

Рис. 1. Примеры кромок деталей



Авторы статьи

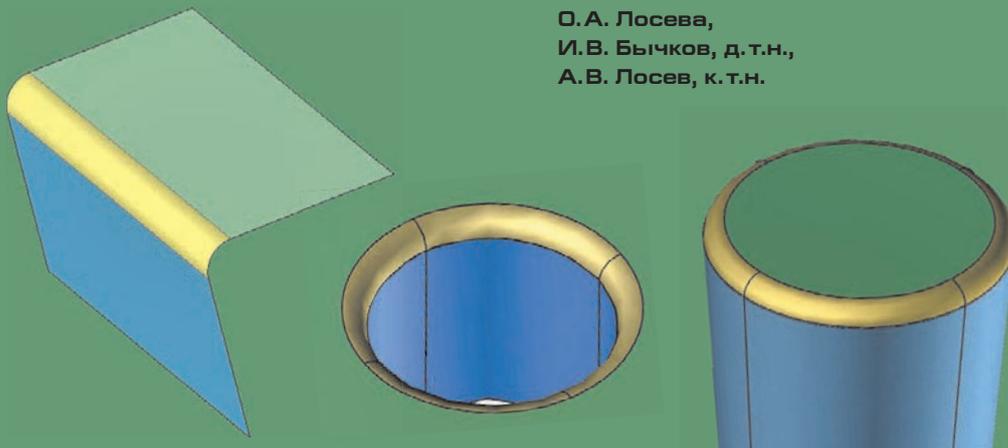
О. А. Посева,
И. В. Бычков, д. т. н.,
А. В. Посев, к. т. н.



Annotation

Forming and Finishing Machine Part Edges

As the precise geometry of some machine part edges can play a very important role in machine functioning, their formation is an intricate and delicate process. Mechanical machining by abrasive tools can lead to a number of surface defects and can change the edge size, so a number of methods have been developed for finishing the edges of precision parts. The article argues that the most efficient of those is the thermal impulse method, which makes it possible to automate burr removal and fit-to-size rounding of edges.



ФОРМИРОВАНИЕ И ОТДЕЛКА КРОМОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Существует номенклатура деталей, свойства которых в значительной степени определяются одним элементом их поверхности — кромкой (рис. 1). Ее форма и точность обработки во многом определяют эффективность функционирования детали или целого изделия. Поэтому к кромкам предъявляют особые требования, которые можно объединить в три группы: эстетические, эргономические и функциональные, влияющие на технические характеристики изделий.

Качество и размеры первых двух групп кромок оцениваются субъективно и назначаются достаточно произвольно. Функциональные кромки деталей должны иметь строго заданную геометрию и микрорельеф поверхностей. Например, гидравлические потери при острых кромках золотниковых и плунжерных пар на порядок больше, чем при их округлении. Это свойство широко используют в машиностроении для снижения утечек через зазоры нагнетательных элементов, для защиты капиллярных щелей гидравлических агрегатов от твердых частиц.

Безразмерная обработка для удаления заусенцев, подготовка кромок деталей перед нанесением разного рода покрытий на детали машин и механизмов имеет сегодня апробированные технические решения. Проблема размерного округления кромок является сложной многофункциональной задачей и остается актуальной в современных условиях.

Необходимая форма и размеры кромок режущего инструмента, деталей гидравлической аппаратуры, лабиринтных уплотнений, демпферов и подобных объектов производства достигаются целым комплексом технологических приемов, учитывающих свойства материалов деталей и конструктивные особенности, технологическую наследственность, методы и режимы обработки. Технологии и оборудование выбираются исходя из функционального назначения изделий, программы выпуска изделий, трудоемкости достижения нужного качества обработки с учетом эксплуатационных издержек.

