

Научная статья
УДК 67.05

В.А. Стырников

V.A. Styrnikov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь, Российская Федерация

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ГЛУБОКОГО ТОЧНОГО РАСТАЧИВАНИЯ СТУПЕНЧАТЫХ КАНАЛОВ

DESIGN OF A TOOL FOR DEEP PRECISION BORING OF A STEPPED HOLES

В работе рассмотрена тема глубокого точного растачивания ступенчатого отверстия детали типа «Переводник». Предложена модификация технологического процесса получения точной ступени канала большего диаметра с целью сокращения затрат на обработку детали. Спроектирован и опробован инструмент, решены проблемы вибраций. Проведен полный факторный эксперимент с целью определения преимущественного режима обработки спроектированным инструментом.

Ключевые слова: глубокое растачивание, вибрации, шероховатость, глубокое отверстие, глубокое ступенчатое отверстие, система СПИД, СОЖ.

In this work authors will consider the topic of deep precision boring of a stepped hole in a "Substitute" type part. A modification of the technological process for obtaining a precision step for a hole of a larger diameter is proposed in order to reduce the cost of processing the part. A tool has been designed and tested to solve vibration problems. A full factorial experiment was carried out with the determination of a strict processing regime using the traditional method.

Keywords: deep hole boring, vibration, roughness, deep hole, deep stepped hole, MDID system, cutting fluid.

Введение

Процессы глубокого растачивания существенно отличаются от обычного растачивания, актуальны для самых разных областей применения, где требуются отверстия, длина которых больше пяти диаметров [1]. Растачивание является одним из наиболее широко используемых методов обработки глубоких отверстий. Заготовки, полученные растачиванием, имеют высокую точность и относительно низкую стоимость.

Процесс обработки глубоких отверстий сопровождается рядом технологических сложностей. Например, из-за большого осевого расстояния в процессе глубокого растачивания при дальнейшем увеличении вылета

инструмента в геометрической прогрессии возрастают вибрации инструмента, что приводит к потере устойчивости процесса резания, точности размеров и увеличению шероховатости поверхности [2]. Также с увеличением длины отверстия становится более явной проблема эвакуации стружки из зоны резания и охлаждения инструмента. Увеличение увода оси инструмента с увеличением глубины резания также является большой проблемой обработки глубоких отверстий растачиванием. Все вышеперечисленные нюансы обуславливают существенные отличия технологий обработки глубоких отверстий от технологий обработки обычных отверстий. Также в конструкции расточных головок предусмотрены твердосплавные направляющие для точного позиционирования инструмента в канале, позволяющие кратно снизить увод оси, который может появляться из-за действий сил резания и недостаточной жесткости стебля. Расположение направляющих рассчитывается математически, исходя из расчетных направлений и величин сил резания [3].

Целью работы являлась разработка технологического процесса обработки глубокого точного ступенчатого отверстия детали типа «Переводник».

Схема растачивания глубокого отверстия представлена на рис. 1.

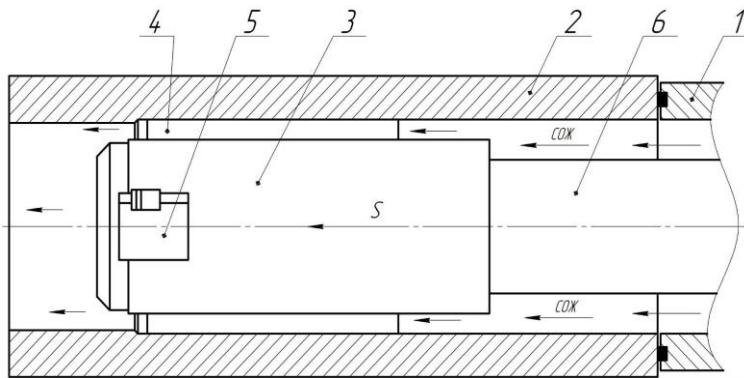


Рис. 1. Схема растачивания глубокого отверстия:

