

## МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ГАЗООТВОДЯЩИХ КАНАВОК УГЛОВОЙ ФОРМЫ В МАТРИЦАХ ДЛЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В данной статье рассматривается обработка газоотводящих канавок на пресс-формах для резинотехнических изделий (РТИ) методом строгания по криволинейной поверхности. Целью работы является повышение эффективности обработки газоотводящих канавок угловой формы на пресс-формах для РТИ по криволинейным поверхностям при помощи применения метода строгания на станках с числовым программным управлением.

**Ключевые слова:** строгание, газоотводящие канавки, пресс-форма, резинотехнические изделия, угловые канавки, фасонное строгание, граверный резец, долбяк.

**Введение.** В данной статье рассмотрен эффективный метод обработки газоотводящих канавок матриц для резинотехнических изделий (РТИ) на фасонном профиле глубиной до 0,5 мм (рис. 1) [1]. Важным конструктивным элементом матриц для РТИ являются газоотводящие канавки. Принята форма сечения канавок двух видов — радиусные и угловые. Применение формы канавок прерогатива конструктора. Задача технолога обеспечить изготовление канавок по требованиям чертежа. Угловые канавки отличаются неблагоприятной формой с точки зрения механической обработки. Инструмент по классической схеме выполнить практически невозможно из-за конструкции и условий работы центральной части [2]. Она заостренная и передние углы на гранях можно выполнить только со значительными отрицательными передними углами. Это приводит к проблемам со стружкообразованием и стружкоотводом. Кроме того, остроконечные инструменты обладают низкой прочностью вершины. Проектировать и изготавливать специ-

альный инструмент со сложной геометрией для изготовления стружкоотводящих канавок экономически нецелесообразно, это требует применения заточных станков с ЧПУ и решает проблемы биения инструмента.

Применение дисковых фрез невозможно из-за конфигурации деталей. Есть две основные проблемы. Радиус фрезы определяется конфигурацией детали и радиусами в сечении детали. Минимальный радиус на профиле детали определяет радиус инструмента. Вторая проблема — это доступность участков обработки для дисковой фрезы. Вогнутая поверхность детали делает основную зону обработки недоступной для обработки дисковой фрезой. Проблему доступности технически решить можно, но проблему диаметра фрезы — нет, она будет определяться наименьшим радиусом профиля детали [3].

Анализ известного производственного опыта изготовления газоотводящих канавок показал, что наиболее распространены два приема [4, 5]. Основ-

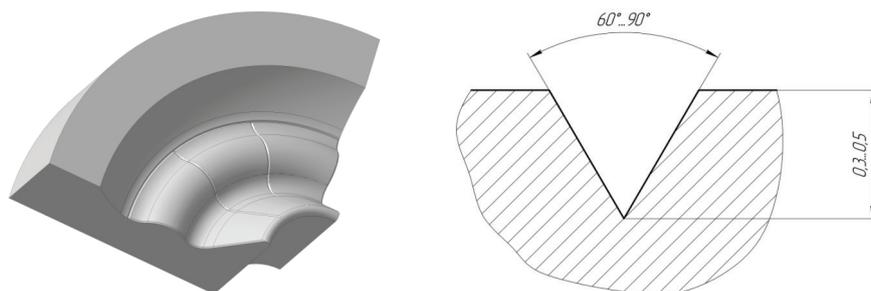


Рис. 1. Профиль газоотводящей канавки



Рис. 2.

ной — граверными фрезами. Имеются данные, что на ряде предприятий такие канавки делают чеканкой [6, 7]. Оба метода имеют недостатки:

— граверная фреза обеспечивает производительность подачи до 5 мм/мин, при этом скорость резания на вершине резца равна нулю. Процесс назвать нормальным резанием — сложно. Стойкость такого инструмента даже для твердого сплава достаточно низкая (максимум 2000 мм погонной длины канавки). Типичная причина выхода из строя данного инструмента — скол вершины (причем внешних проявлений скол не даёт), обнаружить его можно только визуально на детали после окончания цикла обработки. Обработка канавок осуществляется на трёх осевых фрезерных станках с ЧПУ (с применением угловых головок), режимы резания — частотой вращения шпинделя 1500 об/мин, подача 5 мм/мин, глубина резания 0,1 мм [8].