Сложность процесса обработки кромок в том, что они являются результатом пересечения двух поверхностей, имеют ограниченные размеры, поскольку теоретически должны представлять

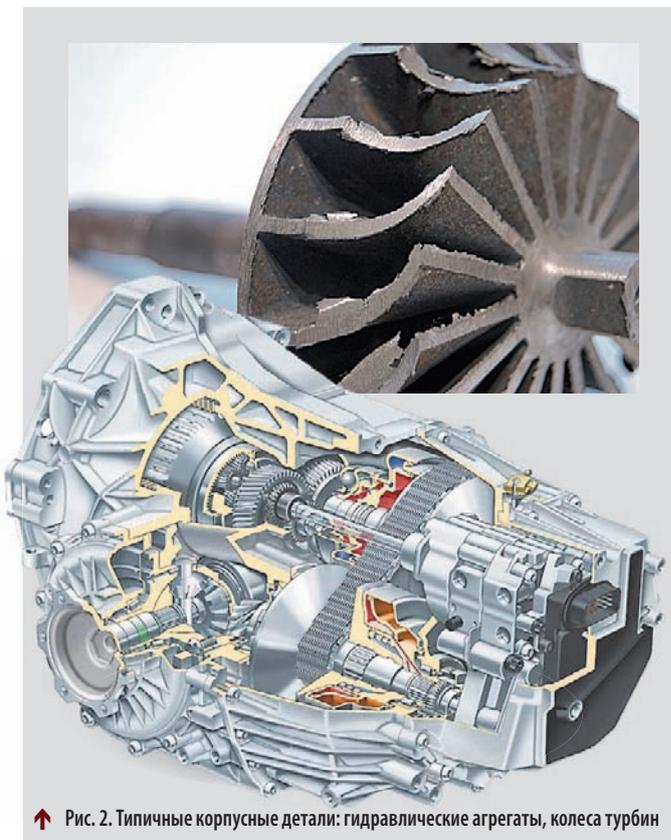


Рис. 2. Типичные корпусные детали: гидравлические агрегаты, колеса турбин

Оборудование для металлообработки

DMTG

- универсальные токарно-винторезные станки с диаметром обработки от 200мм до 1600мм, с РМЦ от 750мм до 8000мм;
- токарные станки с ЧПУ (FANUC, SIEMENS) в том числе с наклонной станиной, а также прутковой подачей и приводным инструментом;
- вертикальные и горизонтальные обрабатывающие центры;
- радиально-сверлильные, горизонтально-расточные и карусельные станки, в том числе вертикально фрезерные станки с ЧПУ;
- порталные многоосевые обрабатывающие центры и другое металлообрабатывающее оборудование.

19 ЛЕТ НА РЫНКЕ УКРАИНЫ

PRAMET

Твердосплавный инструмент

- для токарной обработки: наружной, внутренней, резьбонарезной, отрезка и прорезка
- для фрезерной обработки: фрезы концевые, торцевые, копировальные, дисковые, специальные твердосплавные, фрезы для обработки фасок, фрезы для тяжелой обработки с углом 60° и 90°, длиннохромчатые фрезы для черновой обработки
- широкая номенклатура цельных и сборных твердосплавных сверл
- расточные системы
- инструмент для восстановления профили ж/д рельс
- инструмент для переточки ж/д колес
- инструментальная оснастка
- инструмент для обработки штампов и прессформ
- инструмент для обрезки сварных швов
- инструмент для зубчатых передач
- шлиф стержней

