклона, вследствие погрешностей резьб по шагу и их шероховатостей.

$$tg\alpha_1 = \frac{S_r}{2(R_r^p + R_б^p - \Delta_1)} , \quad (6) \qquad tg\alpha_2 = \frac{P}{R_б^h + R_r^h - \Delta_2} , \qquad (7)$$

где R_r^p, $R_б^p$ – радиусы изменения погрешностей по шагу. При двухпрофильном контакте (рис.4) сила трения определяется

$$T = 2K(Z^0)^2 E_r R_r^h \pi f . \qquad (8)$$

Плавность хода предложено оценивать относительной величиной изменения усилия на барабане

$$\delta P^{\delta} = \frac{P^{\delta}_{max} - P^{\delta}_{min}}{P^{\delta}_{max}} 100\% . \qquad (9)$$

Значения δP^{δ} определяют из условия обеспечения требуемой точности микропары.

Долговечность работы инструментов определяется долговечностью работы узла микропары и зависит от предельного числа двойных ходов винта, в результате чего происходит износ сопряженных поверхностей и возрастания осевых зазоров в паре. На основании основного уравнения износа (по Арчарду) определяя весь объем оттесненного металла в виде частиц по числу актов взаимодействия каждой фрикционной связи, а также исходя из конкретных условий работы винта и гайки выведены зависимости числа двойных ходов n для винта и гайки

$$n_в = \frac{\sigma_т [h_{max}] \cdot \varepsilon^{\nu+1} b A_c}{K N(\nu+1) \nu d} ; \quad (10) \qquad n_г = \frac{\sigma_т [h_{max}]^2 2\pi R^h_г \varepsilon^2}{K N(\nu+1) \nu d} , \quad (11)$$

где $[h_{max}]$ – допускаемая величина износа элемента пары;

b, ν – постоянные, характеризующие шероховатость резьбы;

d – диаметр пятна касания в резьбовом сопряжении;

K – коэффициент износа, определяется условиями работы пары (материалы элементов пары, вид смазки и пр.);

A_c – номинальная поверхность контакта;

ε – относительная величина сближения

$$\varepsilon = \left[\frac{2{,}36 \left(\frac{1-\mu_г^2}{E_г} + \frac{1-\mu_в^2}{E_в} \right) \left(\frac{R^h_г + R^h_в}{R^h_г \cdot R^h_в} \right)^{1/2} (2\nu+1) R^h_г \, HB}{Z^{0\,1/2} (\nu+1) \nu b} \right]^{\frac{2}{2\nu+1}} , \qquad (12)$$

где $\mu_г, \mu_в$ – коэффициенты Пуассона для материалов гайки и винта;

HB – твердость по Бринелю для более "мягкого" материала.

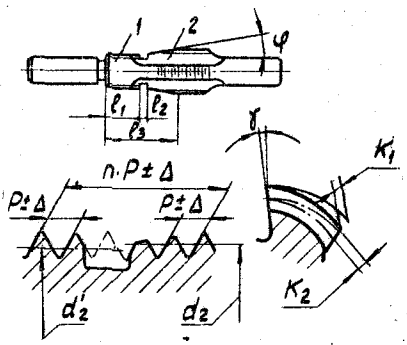
Аналитические исследования долговечности каждого элемента пары (винт из стали ШХ-15, гайка из сталей марок 35,45 и ЛС-59-1) показали, что долговечность микропары отвечает требованиям ГОСТов и составляет не менее 95000 дв.ходов (без учета возможности регулирования осевых зазоров). Расчет выполнен из условия обеспечения требуемой точности микропары, когда в сопряжении обеспечен "плавающий" двухпрофильный контакт в нескольких областях по длине свинчивания.

В третьей главе дан анализ схемы влияния технологических факторов на размеры внутренних резьб, предложенной проф.В.В.Матвеевым. При рассмотрении этих факторов учитывали специфику технологии нарезания резьбы микрогильзы, ее конструкцию и конструкции используемых метчиков. Поэтому рассмотрено влияние только нескольких факторов: I.-упругие деформации метчиков; 2- нарушение параметра винтового движения метчика; 3.- тепловые и упругие деформации резьбы гильзы в процессе резьбонарезания.