- 1 – заходная втулка; 2 – обрабатываемая заготовка; 3 – расточная головка;
4 – твердосплавная направляющая; 5 – сменный режущий блок

Перед началом обработки заготовки 2 в расточную головку 3 вставляют по точной скользящей посадке сменный расточной блок 5. При этом расточной блок могут фиксировать винтом для исключения радиальных перемещений, а могут не фиксировать, оставить плавающим. Далее головка 3 накручивается на стебель 6 по многозаходной специальной прямоугольной резьбе и подается через заходную втулку 1, диаметр отверстия которой выполнен равным диаметру твердосплавных направляющих 4. Именно заходная втулка определяет начальное отклонение головки от оси отверстия, направляет ее по нужной траектории, поэтому к ней предъявляют особые требования как по материалу, так

и по размерам. Смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) подается через маслоприемник (на рис. 1 не показан) в кольцевой зазор между заготовкой и расточной головкой под давлением 0,8–1,5 МПа при расходе 200–300 л/ч (для диаметра растачиваемого отверстия 108 мм) и, охлаждая зону резания, ломая и унося стружку, гонится вперед в стружкосборник, который соединен с баками, фильтрующими и подающими СОЖ в насосы.

Особой проблемой формирования глубоких отверстий является обработка ступенчатых точных каналов (рис. 2). Сложность состоит в обработке больших диаметров, так как возникает проблема вывода инструмента по окончании обработки. Резцы и твердосплавные направляющие головки неизбежно оставляют нарывы, царапины на уже обработанной поверхности, которые очень тяжело убрать.

Поэтому предложена обработка на обратной подаче (обработка «на растяжение»). При данной схеме подача направлена к бабке инструмента. Это позволит избежать необходимости вывода головки из расточенного начисто отверстия, а также дополнительной операции для зачистки поверхности канала от царапин и нарывов. Но тогда встает вопрос возможности установки расточного блока в головку, находящуюся в обрабатываемом канале. Для решения данной проблемы предлагается использовать раздвижной расточной блок (рис. 3, а).

Данный блок устанавливается в окно между крышкой 2 и корпусом 1 расточной головки (рис. 3, б) в сжатом состоянии, после чего головка заводится в обрабатываемое отверстие, блок раздвигается на рабочий диаметр на участке $\varnothing 110$ с помощью клина 4 (см. рис. 3, а) затягиванием винта 3 (см. рис. 3, б) на крышке головки. Далее обработка ведется на растяжение с режимами: $S = 0,39$ мм/об, $n = 440$ об/мин, припуск на диаметр составляет 0,7 мм.

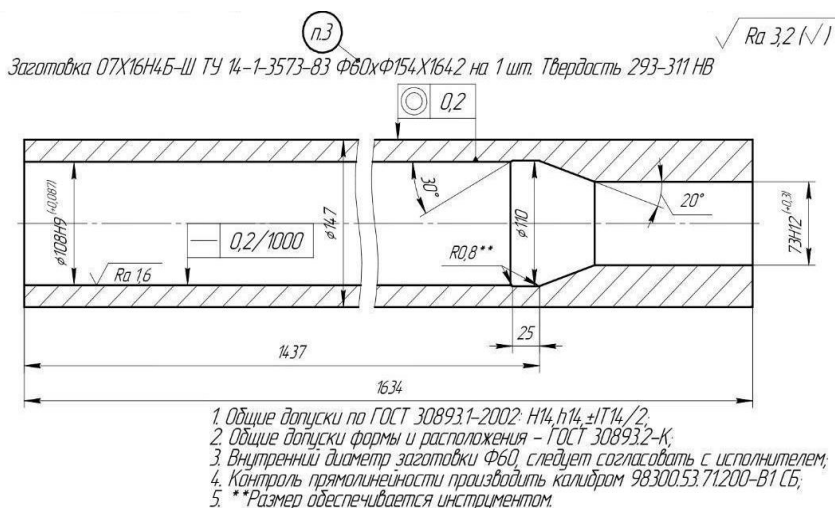


Рис. 2. Эскиз детали «Переводник»

