

Обработка кромок золотниковых пар термоимпульсным методом

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»

Приведены результаты экспериментальных исследований состояния кромок стальных золотников гидротопливных агрегатов после механической и термоимпульсной обработки для двух марок сталей. Выполнены теоретические исследования и установлены закономерности изменения температуры кромок при оптимальных условиях термоимпульсного нагрева.

Ключевые слова: кромка, ликвид, заусенец, шероховатость поверхности, размерное скругление, прецизионная обработка, термоимпульсный процесс.

Выполнение требований к долговечности и безотказности изделий является основополагающим условием в производстве и эксплуатации авиационной техники. Проблема повышения ресурса и обеспечение безотказности машин тесно связана с достижением функционально необходимого качества обработки поверхностей и кромок деталей. Поэтому выполнение операций зачистки, очистки и округления кромок с заданными геометрическими параметрами у прецизионных деталей гидротопливных агрегатов актуально и требует эффективного решения. Дефекты кромок, как частный случай дефектов поверхностей, являются концентраторами напряжений и способствуют разрушению как самих деталей, так и трущихся поверхностей при попадании в зону контакта продуктов разрушения. Кромка детали представляет собой линию, контур которой (микрорельеф) определён формой и взаимным расположением пересекающихся поверхностей. Реальная кромка всегда является не линией, а поверхностью неправильной геометрической формы, размеры которой зависят от ряда факторов, в том числе от шероховатости поверхностей, образующих кромку. На рис. 1 показаны типичные фрагменты кромок после алмазного шлифования деталей (увеличено).

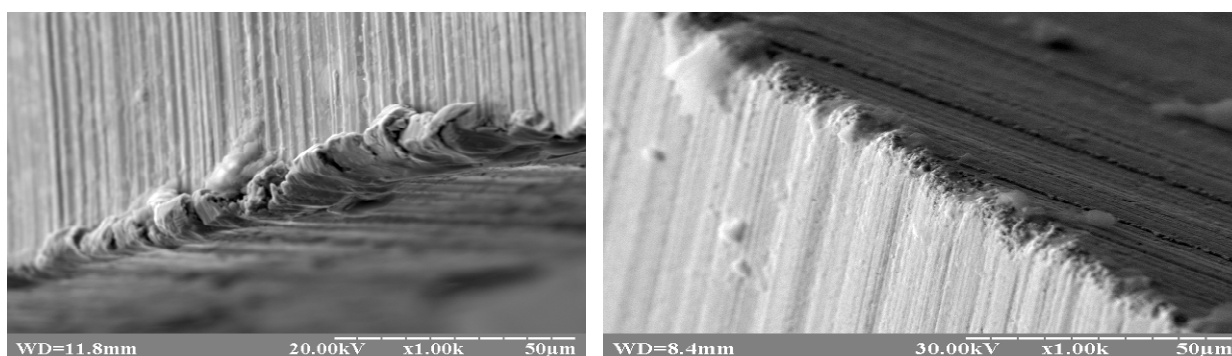


Рис. 1. Типичные кромки детали без формирования радиуса

Обработка кромок деталей, золотниковых и плунжерных пар, в частности, является настолько острой и многофункциональной задачей, что ее решением постоянно занимаются как научные общества, так и отдельные производственные подразделения, где технологи разрабатывают частные решения конкретных узкоспециализированных задач. Проблему округления кромок можно разделить на два вида: с заданным размером радиуса, влияющим на технические характеристики изделия, и безразмерным. Отдельной проблемой является

очистка кромок от заусенцев после механической обработки. При исследовании поверхностей деталей установлено, что все виды механической обработки, использующие режущий инструмент, сопровождаются образованием на поверхностях помимо заусенцев на кромках еще и микрочастиц и микрозаусенцев, которые также необходимо удалять [1]. Несмотря на то, что в настоящее время для обработки кромок используют более 120 методов и на порядок больше моделей оборудования, ещё широко применяют ручное выполнение операций. Это связано с тем, что на процесс формирования кромок влияет множество противоречивых факторов и процесс автоматизации этих операций далек от своего завершения. От состояния отсечных кромок в золотниковых и плунжерных парах во многом зависит надежность работы агрегатов, стабильность их технических характеристик. Проблемы формирования кромок на золотниках и гильзах, а также последующей очистки от технологических загрязнений – актуальны как в нашем машиностроении, так и зарубежном.