Анализ показал, что при нарезании микрорезьб степень влияния первого фактора незначительна. Упругие деформации метчиков весьма малы (сотые доли мкм), причем в данном случае рассматривались условия резьбонарезания за один проход, когда силы, действующие на метчик максимальны. С учетом того, что микрорезьбы обычно нарезают в несколько проходов, то влияние всех технологических факторов будет еще меньше. Аналитические исследования упругих и тепловых деформаций, вызывающих "осадку" резьбы показали, что они также не оказывают практического влияния на точность обработки. В работе установлено, что доминирующим фактором, определяющим погрешности резьбонарезания является нарушение закона движения метчика (второй обобщающий фактор). Показано, что причинами нарушения винтового движения метчика являются внешние избыточные силы, действующие на метчик, а также нескомпенсированные силы резания. На основании проведенных теоретических исследований показана целесообразность создания конструкций режущих инструментов, позволяющих уменьшить влияние этих сил и обеспечить точное перемещение метчика по шагу. Учитывая, что шероховатость резьбы гильзы должна соответствовать порядка R_a =I,25 мкм, целесообразно создать инструменты для чистовой отделки резьб, а также разработать новые способы повышения качества сопряжения микропары. На основании анализа показано, что первое направление может быть реализовано за счет введения в конструкцию метчиков специальных ведущих элементов, позволяющих уменьшить смещения метчика от избыточных осевых и радиальных сил. При разработке второго направления целесообразно разработать конструкции инструментов, обеспечивающих требуемую шероховатость резьбы.

В четвертой главе рассмотрены разработанные конструкции режущих инструментов для нарезания резьбы гайки, а также ее чистовой отделки, позволяющие обеспечить качество резьбы, достаточное для обеспечения требуемого качества микропары. Для чистового резьбона-

резания предложены метчики с передней резьбовой направляющей (рис.5), резьба которой равна резьбе изделия, нарезанной предыдущим метчиком и метчики с режуще-ведущими зубьями (рис.6).



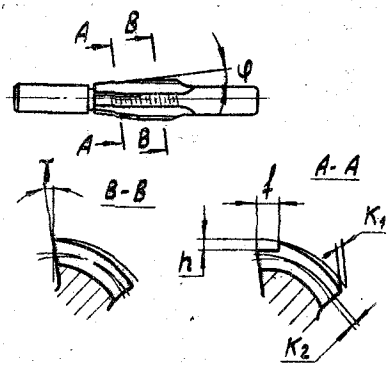


Рис.5. Метчик с передней резьбовой направляющей

Рис. 6. Метчик с режуще-ведущими зубьями

Метчики первой модификации по мере входа первых зубьев заборного конуса 2 надежно ориентированы в резьбе изделия за счет своей резьбовой направляющей. Метчики второй модификации имеют ориентирование за счет бочкообразного профиля зубьев, расположенного ниже зоны резания, а выше которой расположены режущие кромки, образованные при обнижении зубьев по наружному диаметру до участка максимальной выпуклости зубьев на величину в 3...5 раз, превышающую толщину среза.

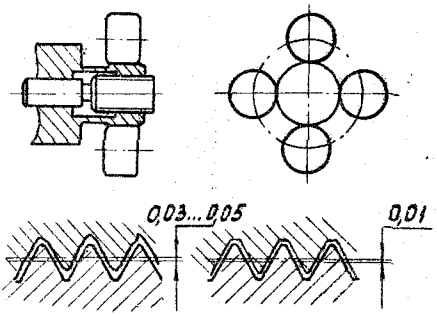


Рис. 7. Способ прикатки тонкостенных гильз

Разработан способ прикатки тонкостенных гильз с внутренней прецизионной резьбой (см.рис.7). Данный способ заключается в следующем. Предварительно резьбу в гильзе нарезают обычными метчиками с превышением по среднему диаметру номинального размера на 0,03...0,05 мм. После чего в резьбу гильзы ввинчивают эталон (прецизионный винт), средний диаметр которого выполнен на 0,01мм меньше номинального среднего диаметра резьбы, при этом винт перекрывает длину резьбы гильзы. После чего гильзу обкатывают по наружному диаметру гладкими роликами, концентрично установленными в специальной "жесткой" обкатной головке. Ролики по обкатному диаметру настроены на 0,03...0,05 мм меньше наружного диаметра гильзы. При обкатывании винту - эталону сообщают вращательное движение. В результате обкатывания происходит пластическое редуцирование поперечного сечения гильзы, вследствие чего обеспечивается сопряжение резьб винта и гильзы в области пластического деформирования и раскатывание профиля резьбы гильзы по эталону. Вследствие этого исправляются погрешности резьбы гильзы по шагу, профилю, улучшается шероховатость резьбы до R_a =1,25 мкм. Кроме того вследствие упрочнения поверхностного слоя резьбы повышается долговечность работы гильзы.