"ИНСТРУМЕНТ"
УКРАИНСКАЯ ТОРГОВО - ПРОМЫШЛЕННАЯ КОМПАНИЯ

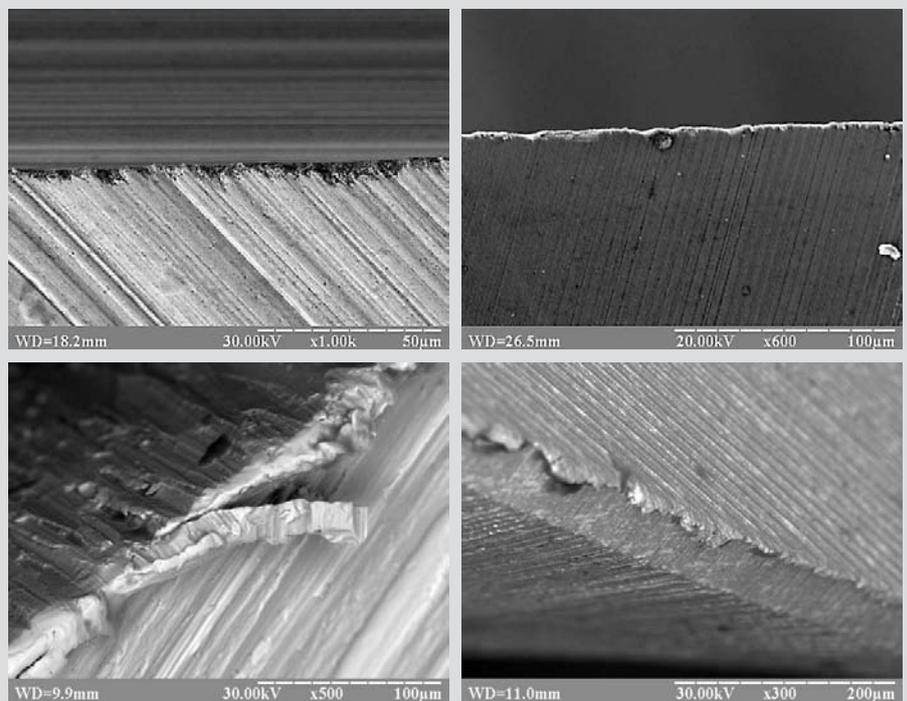
61010, г. Харьков, пер. Цыгаревский, 9
E-mail: utpk.instrument@gmail.com

Тел./ Факс (057) 733-14-23,
733-17-33, 733-29-81, 82, 83, 86

собой линию. Контур этой линии определен формой и взаимным расположением пересекающихся поверхностей. Реально изготовленная кромка является не линией, а переходной поверхностью сложной геометрической формы, на которой суммируются дефекты пересекающихся поверхностей, обусловленные краевыми эффектами при их обработке. Кромку можно определить как сопрягающую поверхность двух пересекающихся поверхностей, которые являются касательными к ней.

Размеры переходной поверхности зависят от метода, условий обработки и от шероховатости сопрягаемых поверхностей детали. Ввиду этого не всегда представляется возможным механической обработкой обеспечить требуемое качество кромок, что особенно актуально для деталей со сложными внутренними и наружными поверхностями, например, такими как корпуса гидравлических агрегатов, компрессоров и лопатки турбин (рис. 2).

На рис. 3 показаны типичные дефекты кромок деталей после механической обработки абразивными инструментами. Кромки детали имеют собственную шероховатость в продольном и поперечном направлениях.



↑ Рис. 3. Типичные дефекты кромок

AZTecnica



Техника линейного перемещения

прецизионные валы, профильные направляющие, ШВП, модули



Электроприводы и системы управления

частотные преобразователи, серводвигатели, ПЛК, ЧПУ



Пневматика

цилиндры, клапаны, фитинги, зубчатые цепи



Система алюминиевых профилей

профиль и обработка Q&E, угловые соединители, опоры и колеса, защитные ограждения



Конвейерные системы VarioFlow S

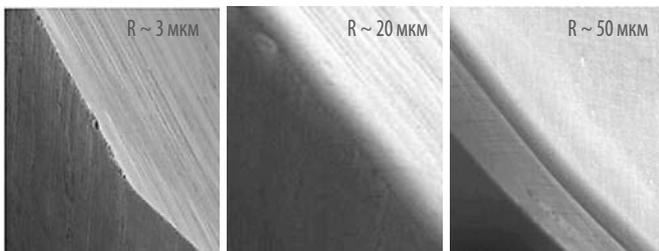
цепные конвейеры 65-320 мм



Эргономические рабочие места

рабочее место с автоподъемом, освещение, стулья, держатели

ул. Червонопрапорная, 28, Киев, тел./факс: +380 44 5019828, <http://azt.ua> info@azt.kiev.ua



↑ Рис. 4. Зависимость дефектов кромки от величины радиуса округления

Поперечная шероховатость является результатом обработки кромки, а продольная — результатом наложения друг на друга шероховатостей пересекающихся поверхностей.

