

## **ПРИТУПЛЕНИЕ ОСТРЫХ КРОМОК НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЯХ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ: ВЫБОР И ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ**

*Сергей Александрович Дружинин*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, обучающийся, тел. (913)900-72-65, e-mail: druzhinin87@yandex.ru

*Павел Вадимович Петров*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, кафедра фотоники и приборостроения, тел. (905)958-50-92, e-mail: krasko.petroff@yandex.ru

В статье рассматривается проблема удаления острых кромок, образуемых в результате обработки резанием. Анализируется терминология. Определяется место задачи в общей схеме производственного процесса. Систематизируются технологии удаления острых кромок. Предлагается методика выбора и оценки технологии удаления острых кромок.

**Ключевые слова:** острые кромки, обработка резанием, технологии притупления кромок, расчетные формулы трудоемкости

## **BLUNTING OF SHARP EDGES ON METAL PRODUCTS IN INSTRUMENTATION: SELECTION AND EVALUATION OF TECHNOLOGIES**

*Sergey A. Druzhinin*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Student, phone: (913)900-72-65, e-mail: druzhinin87@yandex.ru

*Pavel V. Petrov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (905)958-50-92, e-mail: krasko.petroff@yandex.ru

The article deals with the problem of removing sharp edges formed as a result of cutting. The terminology is analyzed. The place of the task in the general scheme of the production process is determined. Technologies for removing sharp edges are systematized. A method for selecting and evaluating the technology for removing sharp edges is proposed.

**Keywords:** sharp edges, cutting processing, edge blunting technologies, calculation formulas for labor intensity

Самый простой способ не притуплять острые кромки на изделия – это избавиться от их возникновения, предотвратить их образование. Поскольку основным способом формообразования современных изделий в приборостроении является резание, то острые кромки – неотъемлемая часть этого процесса (рис. 1). Значит, избежать их возникновения не удастся и, следовательно, задача притупления острых кромок актуальна, как и технологии их удаления. Актуальность темы исследования определяется также большой трудоемкостью работ по при-

туплению острых кромок, разнообразием технологий в данной области и необходимостью выбора предпочтительного варианта технологии.



Рис. 1. Изображение отверстия в трубе с заусенцами

В технической, справочной литературе [1, 2] и непосредственно на производстве часто встречаются наименования некоторых слесарных переходов, воспринимаемые как синонимы. Например, в отношении притупления острых кромок – такие как «устранить грат», «снять грат с отверстия, легко зенкуя», «притупить острые кромки», «снять заусенцы», «притупить ребра». Объекты притупления также воспринимаются как синонимы: грат, заусенцы, острые кромки, ребра.

Анализ действующих ГОСТ [3, 4] и стандартов Новосибирского приборостроительного завода (НПЗ) [2, 5], регламентирующих запись в технологической документации наименований слесарных работ и переходов обработки резанием, показал, что термин «грат» в них отсутствует.

В ходе анализа описаний технологических операций и переходов, выполняемых в механических цехах НПЗ для притупления острых кромок, были выявлены терминологические казусы.

Например, «снять заусенцы, зенкуя» с указанием сверла в качестве режущего инструмента; «зенковать отверстие» (сверлом), «легко зенковать отверстие под резьбу» (сверлом), «зенковать острые кромки на входе отверстия» (сверлом). Казусы состоят в данном случае в установлении тождества между различными типами режущего инструмента: зенковкой и сверлом. Как известно, зенкуют зенковкой, а сверлят (или рассверливают) сверлом. В данном случае термин «зенковать» означает работу по снятию заусенцев (удалению кромок) на входе отверстия, с применением спирального сверла. Правильнее (точнее) был бы любой из двух вариантов: «зенковать острые кромки на входе отверстия зенковкой» или «притупить острые кромки на входе отверстия спиральным сверлом».

Анализ действующих ГОСТ [3, 4], регламентирующих запись в технологической документации наименования слесарных работ и переходов обработки резанием в приборо- и машиностроении, выявил полное отсутствие наименований переходов, связанных с притуплением острых кромок!