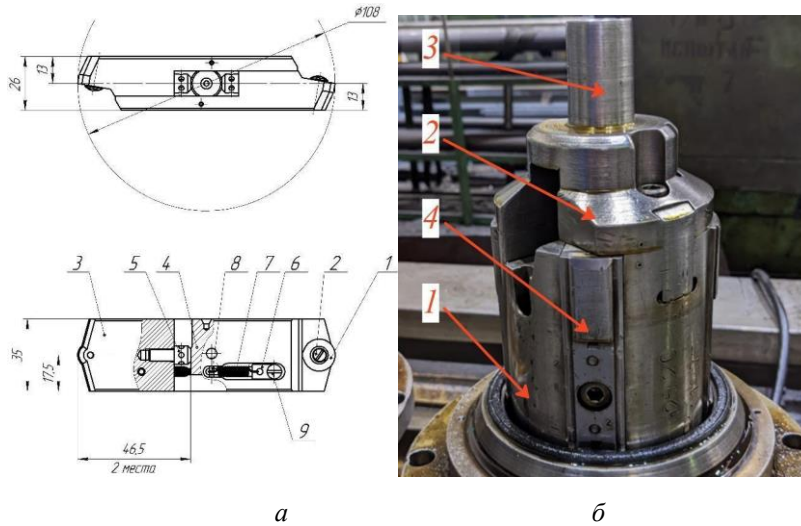


Рис. 3. Расточной инструмент:

а – конструкция раздвижного блока:

1 – режущая пластина; *2* – винт крепления пластины; *3* – державка; *4* – клин; *5* – винт регулировочный; *6* – пластинка; *7* – пружина; *8* – штифт; *9* – винт;

б – расточная головка: *1* – корпус; *2* – крышка; *3* – винт; *4* – направляющие

Проведенные испытания конструкции блока выявили, вероятно, недостаточную жесткость инструмента. Во время обработки возникли вибрации, а в отверстиях – характерная возникновению вибраций огранка (рис. 4).



Рис. 4. Огранка в обработанном отверстии

Для подтверждения теории было принято решение доработать конструкцию крышки расточной головки для увеличения жесткости сменного расточного блока (рис. 5).

Для увеличения жесткости блока применялись дополнительные два винта, расположенные напротив двух подвижных половин сменного раздвижного блока. В крышке были дополнительно выполнены два резьбовых отверстия, расположенные на окружности диаметром 60 мм под углом 6° .

При приведении расточного блока на рабочий диаметр дополнительно к центральному раздвигающему блоку винту вкручивались два винта для жесткой фиксации двух половин блока.

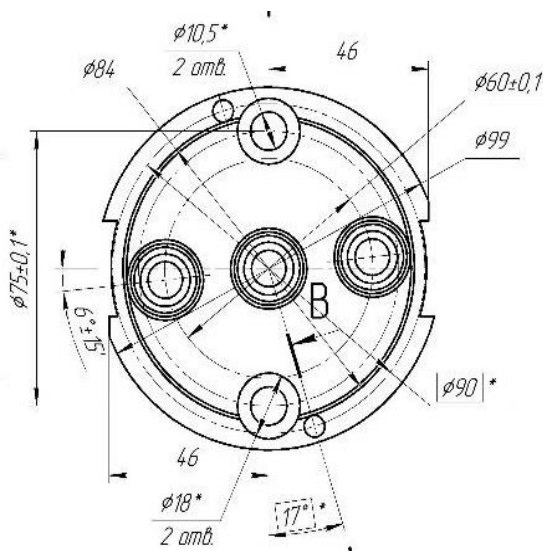


Рис. 5. Доработка крышки расточной головки

Испытания доработанной конструкции блока показали положительный результат. Удалось расточить отверстие без дефектов, полностью удовлетворяющее требованиям чертежа.