Несмотря на то, что в настоящее время для отделки и очистки кромок используют более 120 методов и на порядок больше моделей оборудования, процесс автоматизации этих операций далек от своего завершения. Выбор способа формирования и отделки кромок зависит от многих противоречивых факторов: шероховатости, материала, функционального назначения и конструкции детали, требуемого радиуса округления наружных или внутренних кромок, размеров заусенцев и других. Так, например, при отделке кромок прецизионных деталей, в частности, золотниковых и плунжерных пар, недопустимы изменения их размеров.

Часто на чертежах таких деталей указывают требования: «Кромка должна быть острой» или «Кромку не притуплять», что представляет собой неопределенность и основание для субъективной оценки, которые затрудняют контроль и выпуск качественной продукции. Такая неопределенность, указывающая на некорректность постановки задачи, существует при производстве режущего инструмента и при заточке его режущих кромок [Бычков, И. В. Описание объекта производства для корректной постановки задачи формообразования//Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». — Вып. 45. — Х., 2010. — С. 129–135].

Чтобы выполнить размерное округление кромок по всему контуру детали, необходимо использовать комплекс технологических мероприятий, объединенных в технологическую систему, у которой установлены закономерности взаимного влияния ее элементов. [Лосева, О. А. Обработка кромок деталей термоимпульсным методом//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]. На рис. 4 показано влияние радиуса кромки на формирование поверхности без дефектов. Кроме того, технические характеристики метода обработки кромок, оборудования и инструмента должны обеспечивать

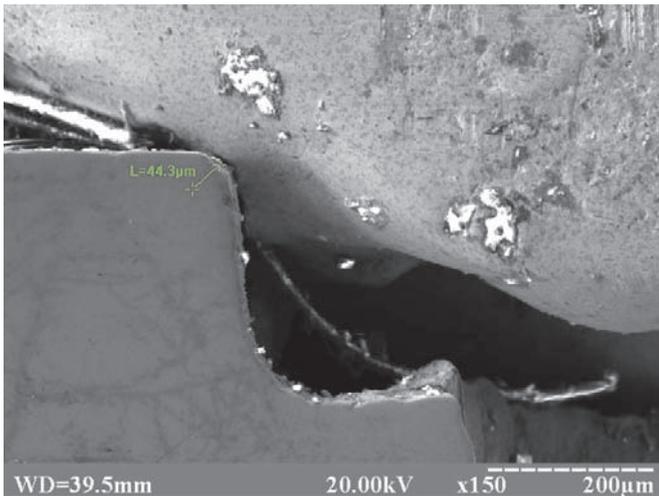
условия сохранения геометрических размеров, структуры материала, не допускать шаржирования поверхностей и т. п.

Решение проблемы размерной обработки кромок, учитывающее особенности производства той или иной техники, невозможно без высококвалифицированных исполнителей. Это связано с необходимостью оценки многочисленных взаимовлияющих факторов, характеризующих изделия и детали, оборудование и технологические процессы, систему контроля качества, тип производства и т. п. Например, исходя из характеристики агрегатного производства аэрокосмической промышленности требуются универсальные методы, позволяющие обрабатывать обширную номенклатуру единичных и мелкосерийных деталей из различных материалов, включая труднообрабатываемые. При этом должны быть исключены повреждения поверхностей и изменение размеров, образование вторичных ликвидов, шаржирование поверхностей, межкристаллическая коррозия и многие другие факторы, влияющие на безотказность, долговечность и сохраняемость изделий.