Для выполнения данной обработки возможно приобретение и эксплуатация пяти осевых гравировальных станков, но это существенно увеличит стоимость изготавливаемых деталей, а также не решит проблему нулевой скорости резания в центре граверной фрезы и других недостатков граверных фрез;

— чеканка даёт достаточно грубую поверхность канавки (точность канавки невысокая), что не позволяет получить РТИ с требованиями чертежа и конкурентоспособным внешним видом.

**Постановка задачи.** На ФГУП «ФНПЦ «Прогресс» пришли к решению указанных проблем применением процесса фасонного строгания. Применение этого метода изготовления канавок не принято на станках с ЧПУ, что объясняется невысокой скоростью перемещений рабочих органов и обычно большими нагрузками на операции строгания, кроме того, канавки имеют сложную геометрическую форму.

В связи с тем что размеры канавок весьма небольшие и строгание можно производить с глубиной резания 0,02–0,05 мм, нагрузка на силовую часть станка незначительна [9, 10]. При увеличении глубины резания на выходе резца шероховатость поверхности ухудшается и находится на пределе требований чертежа. Компенсировать ухудшение чистоты поверхности канавки можно увеличением переднего угла, но это приведет к снижению прочности режущего клина.

Внедрение процесса строгания потребовало решить две основные проблемы:

1. Стратегии обработки канавок.
2. Рациональной геометрии инструмента

**Результаты исследований.** Траектория движения резца может быть комбинацией прямолинейных и круговых траекторий, причем образующую

детали необходимо разбивать на участки, которые могут обрабатываться с приемлемыми значениями переднего и заднего углов и допуском на глубину канавки [11].

Вопрос разбивки профиля детали на рациональные участки траектории является задачей оптимизации. Доминирующее влияние на процесс обработки оказывают два фактора — допустимая величина переднего угла и длина участка траектории.

Предварительные эксперименты показали, что шероховатость обработанной поверхности канавки и стойкость инструмента удовлетворительны при величинах переднего угла от  $+15^\circ$  до  $-15^\circ$ . Теоретического обоснования этого диапазона не проводилось, это еще предстоит сделать и уточнить величины допустимых углов, но в первом приближении данные могут быть рекомендованы для применения.

Участки профиля для обработки с обеспечением допустимых величин передних углов разбиваются из возможности входа и выхода резца в участок траектории. Большое значение имеет количество управляемых координат станка и возможности автоматического деления стола:

1.1. Применение непрерывного пятиосевого перемещения при строгании.

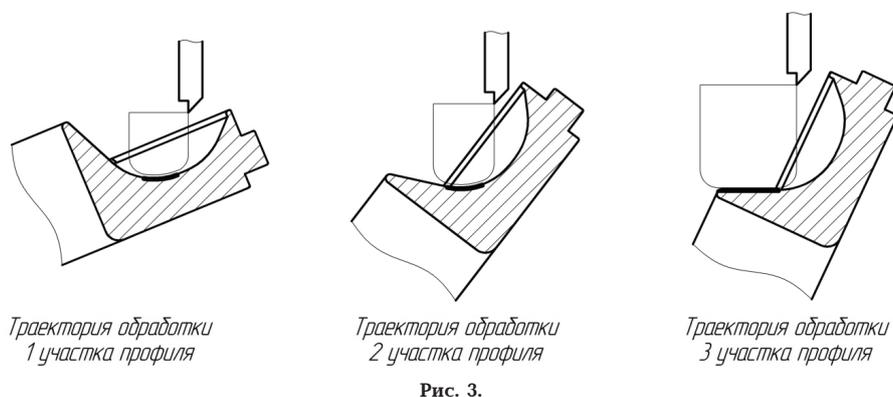
Данный метод оказался неэффективным, т. к. при одновременной работе нескольких осей станка невозможно обеспечить скорость строгального инструмента относительно детали, скорость строгания может быть не выше 300 мм/мин, что недостаточно для приемлемой производительности из-за рассогласования перемещений по осям станка [12].

1.2. Применение трехосевых станков может обеспечить необходимые перемещения при строгании с радиусной траекторией движения инструмента.