Однако в стандарте НПЗ [5], который разработан и дополняет соответствующий вышеупомянутый ГОСТ [4], среди основных терминов технологических переходов указаны такие переходы, как «зенковать», «притупить», «снять», «удалить». Среди примеров записи переходов приведен пример перехода «снять заусенцы». В другом стандарте НПЗ [2], который также разработан в соответствии и в дополнении подобного вышеупомянутого ГОСТ [3], среди примеров записи переходов слесарных операций, приведены примеры переходов «притупить ребра» и «снять заусенцы».

Таким образом, в современных условиях НПЗ при описании переходов по притуплению острых кромок резанием, чаще всего применяются термины «заусенцы» и «острые кромки». Реже используется термин «ребра». Перестал применяться термин «грат».

Задача удаления острых кромок возникает и решается на всех стадиях производства: на заготовительной стадии, обрабатывающей стадии (в основном) и стадии сборки.

Местоположение данных работ в общей схеме производственного процесса, независимо от типа производства изделий, представлено схематично (рис. 2).

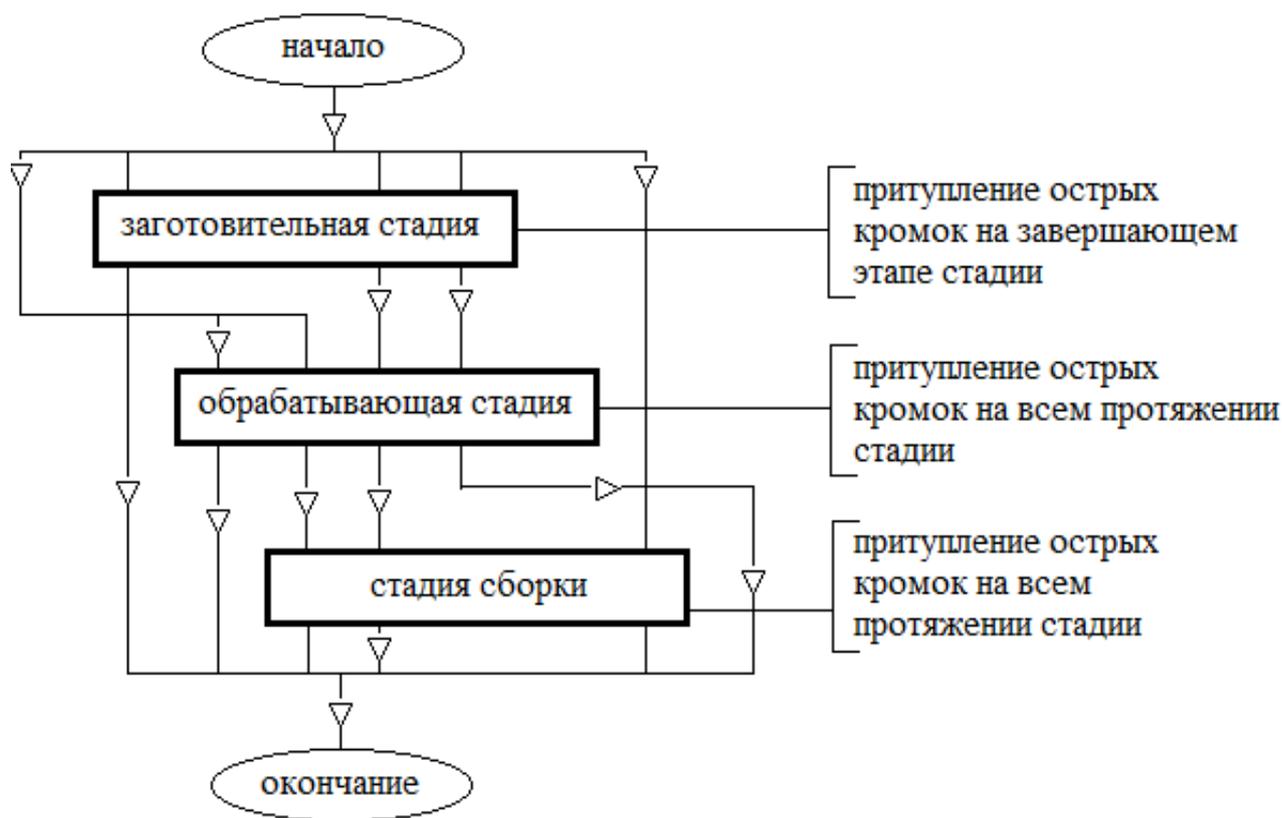


Рис. 2. Место работ по притуплению острых кромок в общей схеме производственного процесса

На заготовительной стадии притупление острых кромок необходимо для подготовки исходной заготовки к обрабатывающей стадии, например, снятие заусенцев на штампованной заготовке, полученной холодной штамповкой из листа; опилование отливки; обработка сварочного шва на сварной заготовке. Данные работы выполняются, в основном, при завершении заготовительной стадии.