Из всего многообразия методов перечисленным условиям удовлетворяют 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 [Лосев, А. В. Повышение эффективности зачистки

↓ Рис. 5. Лопатки колеса турбины до и после термоимпульсной обработки





↑ Рис. 6. Золотник с округлением кромок радиусом 44 мкм

деталей пневматических и гидротопливных систем при использовании термоимпульсного метода: дис. канд. техн. наук: 05.02.08. — Х., 1995. — 210 с.]. Термохимический метод может быть использован на промежуточных операциях из-за необходимости 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. 5).

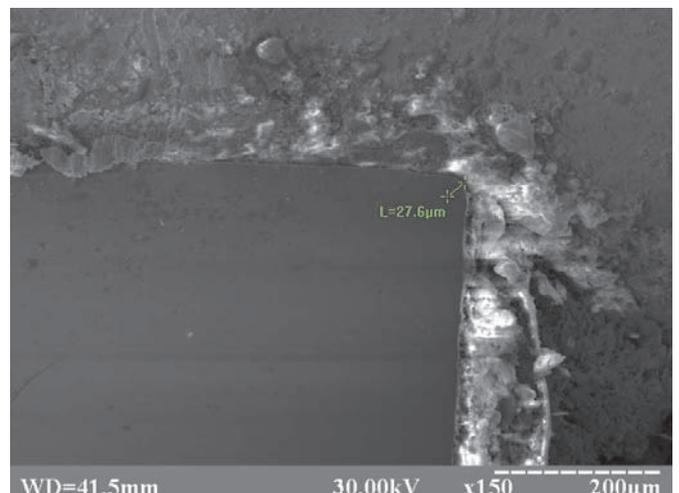
Форма кромок имеет более сложную пространственную форму, чем любая из образующих ее поверхностей (см. рис. 1). Это требует дополнительных затрат при подготовке производства и при обработке на станках с ЧПУ в сочетании с другими методами. Использование термоимпульсного (физического) метода округления позволяет гибко автоматизировать эти операции, но вызывает ряд обязательных условий. Наиболее важными из них являются стабильные исходные параметры объектов обработки, так как от них зависят повторяемость и точность радиусов округления. Поэтому необходимо в процессе разработки технологии изготовления детали назначать режимы механической обработки с учетом особенностей термоимпульсного округления кромок. На рис. 6, рис. 7, рис. 8 показаны несколько золотников из стали 95Х18 с округленными кромками термоимпульсным способом.

Радиус округления зависит от мощности и времени действия источника тепла, который рассчитывается с учетом теплофизических



свойств материалов деталей. Регулируемые параметры — мощность источника и время обработки, связаны обратно пропорциональной зависимостью.

Исследования образцов при обработке золотников, втулок многих изделий показали возможность очистки от заусенцев и отделки кромок с высоким качеством без нарушения исходной структуры материала. При этом наблюдалась управляемость, повторяемость и устойчивость результатов, что указывает на корректность поста-



↑ Рис. 7. Золотник с округлением кромок радиусом 27,6 мкм

ТОВ «КРЕЧИНА»
ТОВ «Кречина» – дистриб'ютор
KTR Kupplungstechnik (Німеччина)
в межах України

Муфти Rotex, Bowex, Poly-Norm,
та колокоподібні кронштейни
для з'єднання електромотора,
мотор-редуктора та насосів.
Баки для масла, гумові
прокладки, маслоохолоджувачі.
Велика гамма
розмірів та типів.
www.ktr.krechina.com

Муфти для насосів
типу НШ зі складу в Харкові.

Всесвітньо відомі продукти з всесвітнім сервісом.
Де б не працювало ВАШЕ обладнання
Ви отримаєте запасні частини.