Данный метод требует применения нескольких инструментов со специальными оправками, обеспечивающими нужный угол обработки относительно обрабатываемого контура, применение ручного поворотного стола, что усложняет наладку станка, точность совпадения канавки различных участков обработки (требует постоянного контроля и наладки при замене одного из инструментов), что сказывается на производительности (рис. 2).

1.3. Применение трехосевого перемещения с возможностью автоматического дискретного поворота 4-й и 5-й оси при строгании с радиусной траекторией движения инструмента.

Данный метод обработки оказался наиболее эффективным. Применение указанного метода позволило обрабатывать контур одним инструментом, а дискретная автоматическая подача 4-й и 5-й осей позволяет значительно упростить наладку станка и повысить производительность (рис. 3). Данным



методом удалось достигнуть подачи 1000 мм/мин, что позволило повысить производительность в 6 раз по сравнению с гравированием (применяемым на предприятии) [13].

2. Определение рациональной геометрии инструмента.

Изменение переднего угла в пределах  $\pm 15^\circ$  на стойкость инструмента и шероховатость поверхности канавки существенного влияния не оказали. Но величина переднего угла связана с величиной заднего угла через угол заострения. Анализ геометрии резцов для обработки стали твердостью до 300 НВ показал, что угол заострения не должен быть меньше  $70^\circ$ . В противном случае, как показывает практика, прочности режущей части резца не хватает для процесса резания. Поэтому важной задачей для фасонного строгания становится определение диапазона допустимых величин заднего угла. Причем эта задача оказалась сложнее, чем определение диапазона передних углов. Минимальный эффективный задний угол в литературе определен в пределах  $1^\circ - 1,5^\circ$ . При меньших значениях резко возрастает сила резания. Рекомендуемая величина заднего угла должна превышать  $5^\circ$ . Предельная величина при обработке сталей твердостью до 300 НВ не должна превышать  $15^\circ$ . Если посмотреть изменение заднего угла на рис. 4, то очевидно существенное изменение его величины от точки входа до точки выхода резца из участка обработки.

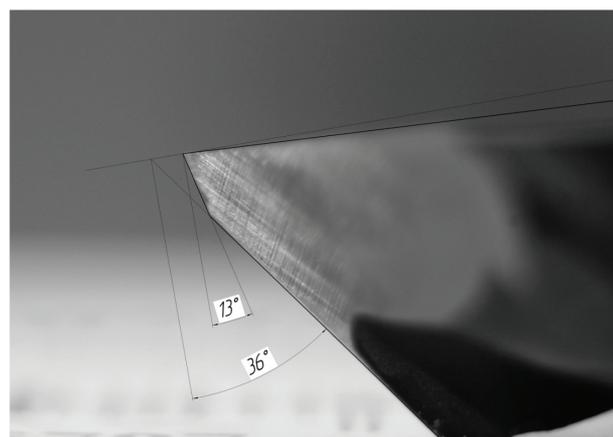
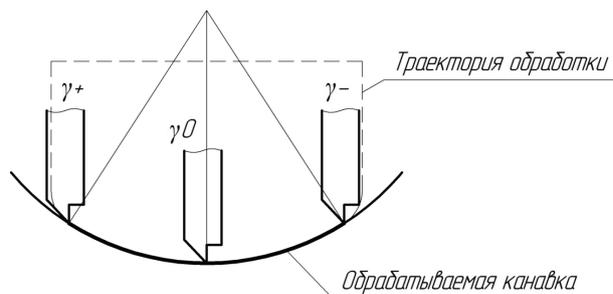
Анализ формы сколов резцов показал, что от вершины скол идет под углом  $13^\circ - 15^\circ$  и имеет скругленную форму. Форму скола можно считать рациональной формой задней поверхности для данных условий обработки. Рациональная форма заточки достаточно близко (рис. 5) соответствует форме скола.

Обсуждение результатов. Задний угол, так же как и передний, определяется траекторией обработки. Большая величина заднего угла приводит к сколу вершины, причем скол позволяет определить рациональный задний угол.