Исходя из результатов физико-химического воздействия на материалы при обработке существующие методы зачистки, отделки и очистки кромок деталей можно объединить в такие группы: механические, химико-механические, химические, электрохимические, физические.

В работе [2] показаны кромки шестерни топливного насоса после механической обработки и их округления различными методами. Требования к качеству кромок зависят от функционального назначения изделий. Например, ни один из представленных выше методов не гарантирует качества кромок плунжера топливного насоса по обеспечению как размеров, так и формы. Следует отметить, что все методы с использованием процессов резания металла образуют вторичные, более мелкие и потому более опасные ликвиды, поскольку они обладают повышенной проникающей способностью.

В работах [2,3] отмечается взаимное влияние конструктивных особенностей детали, режимов резания, состояния режущих кромок инструментов, свойств обрабатываемого материала и т.п. на величину дефектов, требующих устранения. Выбор способа отделки и доводки кромок зависит от их исходного состояния (материала и конструкции детали, шероховатости, размеров заусенцев, требуемого радиуса округления, и др.). Если качество зачистки и безразмерного округления кромок в большинстве случаев удовлетворяет требованиям производства, то стабильное получение функционально необходимого радиуса (в том числе близкого к нулю) на кромках золотниковых и плунжерных пар, лабиринтных уплотнений, нагнетательных деталей топливоподкачивающих насосов, лопаток турбин и т.п. является проблемой. В чертежах таких деталей указывают требования: кромка должна быть острой или кромку не притуплять, что представляет собой неопределенность и может иметь субъективную оценку, затрудняющую контроль и выпуск качественной продукции. Эта неопределенность существует и в производстве режущего инструмента при обработке режущих кромок. Чтобы получить размерное округление кромок по всему контуру детали, необходимо обеспечить комплекс технологических мероприятий, т.е. разработать технологическую систему и установить закономерности взаимного влияния элементов этой системы [3].

Выбор метода обработки кромок для агрегатного производства

Решение проблемы размерной обработки кромок, учитывающее особенности производства аэрокосмической техники, где преобладает

мелкосерийное, многономенклатурное, постоянно обновляющееся производство, представляет собой комплексную задачу. Для её решения необходимо оптимизировать многочисленные взаимовлияющие факторы, характеризующие детали, оборудование и тип производства. Исходя из характеристики агрегатного производства, требуются универсальные методы, позволяющие обрабатывать обширную номенклатуру деталей из различных материалов, включая труднообрабатываемые, при минимальных затратах на подготовку производства. При этом должны быть исключены повреждения поверхностей и изменение размеров, образование вторичных ликвидов, шаржирование поверхностей, межкристаллическая коррозия и многие другие факторы, влияющие на ресурс, долговечность и сохраняемость изделий. Из всего многообразия методов удовлетворяют перечисленным условиям всего несколько – термохимический, термоимпульсный, ультразвуковой, электрохимический, струями жидкости под высоким давлением. Ультразвуковым методом и струями жидкости качественно очищаются поверхности и кромки от микрочастиц и микрозаусенцев, а безразмерное округление кромок происходит, если при этом используют абразив. Однако применение абразива вызывает шаржирование поверхностей. Электрохимический метод требует большого количества оснастки, которая окупается при обработке партии деталей более 5000 штук [4]. Термохимический метод может быть использован на промежуточных операциях из-за последующего химического травления оксидов, которое приводит к изменению размеров прецизионных деталей.

Наиболее приемлемым является термоимпульсный метод, который в сочетании с ультразвуковой очисткой поверхностей от органических загрязнений позволяет автоматизировать процессы удаления заусенцев, включая микроликвиды, а также размерного округления кромок, независимо от сложности их конфигураций, например, кромки турбинных лопаток (рис. 2). Форма кромок имеет более сложную пространственную форму, чем любая из образующих её поверхностей. Это требует дополнительных затрат в производстве при обработке на станках с ЧПУ и другими методами. Использование термоимпульсного (физического) метода округления позволяет гибко автоматизировать эти операции, но вызывает ряд обязательных условий. Наиболее важным фактором являются стабильные исходные параметры объектов обработки, так как от них зависят повторяемость и точность радиусов округления. Поэтому очень важно в процессе разработки технологии изготовления детали назначать режимы механической обработки с учетом особенностей термоимпульсного округления кромок.