На обрабатывающей стадии такие работы более объемны и трудоемки, занимая существенную долю времени среди остальных обрабатывающих работ. Притупление острых кромок имеет место в течение всей обрабатывающей стадии, во время и после станочной обработки.

На сборочной стадии таких работ меньше, чем на предыдущих стадиях, и они необходимы для механического соединения деталей в сборочную единицу. Например, калибровать (прогнать) резьбовое отверстие метчиком; убрать заусенцы в засверленном под штифт отверстии шабером или напильником. Притупление острых кромок имеет место в течение всей сборочной стадии.

В целом, назначение притупления острых кромок состоит в достижении двух целей: избежать повреждений человека (на стадии производства и эксплуатации прибора), а также повреждений самого прибора, частью которого являются детали с острыми кромками.

На технологию, структуру и организацию работ по притуплению острых кромок влияют многие факторы. В общем случае, это:

- состояние конкретной производственной среды, включая уровень автоматизации производства, состав имеющегося оборудования, традиции производства, квалификация работников и т.п.;
- характеристики изделия с острыми кромками;
- тип производства изделия.

В единичном приборостроении такие работы выполняются с учетом технической и организационной целесообразности, и, в конечном счете, экономичности. Такая обработка не сложна, не требует особых режимов и выполняется вручную.

В ходе токарных и сверлильных операций работы по притуплению кромок представляют собой самостоятельные технологические переходы и выполняются самими станочниками в той же операции, где и другие переходы (в случае токарной операции), либо в отдельной станочной операции (в случае сверлильной операции).

После фрезерных и шлифовальных операций такая обработка выделяется в отдельные слесарные операции, которые выполняются на одном и том же рабочем месте в комплексе с другими слесарными работами (например, с опиловкой, шабрением, калибровкой, разметкой и керновкой) работниками относительно невысокой квалификации.

Для притупления острых кромок применяются универсальные и относительно простые по конструкции инструменты. Например, в токарных операциях – это проходные резцы, сверла и надфили. В сверлильных операциях – это сверла и зенковки. В слесарных операциях после токарной обработки

не тел вращения, сверления взаимно проникающих отверстий, фрезерования и шлифования – это напильники, надфили, шаберы, шлифовальные шкурки, а также метчики, сверла и развертки для калибрования взаимно проникающих отверстий.

Мелкосерийное производство может быть как неавтоматизированным, так и автоматизированным. В неавтоматизированном мелкосерийном производстве притупление острых кромок может выполняться как вручную, так и с помощью малой механизации.

В основном, технология притупления острых кромок – такая же, как в единичном производстве. Примерами применяемых средств малой механизации являются ленточно-зачистные (шлифовальные) станки с «бесконечной» шлифовальной лентой, иногда приводные бор-фрезы. Акцент сделан на поштучное притупление острых кромок универсальным инструментом.

В автоматизированном мелкосерийном производстве применяется оборудование с ЧПУ. На токарных станках с ЧПУ притупление кромок выполняется контурными резцами и центровочными сверлами в тех же операциях, где обрабатываются основные поверхности. На сверлильных и фрезерных станках с ЧПУ, а также во фрезерных операциях на универсальных станках, притупление кромок выполняется редко. Такие работы выделяются в отдельные слесарные операции и выполняются на верстаках напильниками, надфилями, сверлами и зенковками на настольных одношпиндельных станках, механическими бор-фрезами, а также абразивными лентами на ленточно-шлифовальных станках. Кромки на взаимно проникающих отверстиях притупляются вручную калиброванием (прогонкой) с помощью сверл, зенкеров, разверток и метчиков.

В среднесерийном производстве, в основном, применяется оборудование с ЧПУ, в том числе станки типа «обрабатывающий центр». В этом случае для притупления острых кромок применяют контурные резцы, центровочные сверла, сверло-фрезы, фасочные фрезы и зенковки. Технологические переходы при этом выполняются не совмещенными и последовательными в отношении других технологических переходов, где обрабатываются основные поверхности.