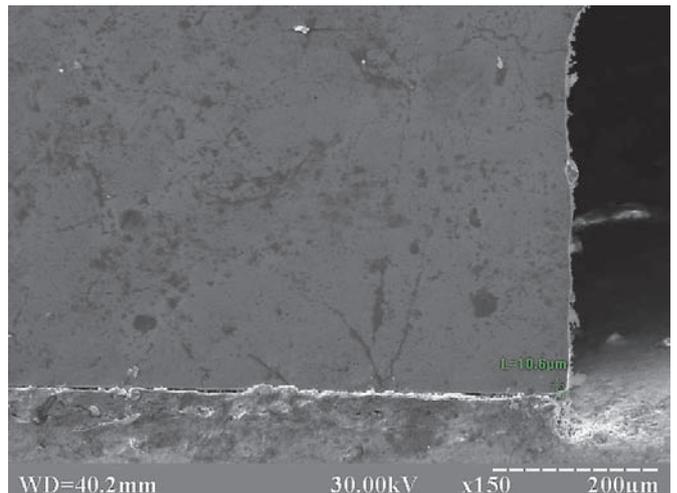
Торсіонно жорсткі,
прецизійні муфти
для сервоприводів,
типу Rotex GS, Toolflex,
Radex-NC

Муфти вільного
ходу (стопор
зворотного ходу)
типу CSKxx, CSKxxPP
зі складу в Харкові.

Двокарданні сталеві зубчасті **GEARex**,
ламельні **RIGIFLEX** муфти
для передач великих моментів.
GEARex до 0,52 мільйона Нм.
RIGIFLEX до 3 мільйонів Нм.
Можливе виконання з проміжним валом.

www.krechina.com

м. Харків, пр. Правди 17, оф. 21. т. +380 (57) 755-90-83
т./ф. +380 (57) 700-25-19 e-mail: sale@krechina.com



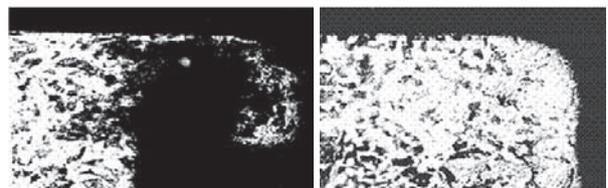
↑ Рис. 8. Типичные кромки золотников после термоимпульсной обработки

новки задачі. Разность размеров кромок по контуру детали находилась в пределах 0,1–1 мкм. На рис. 9 показана структура материала кромки золотника до и после термоимпульсной обработки.

Важную роль при механической обработке играет состояние режущих кромок как лезвийного, так и абразивного инструмента. От состояния кромок лезвий режущего инструмента зависят: способность инструмента выполнять свои функции, силы резания и затрачиваемая мощность при резании, стойкость инструмента, затраты на инструмент и на его переточки, качество поверхностей изделий и кромок. У инструментов разного назначения различные требования к состоянию кромок лезвия. Различные и технологические методы обеспечения этих требований.

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 Ra 0,16–0,02 мкм, а торцевые поверхности Ra 5–1,25 мкм. При этом независимо от угла пересечения поверхностей, образуются кромки с ярко выраженным пилообразным рельефом (см. рис. 3).

Наши исследования кромок режущих инструментов различных фирм отечественного и зарубежного производства выявили зависимость образования дефектов на кромках обрабатываемых деталей от шероховатости режущих кромок. Термоимпульсная отделка кромок различных видов инструментов, включая твердосплавные, показала возможность получения широкого диапазона радиусов



↑ Рис. 9. Кромка золотника до и после термоимпульсной обработки

округления. Причем малые радиусы округления по такой технологии (1–2 мкм) достигаются проще, чем большие, например 30 мкм.

Интегральный показатель качества продукции позволяет сравнить суммарные расходы на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации изделия с эффектом от его применения. Достижение наибольшего суммарного экономического эффекта сегодня возможно только путем поиска оптимальных решений по этому критерию, что создает условия для корректной постановки задачи формообразования. Технологически такая задача решается сочетанием промышленных методов обеспечения макрогеометрии, формирования кромок и микрорельефа поверхностей деталей машин. Приведенные результаты позволяют сделать вывод о перспективности технологической системы первичного формообразования механической ЧПУ обработкой в сочетании с термоимпульсными методами формирования кромок и очистки поверхностей деталей машин. ☞

bychkov_i_v@mail.ru