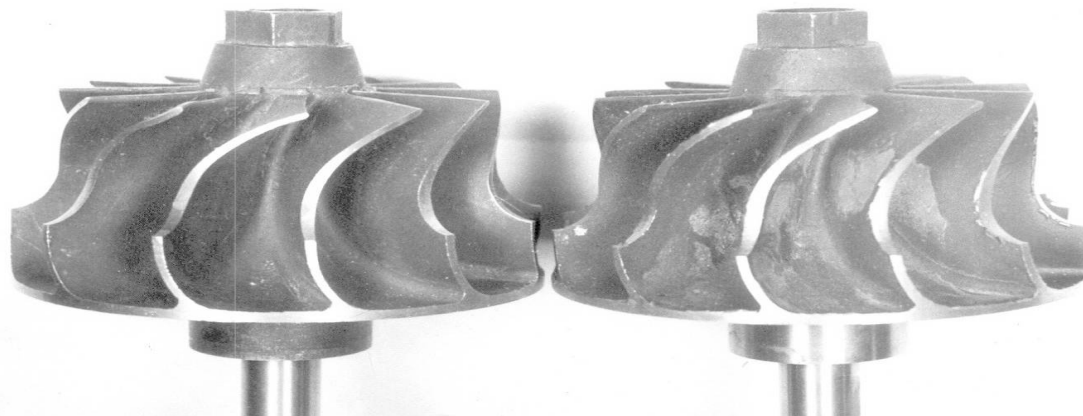


Рис. 2. Лопатки колеса турбины после и до термоимпульсной обработки

Исследование состояния кромок после термоимпульсной обработки

Теоретические исследования термоимпульсной обработки кромок и последующие экспериментальные работы показали возможность получения стабильного радиуса скругления. Установлено, что радиус скругления зависит только от характеристик источника тепла и теплофизических свойств материала обрабатываемой детали. На рис. 3 для двух марок сталей показаны закономерности изменения температуры элементов детали от их толщины при оптимальном времени нагрева источником тепла одинаковой мощности. Время прогрева является постоянной характеристикой материала и зависит только от теплофизических свойств материала и толщины удаляемой части кромки. В работах [2,4,5] описаны подобные исследования, но в данном случае были исследованы другие материалы деталей, а для каждого из них существует единственная такая зависимость. На первый взгляд, такие зависимости различаются незначительно, но при размерном округлении кромок эти отличия играют решающую роль.