Все реже, но до сих пор в серийном производстве применяется оборудование с механическим управлением, например, револьверные станки, многошпиндельные однорядные сверлильные станки с многошпиндельными револьверными и сверлильными головками, фрезерные станки с револьверными головками. В этом случае притупление острых кромок выполняется фасочными резцами, спиральными сверлами, центровочными сверлами, зенковками в переходах, совмещенными в пространстве и во времени с другими технологическими переходами.

Нередки случаи, когда притупление кромок выносится за пределы станочных операций и выполняются в слесарных операциях. Помимо традиционных технологий в этих условиях практикуется автоматическое снятие кромок, которое выполняется, в частности, на виброабразивных полуавтоматах над множеством изделий (до нескольких тысяч).

В условиях крупносерийного производства, и тем более массового, возможно наибольшее разнообразие технологий притупления острых кромок [6, 7], в частности обработкой резанием, химическими способами, ультразвуковыми, электрофизическими, термоимпульсными способами, абразивной обработкой, технологией взрывом. Эти технологии высокопроизводительны и позволяют обрабатывать большое число изделий одновременно.

В ряде случаев притупление острых кромок в крупносерийном и массовом производстве может быть полностью выполнено в рамках станочных операций обработки основных поверхностей изделий. Независимо от вида обработки станочные операции выполняются на одно-, многошпиндельном и многопозиционном оборудовании: автоматах, полуавтоматах и агрегатных станках с кулачковым управлением и ЧПУ. Технологические переходы, связанные с притуплением кромок, выполняются совместно с переходами по формообразованию основных поверхностей с применением комбинированных режущих инструментов, таких как фасонные резцы, ступенчатые осесимметричные инструменты.

По степени автоматизации и независимо от типа производства основные способы притупления острых кромок были разделены на три группы: ручные, механические и автоматические (программируемые).

К ручным способам следует отнести:

- притупление прямо- и криволинейных кромок напильником, надфилем, шабером, шлифовальным бруском;
- притупление прямо- и криволинейных кромок самоцентрирующимся шабером;
- притупление криволинейных кромок во взаимопроникающих цилиндрических поверхностях (калибрование, прогон) разверткой, зенкером, сверлом, метчиком и плашкой.

К механическим способам притупления острых кромок следует отнести:

- притупление прямолинейных кромок на мелких не телах вращения приводной (вращающейся) абразивной лентой на ленточно-зачистном станке;
- притупление прямолинейных, круглых и криволинейных кромок приводными (вращающимися) бор-фрезами;
- притупление круглых кромок резцами, центровочными сверлами и зенковками на пересечении наружных и внутренних поверхностей вращения с торцами тел вращений, с обязательным вращением последних на станках токарной группы;
- притупление круглых кромок в отверстиях на неподвижных не телах вращения вращающимися сверло-фрезами, сверлами и зенковками на станках сверлильной группы;
- притупление круглых кромок в труднодоступных местах отверстий приводными разрезными зенковками фирмы «Madison» (Германия).

К автоматическим и полуавтоматическим способам следует отнести:

- притупление острых кромок различных контуров фасочной фрезой;

- притупление острых кромок различных контуров абразивными зернами на виброобразивных машинах;
- притупление острых кромок с применением высокопроизводительных, дорогостоящих нетрадиционных технологий.

Каждый из вышеперечисленных способов был рассмотрен по общей схеме: сущность, область применения, иллюстрация и формула вычисления трудоемкости притупления кромок выбранным (или заданным) способом на одном изделии в одной операции. Наиболее полные результаты данного обобщения представлены в бакалаврской работе [8]. Главным итогом систематизации является методика выбора технологии удаления кромок, представленная в таблице.