Выполнены аналитические исследования точностных возможностей новых конструкций метчиков. Погрешности резьбонарезания метчиками с передней направляющей определяются кинематической погрешностью движения их ведущих частей в витках предварительно нарезанной резьбы, а также упругим смещением метчиков в материал обрабатываемого изделия под действием осевых сил. Точность закона кинематики движения метчиков, без учета сил искажающего его, определяется по аналогии с точностью микропары. Величина упругого смещения (Δ) метчика с передней направляющей после момента выхода из резьбы ведущей части определяется под действием осевой силы Po.

$$\Delta = \frac{P_0 K_3 Z}{0{,}86 H 8 n^2 f P \operatorname{tg}\varphi (n+1)} \qquad (13)$$

где K_3 - величина затылования метчика на ширине пера,

n - число перьев метчика;

Z - число зубьев метчика в момент выхода ведущей части;

P - шаг резьбы (P =0,5 мм);

φ - угол наклона заборного конуса.

Величина упругого смещения метчика с режуще-ведущими зубьями в зоне ведущих элементов определяется

$$\Delta = \frac{P_c^2 K}{\left[0{,}65\, HB\, tg\varphi (z-1) f\right]^2} \qquad (14)$$

Расчетным путем установлено, что надежность ориентации метчиков обоих модификаций достаточна для обеспечения требуемой точности микрометрических резьб гаек.

В пятой главе Приведены результаты экспериментальных исследований с целью подтверждения теоретических положений работы, выполненных как в лабораторных, так и производственных условиях. Основными инструментами принятыми за объекты исследований были микроголовки нутромеров НМ 50...600 и НМ 1250...4000 по ГОСТ 10-75 имеющие резьбу М7...М10х0,5сп. На первом этапе исследований проверяли качество работы инструментов в зависимости от качества резьб винта и гильзы для случаев одно и двухпрофильного контактов. Точностные параметры резьбы винтов проверяли на микроскопе фирмы "Цейсс".Точность по шагу у гильз проверяли при помощи специального однониточного винта на оптиметре, длиномере, а также на специально изготовленном приспособлении. С их помощью замеряли также точность микропары и всего инструмента в целом. Приведенные погрешности по шагу у винта и гильзы проверяли через каждые 30° подъема винтовой линии. Это позволило определить фактические погрешности на всей развертке винтовой линии. Экспериментальные исследования по точности микропары проводили при одно и двухпрофильном контактах. Было подтверждено, что при однопрофильном контакте точность микропары определена точностью винта, а при двухпрофильном "плавающем контакте" точность микропары в 2...3 раза выше точности винта, что явилось подтверждением теоретических исследований.

Плавность хода оценивали при помощи разработанной экспериментальной установки на базе электронной измерительной системы типа 217 и самописца Н-397. Микроголовку нутромера устанавливали через переходник в двух подшипниках, исключающих ее качку. Движение микроголовка (барабан) получала от реверсивного двигателя типа РД-09 через эластичную муфту. При вращении усилие от крутящего момента передавалось через флажок, установленный в переходнике на индуктивный датчик системы электронной и записывалось в

виде осциллограммы на бумагу. Предварительно самописец и система электронная были протарированы при статическом нагружении на барабане грузами при застопоренном микровинте и получены тарировочные зависимости записи от усилия на барабане. Максимальные и минимальные усилия на барабане замеряли по осциллограмме по всему диапазону перемещения винта. Экспериментальные исследования показали, что при однопрофильном контакте плавность хода в основном зависит от шероховатостей резьбы гайки (шероховатость резьбы шлифованного винта составляет R_a=0,63...0,32 мкм). При двухпрофильном контакте плавность хода зависит от точности пары и определяется изменением величины натягов в резьбовом сопряжении. Долговечность работы инструментов проверяли на специальном стенде, конструктивное исполнение которого аналогично имеющимся на всех инструментальных заводах. Точность и плавность хода микроголовок проверяли до испытаний на долговечность и соотвественно через каждые 2 тыс.двойных ходов винта. Экспериментальные исследования подтвердили теоретические зависимости числа двойных ходов винта от механических характеристик материалов, резьб, винта и гайки, топографии их поверхностей и условий работы сопряжения.