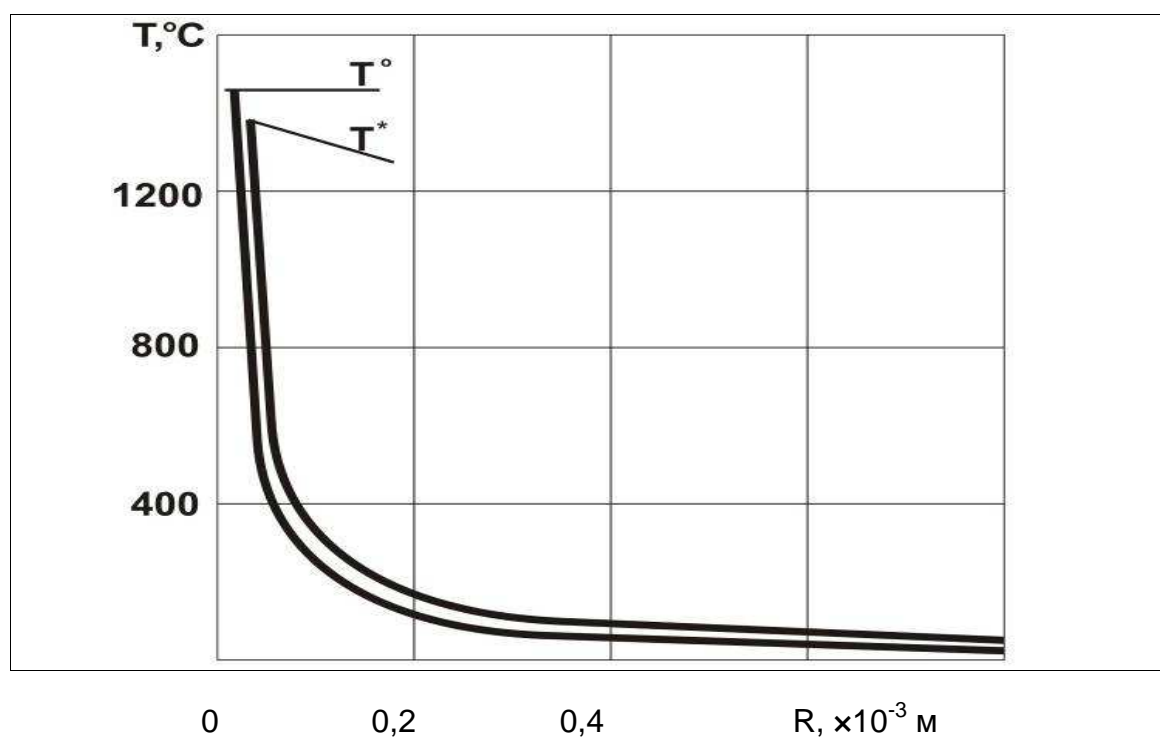


Рис. 3. Зависимость температуры от радиуса округления: T^0 – сталь 95X18, T^* – сталь 12X18H10T

Количество теплоты, подводимое от источника, можно определить по формуле

$$Q = q \tau F,$$

где q – плотность теплового потока или мощность источника тепла,
 τ – время обработки;

F – площадь поверхности ликвида.

Как видно, регулируемые параметры (мощность источника и время обработки) связаны обратно пропорциональной зависимостью. Поскольку время обработки для каждого материала является постоянным параметром, зависит от теплофизических свойств материалов деталей и геометрических размеров удаляемого ликвида, то, используя приведенное выше уравнение, можно определить требуемую характеристику источника тепла. Прямой результат регулирования времени обработки – возможность управлять размерным округлением кромок (рис.4,5,6), что очень важно при производстве плунжерных, золотниковых пар, лабиринтных уплотнений, компрессорных и турбинных лопаток и др.