Выбор технологии удаления кромок

Технологии притупления острых кромок	Для размеров каких изделий применима технология (мелких – М, до 100 мм; средних – С, до 300 мм; крупных – К, свыше 300 мм)	Для притупления каких кромок применима технология (круглых – О, линейных – Л, фасонных – Ф, пересекающихся – Х)	Наличие формул расчета трудоемкости притупления кромок по данной технологии (наличие данных по стоимости)	Альтернативные технологии притупления острых кромок (№№), без учета технологических тонкостей
Напильником, шабером	М, С, К	О, Л, Ф	+ (-)	2, 4-7, 9-11
Самоцентрирующим шабером	М, С, К	О, Л, Ф	–	1, 4-7, 9-11
Калиброванием	М, С	Х	+ (-)	10, 11
На ленточно-зачистном станке	М, С	Л	–	1, 2, 5, 9-11
Бор-фрезой	С, К	О, Л, Ф	+ (-)	1, 2, 4, 6-11
Резцом, сверлом, зенковкой на телах вращения	М, С, К (резцом); М, С (сверлом, зенковкой)	О	+ (-)	1, 2, 5, 8, 10, 11
Сверло-фрезой, сверлом, зенковкой на не телах вращения	М, С	О	+ (-)	1, 2, 5, 8-11
Зенковкой фирмы «Медисон»	М, С	О	–	5, 10, 11
Фасочной фрезой	М, С, К	О, Л, Ф	+ (+)	1,2,4,5,7,10,11
На вибромашине (ВМ)	М, С (для рассмотренных моделей ВМ)	О, Л, Ф, Х	+ (-)	1-9, 11
Спецтехнологиями	М, С, К	О, Л, Ф, Х		1-10

Надо признать, что методика, как результат, несовершенна. Из таблицы видно, что отсутствуют расчетные формулы для количественной оценки целого

ряда традиционных и современных технологий притупления острых кромок. Это касается как показателя трудоемкости, так и показателя стоимости. Как следствие, невозможность полноценного сравнения различных технологий удаления острых кромок между собой по количественным показателям эффективности. Основная причина недоработки – отсутствие доступной информации. Поиск необходимых сведений должен быть расширен и углублен. Можно считать это основанием для дальнейшей работы в данном направлении.

Несмотря на недостатки, разработанная методика обобщает отечественную и зарубежную информацию [9-12] в данной области, открыта для развития и пополнения информацией, а также предрасположена к автоматизации вычислений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Драгун, А.П. Режущий инструмент [Текст] : для молодых рабочих / А.П. Драгун. – Л.: Лениздат, 1986. – 271 с.
2. СТП АЛ-3.199-81 Система технологической документации. Правила записи переходов [Текст] : стандарт предприятия. – Введ. 1980. – Новосибирск : НПЗ, 1981. – 22 с.
3. ГОСТ 3.1703-79 ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Слесарные, слесарно-сборочные работы [Текст] : межгосударственный стандарт. – Введ. 01.01.81 – ИПК Издательство стандартов, 2003. – 6 с.
4. ГОСТ 3.1702-79 ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием [Текст] : межгосударственный стандарт. – Введ. 01.01.81 – ИПК Издательство стандартов, 2001. – 21 с.
5. СТП АЛ-3.181-81 Система технологической документации. Правила оформления технологической документации на процессы обработки резанием [Текст] : стандарт предприятия. – Введ. 1980. – Новосибирск : НПЗ, 1981. – 62 с.
6. Современные технологии удаления заусенцев в отверстиях малых диаметров при изготовлении деталей гидравлического оборудования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://stanko-arena.ru/article/sovremennyye-tekhnologii-udaleniya-zausentsev-v-otverstiyakh-malykh-diametrov.html> – Загл. с экрана.
7. Снятие заусенцев и притупление острых кромок [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://studme.org/267771/tehnika/snyatie\\_zausentsev\\_prituplenie\\_ostryh\\_kromok](https://studme.org/267771/tehnika/snyatie_zausentsev_prituplenie_ostryh_kromok) – Загл. с экрана.
8. Дружинин С.А. Разработка методики выбора и применения технологии удаления острых кромок / Выпускная квалификационная работа по направлению 12.03.01 Приборостроение, Новосибирск, СГУГиТ, 2021. – 51 с.
9. Обработка отверстий [Текст] // Каталог и техническое руководство фирмы «SECO TOOLS», Швеция, 2010. – 534 с.
10. Фрезы фасочные для обработки фасок [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tme-osnastka.ru/frezy/frezy-fasochnye/> – Загл. с экрана.
11. Фрезерование [Текст] // Каталог и техническое руководство фирмы «SECO TOOLS», Швеция, 2009. – 572 с.
12. Твердосплавный инструмент [Текст] // Каталог фирмы TNV, Дания, 2014. – 139 с.

© С. А. Дружинин, П. В. Петров, 2021