Для получения рационального режима обработки был проведен полный факторный эксперимент. Входными параметрами являлись подача S и частота вращения n , в качестве целевой функции была выбрана шероховатость поверхности R_a . Эксперимент проводился на специальном расточном станке Рязанского станкостроительного завода РТ-602, измерения шероховатости производились с помощью профилометра Mitutoyo SJ-210. Припуск составил 0,35 мм на сторону. Режущая пластина – Pramet RCMT 1204MOE-UR. Варьирование оборотов заготовки – двухступенчатое, подачи инструмента – трехступенчатое. Режимы обработки представлены в таблице.

Режимы обработки

Номер эксперимента	S , мм/об.	n , об./мин
1	0,39	440
2	0,19	440
3	0,6	440
4	0,39	290
5	0,19	290
6	0,6	290

Каждый эксперимент повторялся три раза, замеры шероховатости велись в начале и в конце трубы в трех точках через 120°. Результаты эксперимента представлены на рис. 6.

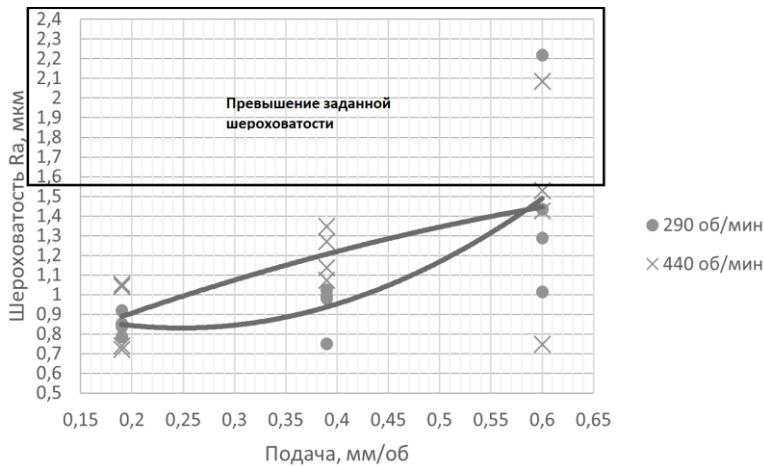


Рис. 6. Результаты эксперимента

Из графика видно, что при обработке на больших подачах высок риск превышения заданной шероховатости, на малой подаче поверхность получается сильно чище заданной, производительность процесса минимальна. Рациональный режим обработки – $S = 0,39$ мм/об., $n = 440$ об./мин. Конструкция раздвижного расточного блока позволяет растачивать отверстие без применения дополнительной обработки. Круглые твердосплавные пластины позволяют получать на чистовых режимах и малых припусках малую шероховатость за счет выглаживающего эффекта.

Список литературы

1. Кирсанов С.В., Гречишников В.А., Григорьев С.Н., Схиртладзе А. Обработка глубоких отверстий в машиностроении: справочник. – М.: Машиностроение, 2010. – 343 с.
2. Туркина Н.Р., Чукарин А.Н. Конечно-элементный анализ инструментов для технологии глубокого сверления // САПР и моделирование в современной электронике: сб. науч. тр. V Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 21–22 октября 2021 г. – Брянск: Новый формат, 2021. – С. 58–63. DOI 10.30987/conferencearticle_61c997ee1df720.45382099. – EDN BDUFTI
3. Курган В.П., Панкин А.А. Анализ математической модели процесса растачивания // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2005. – № 32.

Сведения об авторах

Научный руководитель – **Килина Полина Николаевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры инновационных технологий машиностроения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kilinapn@mail.ru

Стырников Владислав Александрович – магистрант механико-технологического факультета, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: styrnikovv@gmail.com

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: автор и научный руководитель заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад автора: 100 %

Получена: 15.12.2023

Одобрена: 15.12.2023

Принята к публикации: 15.12.2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Стырников, В.А. разработка инструмента для глубокого точного растачивания ступенчатых каналов / В. А. Стырников // *Master's Journal*. – 2024. – № 1. – Art. № 03.

Please cite this article in English as: Styrnikov V.A. Design of a tool for deep precision boring of a stepped holes. *Master's Journal*, 2024, no. 1, art. no. 03.