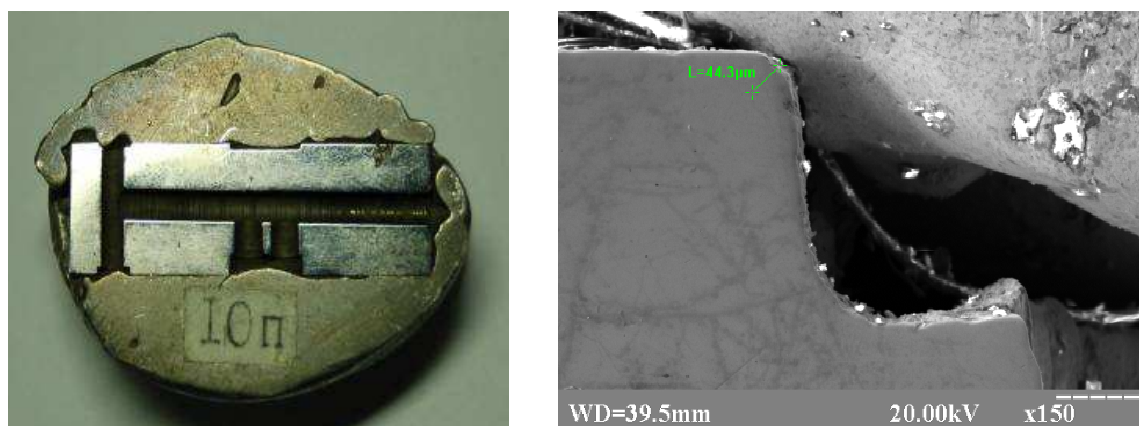


Рис. 4. Золотник с округлением кромок радиусом 44 мкм

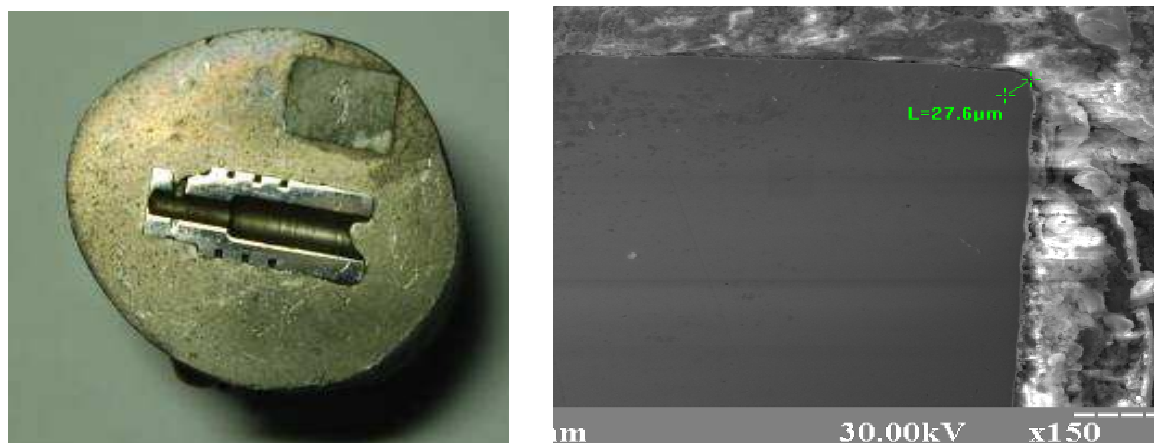


Рис. 5. Золотник с округлением кромок радиусом 27,6 мкм

Экспериментальные исследования термоимпульсного процесса округления кромок золотников показали, что обеспечение требуемого качества обработки достигается корректированием процесса механообработки поверхностей образующих кромки. Исследования указанных деталей выявили, что поверхности, образующие кромки, имеют различные шероховатости: цилиндрические 10 – 12-й класс, а торцевые поверхности – пятый или шестой. Независимо от угла пересечения поверхностей образуется кромка с ярко выраженным пилообразным релье-