Разбивка контура детали на участки обработки определяется исключительно углами входа и выхода резца на участке обработки и не должен превышать величину заднего угла на входе и не превышать  $15^\circ$  на выходе. Это определяется условиями нормального резания и прочностью режущего клина. Применение пятиосевых станков позволяет обеспечить производительность обработки канавок угловой формы с производительностью многократно выше, чем фрезерованием.

#### Выводы.

1. Метод строгания канавок на фасонной поверхности матриц РТИ технически реализуем на



серийных станках с ЧПУ и позволяет обеспечить в разы большую производительность, чем фрезерование специальной фрезой.

2. Установлены рациональные значения переднего ( $15^\circ$ ) и заднего ( $13^\circ$ ) углов строгального резца и допустимые, для станка, режимы резания — скорость до 1500 мм/мин и глубина резания до 0,05 мм на проход.

3. Чем больше габариты детали и менее развитая поверхность обработки, тем выше производительность изготовления канавок методом строгания. Чем длиннее участки обработки, тем выше производительность.

#### Библиографический список

1. Wojciechowski S. The estimation of cutting forces and specific force coefficients during finishing ball end milling of inclined surfaces // The International Journal of Advanced

Manufacturing Technology. 2015. Vol. 89. P. 110–123. DOI: 10.1007/s00170-019-03481-z.

2. Семенченко И. И., Матюшин В. М., Сахаров Г. Н. Проектирование металлорежущих инструментов. М.: Гос. науч.-техн. изд-во машиностроительной лит., 1962. 952 с.

3. Решетников Е. П., Бочкарев П. Ю. Разработка технологического процесса обработки сложнопрофильных деталей в условиях механообрабатывающих предприятий аэрокосмической техники // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. 2017. № 1 (97). С. 41–45.

4. Mészáros I., Farkas BZs., Keszenheimer A. New cutting edge geometries for high precision hard turning // Proceedings of 4th CIRP HPC. 2010. Vol. 2. P. 351–356. ISBN 978-4-915698-03-35.

5. Takács M., Verő B. Actual Feed Rate per Tooth at Micro Milling // Mater Sci. Forum. 2007. Vol. 537-538. P. 695–700. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.537-538.695.

6. Моталин А. А. Технология механической обработки. Л.: Машиностроение, 1977. 461 с.

7. Мельников Н. Ф., Бристоль Б. Н., Дементьев В. И. Технология машиностроения. М.: Машиностроение, 1977. 327 с.

8. Абрамов Ф. Н., Коваленко В. В., Любимов В. Е. Справочник по обработке металлов резанием. Киев: Техніка, 1983. 239 с.

9. Матвеев В. В., Тверской М. М., Бойков Ф. И. Размерный анализ технологических процессов. М.: Машиностроение, 1982. 264 с.

10. Пятых А. С., Савилов А. В. Определение коэффициента сил резания для моделирования процессов механообработки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17, № 2. С. 211–216.

11. Вульф А. М. Резание металлов. Л.: Машиностроение, 1978. 116 с.

12. Зазерский Е. И., Жолмерчик С. И. Технология обработки деталей на станках с программным управлением. Л.: Машиностроение, 1975. 208 с.

13. Савилов А. В., Пятых А. С., Тимофеев С. А. Современные методы оптимизации высокопроизводительного фрезерования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 6 (2). С. 476–479.

**ШЕВЧЕНКО Александр Юрьевич**, заведующий лабораторией № 252 отдела № 2 ФНПЦ «Прогресс», г. Омск.

Адрес для переписки: alexshef9@rambler.ru

**ПОПОВ Андрей Юрьевич**, доктор технических наук, профессор (Россия), заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» Омского государственного технического университета.

SPIN-код: 4871-2344

AuthorID (SCOPUS): 25228115700

Адрес для переписки: popov\_a\_u@list.ru

#### Для цитирования

Шевченко А. Ю., Попов А. Ю. Методы обработки газоотводящих канавок угловой формы в матрицах для резино-технических изделий // Омский научный вестник. 2020. № 2 (170). С. 19–22. DOI: 10.25206/1813-8225-2020-170-19-22.

Статья поступила в редакцию 15.01.2020 г.

© А. Ю. Шевченко, А. Ю. Попов