Лабораторные испытания новых режущих инструментов проводили на токарно-винторезном станке модели ТВ-320. Нарезали микрометрические резьбы М7...М10х0,5сп на образцах из сталей марок 45, А20, а также из цветных сплавов: бронза АЖ-9-4, латунь ЛС-59-I. В конструктивном исполнении образцы соответствовали микрогильзе, т.е. имели направляющее отверстие разделенное "карманом" от отверстия под резьбу. Экспериментально было подтверждено, что наличие ведущих элементов обеспечивает перемещение метчиков по заданной траектории при формировании первых ниток резьбы. Резко уменьшилась величина разбивания резьбы на первых заходных нитках, а также по всей длине резьбы. Величины разбивания составили до 5...10 мкм при нарезании метчиками, имеющими переднюю направляющую с резьбой и до 10...15 мкм с режуще-ведущими зубьями. Причем отклонения по шагу не превысили ±2 мкм для первых метчиков и до ±3 мкм для вторых. Шероховатость поверхности резьб не превысила R_a=2,5 мкм. Это было достигнуто за счет острых резущих кромок, в результате затылования по всему профилю резьбы. Отклонения половины угла профиля составили до ±30′ для первых метчиков и до ±1° для вторых. Следует отметить, что эти метчики показали лучшую по сравнению с заводскими метчиками стойкость, которая

составила не менее 200 шт. нарезанных отверстий.

В шестой главе даны некоторые рекомендации по технологическому обеспечению нарезания точных прецизионных резьб. Для предварительного нарезания микрометрических резьб предложена конструкция патрона с осевой и радиальной компенсацией внешних сил, имеющих место в процессе резьбонарезания. Приведены данные экспериментальной проверки работоспособности данного патрона при предварительном нарезании микрометрических резьб. Отклонения по шагу резьб, нарезанных с помощью патрона составили в пределах ±4 мкм. Величина разбивания по среднему диаметру резьбы уменьшилась в два раза, и составила 0,01...0,02 мм. Даны рекомендации по расчету геометрии новых конструкций метчиков (углу заборного конуса, величинам затылования, длине направляющей части с резьбой), а также по изготовлению метчиков на универсальных резьбошлифовальных станках. Приведен расчет величины припуска под чистовое резьбонарезание. Величина припуска с учетом качественных характеристик поверхности резьбы после чернового резьбонарезания составила 0,09 мм по среднему диаметру. Даны рекомендации по эксплуатации предложенных режущих инструментов (биение метчиков не более 0,02 мм., режимы резания: число оборотов n=150...250 об/мин., скорость резания V=2,5...5 м/мин.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Требования ГОСТов 10-75.6507-78 на микрометрические измерительные инструменты предусматривают повышение их точностных характеристик в среднем на 40% по всем типоразмерам. Имевшие место технологические трудности в практике изготовления этих инструментов, связанные с обеспечением требуемого качества работы (точности, плавности хода и долговечности) еще в большей степени проявились в связи с требованиями современных ГОСТов.

2. Проведенный анализ по образованию суммарной погрешности инструментов показал, что основное влияние на нее оказывает погрешность макропары, которая к тому же определяет плавность хода и долговечность инструментов. Поэтому, точность инструментов можно резко повысить за счет повышения точности микропары.

3. Учитывая предельно возможную точность изготовления микровинтов, выдвинута гипотеза о возможности повышения точности

0329929

микропары и всего инструмента в целом за счет компенсации гайкой максимальных отклонений винта по шагу. Это возможно только в том случае, когда погрешности резьбы гайки малы и близки по величине с погрешностями винтов, что обеспечивает двухпрофильный "плавающий" контакт в резьбовой паре в нескольких областях длины свинчивания.

4. Существующие методы изготовления резьбы гайки не обеспечивают ее точность, отвечающую требуемой точности микропары. Резьбы гаек, нарезанных метчиками, применяемыми на инструментальных заводах, имеют отклонения по среднему диаметру до 0,05 мм и до ±8 мкм по шагу. При таких отклонениях резьбы гайки осуществление двухпрофильного "плавающего" контакта не представляется возможным. В результате этого до 20% инструментов имеют отклонения по точности до ±6 мкм.

5. Анализ влияния технологических факторов на точность нарезанных метчиками резьб гаек показал, что доминирующим из них является "нарушение параметра винтового движения метчика" в результате чего возникают значительные погрешности шага резьбы. Для нейтрализации влияния этого фактора необходимо снабдить метчики ведущими элементами, позволяющими обеспечить надежное ориентирование метчика в витках резьбы с первой нитки.