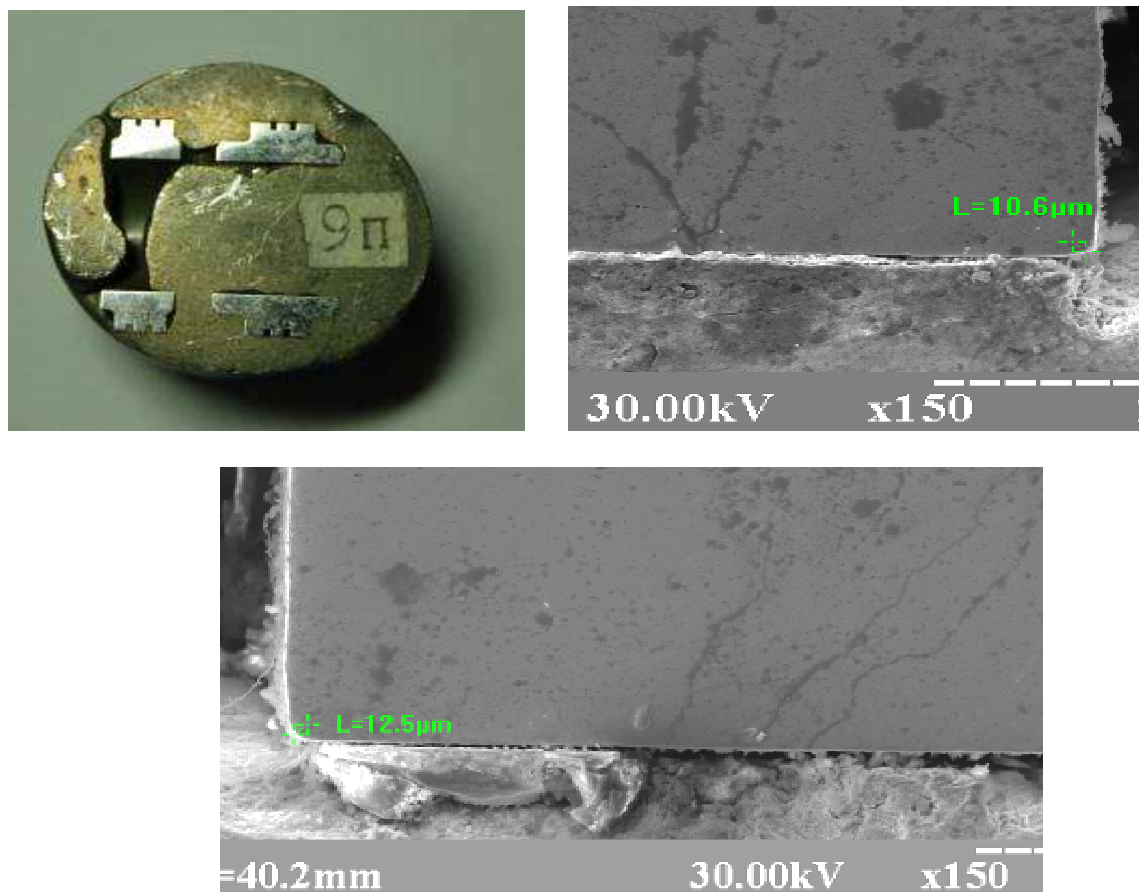


Рис. 6. Типичные кромки золотников после термоимпульсной обработки

фом. Причем величина микронеровностей на кромках может на порядок превышать микронеровности на кромкообразующих поверхностях. Для получения равномерной кромки заданного радиуса округления необходимо, чтобы шероховатость пересекающихся поверхностей была меньше, чем радиус округления. Устранить дефекты на поверхностях кромок удалось при округлении радиусом больше 40 мкм.

Кроме этого, следует обеспечить требуемую точность времени обработки и дозирования компонентов горючей смеси. Типичные кромки золотников, показанные на рис. 4,5,6, были обработаны термоимпульсным способом при оптимальном времени теплового воздействия. Результаты экспериментов показали, что требования к точности дозирования величины теплового потока менее критичны, чем к временному параметру.

Рассчитанные закономерности изменения температуры кромки в зависимости от величины радиуса округления при оптимальном времени обработки позволяют получать заданные размеры радиуса округления кромок путем регулирования величины заряда горючей смеси.

Термоимпульсная обработка дает возможность устранить из технологической системы субъективный фактор и совмещать несколько операций: удалять заусенцы, микрочастицы [1], быстро изнашиваемую часть микрорельефа поверхностей [6], округление кромок. Гибкость обработки обеспечивается регулированием характеристик газовой смеси, которая является инструментом.

Список литературы

1. Жданов, А.А. Обеспечение качества гидротопливных агрегатов летательных аппаратов за счет новых технологий [Текст] / А.А. Жданов // Технологические системы. – 2002. – №5. – С. 9 – 13.
2. Лосева, О. А. Обработка кромок деталей термоимпульсным методом [Текст] / О. А. Лосева, А.В. Лосев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 42. – Х., 2009. – С. 120 – 126.
3. Лосев, А.В. Технологическая система для удаления ликвидов с поверхностей деталей [Текст] / А.В. Лосев, А.А. Коростелева, О.А. Лосева // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е.Жуковского «ХАИ». – Вып. 4 (68). – Х., 2011. – С. 126.
4. Лосев, А.В. Повышение эффективности зачистки деталей пневматических и гидротопливных систем при использовании термоимпульсного метода: дис. ... канд. техн. наук: 05. 02. 08. А.В.Лосев – Х., 1995. – 210 с.
5. Фадеев, В.А. Обеспечение промышленной чистоты изделий машиностроения в производстве с использованием термоимпульсного метода [Текст] / В.А.Фадеев, А.В. Лосев, О. А. Лосева // Резание и инструмент в технологических системах: междунар. науч.-техн. сб.–Х.:НТУ "ХПИ". – 2006. – Вып. 70. – С.516–512.
6. Лосев, А.В. Необходимость использования отделочно-зачистных технологий в машиностроении [Текст] / А.В. Лосев, О. А. Лосева, Ю. С. Дмитревская // Металлообработка. – Вып.1(49). – Спб., 2009.– С. 2 – 9.

Рецензент: д – р техн. наук, проф. Костюк Г. И. Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского. Харьков.

Поступила в редакцию 07.06.2013

Обработка кромок золотниковых пар термоимпульсным методом

Наведено результати експериментальних досліджень стану кромок сталевих золотників гідропаливних агрегатів після механічної та термоімпульсної обробки для двох марок сталей. Виконано теоретичні дослідження та встановлено закономірності зміни температури кромок за оптимальних умов термоімпульсного нагрівання.

Ключові слова: кромка, ліквід, задирка, шорсткість поверхонь, розмірне скруглення, прецизійне оброблення, термоімпульсний процес.

Treatment of spool couple edges by thermal-pulse method

The results of experimental studies of the condition of edges hydro-fuel units steel spools following mechanical and thermal-pulse treatment for two grades of steel are presented. Theoretical studies have been made and patterns of temperature change of edges in optimal conditions of thermal-pulse heating are established.

Keywords: edge, barb, burr, surface roughness, dimensional rounding, precision machining, thermal impulse process.