6. Разработанные конструкции метчиков (с режуще-ведущими зубьями, с передней резьбовой направляющей, обеспечивают обработку резьб с отклонениями по шагу до ±2 мкм и величиной разбивания по среднему диаметру до 10 мкм. Такая точность исполнения резьбы гайки позволяет обеспечить в резьбовой паре двухпрофильный "плавающий" контакт, в результате чего происходит взаимная компенсация максимальных погрешностей резьб по шагу у винтов и гаек, что приводит к повышению точности микропары.

7. Плавность хода инструментов в значительной мере определяется кроме высокой точности по шагу уровнем шероховатостей резьб винта и гайки. Для обеспечения требуемой плавности хода инструментов необходимо обеспечить шероховатости винта R_a=0,63 мкм, а гайки R_a =1,25 мкм. Одним из технологических резервов улучшения плавности хода является улучшение шероховатостей резьб гаек.

8. Разработанный способ прикатки тонкостенных гильз с внутренней резьбой позволяет изготовлять резьбу с шероховатостью R_a=1,25 мкм, кроме того в результате применения данного способа повышается точность резьбы по шагу.

9. Долговечность работы инструментов определяется состоянием топографии поверхностей резьб винта и гайки, механическими характеристиками их материалов и отклонениями резьб по шагу. Несмотря на то, что в настоящее время долговечность инструментов отвечает требованиям ГОСТов, она может быть повышена за счет повышения качества изготовления резьб элементов микропары.

10. Все разработанные технические решения изложенные в настоящей работе могут найти применение в машиностроении и приборостроении при изготовлении прецизионных резьбовых пар.

Результаты исследований внедрены на трех инструментальных заводах страны, что позволило получить экономический эффект около 80 тыс.рублей.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Матвеев В.В., Мальков Г.А. Новая технология нарезания резьб в деталях измерительных инструментов. Сб."Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки", Челябинск,1978.

2. Матвеев В.В., Блюменкранц Д.Л., Зайончик Л.И., Мальков Г.А. Новые инструменты для нарезания прецизионных резьб. Сб."Исследования в области технологии образования резьб, резьбообразующих инструментов, станков и методов контроля резьб". Тула. 1979.

3. Матвеев В.В., Блюменкранц Д.Л., Мальков Г.А. Экспериментальные исследования геометрии режущей части метчиков. Сб."Новое в технологии изготовления резьбовых соединений труб, эксплуатируемых в особо тяжелых условиях", Челябинск,1978.

4. Матвеев В.В., Блюменкранц Д.Л., Мальков Г.А. Теоретические исследования надежности работы узла микропары мерительных инструментов. Сб. "Новое в технологии изготовления резьбовых соединений труб, эксплуатируемых в особо тяжелых условиях". Челябинск,1978.

5. Матвеев В.В., Мальков Г.А. Совершенствование технологии нарезания микрометрических резьб. Сб."Прогрессивные технологические процессы образования резьбовых соединений",Пенза,1979.

6. Матвеев В.В., Блюменкранц Д.Л., Зайончик Л.И.,Мальков Г.А. Кувшинов М.С. Технология нарезания прецизионных резьб специальными метчиками. Сб."Исследования в области технологии образования

резьб, резьбообразующих инструментов, станков и методов контроля резьб", Тула,ТПИ (принято к печати).

7. Матвеев В.В., Блюменкранц Д.Л., Зайончик Л.И.,Мальков Г.А. Метчик для нарезания точких резьб. Положительное решение по заявке № 2646655/08, МКИ В23g 5/06.

8. Матвеев В.В., Блюменкранц Д.Л., Зайончик Л.И.,Мальков Г.А. Способ производства прецизионных гильз с внутренней резьбой Положительное решение по заявке № 2651161/27 МКИ В21h3/09.

9. Мальков Г.А. Дерганов Б.С. Резьбонакатная головка. Авторское свидетельство № 539654НКИ В21h3/02.

10. Мальков Г.А. Измерение плавности хода микрометрических пар. Сб."Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки" Челябинск.1980 (в печати).

11. Зайончик Л.И., Мальков Г.А. Метчики для нарезания микрометрических резьб. Сб."Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки", Челябинск.1980 (в печати).

12. Матвеев В.В.,Мальков Г.А., Резник А.Я.,Блюменкранц Д.Л. Метод повышения качества прецизионных резьбовых пар. Сб."Прогрессивная технология формообразования и контроля резьб".Тула.1980.

ФБ00952. Подписано к печати 6/III-80г. Формат бумаги 60х90 1/16. Объем 1 п.л., 0,9 уч.-изд.л. Тираж 100 экз. ЧПИ. Заказ 100/360.