



Автор статьи

С. С. Некрасов,
канд. техн. наук
Д. В. Криворучко,
д-р техн. наук
А. А. Нешта,
Сумской государственный университет, Украина

СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ КРУГЛОЙ РЕЗЬБЫ

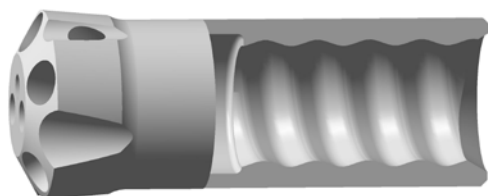
Резьба с круглым профилем по ISO 10208 и DIN 20317 характеризуется большой стойкостью, повышенным сопротивлением динамическим нагрузкам, ввиду отсутствия острых углов на витках, а также простоте свинчивания и развинчивания, благодаря большому углу подъема винтовой линии. Она используется в узлах, работающих в загрязненной среде, например, для соединения элементов бурильной головки. В связи с активным развитием горно- и нефтегазодобывающей отраслей, изучение технологии обработки данной резьбы является крайне актуальной задачей

Круглая внутренняя резьба выполняется на буровых головках (рис. 1), посредством которой она присоединяется к буровой штанге. Узлы буровых головок (рис. 2) используются в различных видах установок для бурения глубоких скважин: Atlas Copco ROC L6/F6/L8, RANGER, PANTERA 1100/1500, Soo-san, Hanjin.

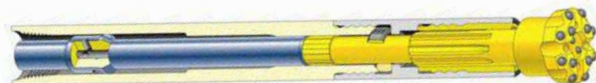
Круглая резьба ISO 10208 имеет следующие параметры: внутренний диаметр $D=22\div 36$ мм с постоянной высотой профиля резьбы $H_1=1,5$ мм, радиус выступа резьбы $R_1=5,5$ мм и радиус впадины резьбы $R_2=6$ мм; а согласно DIN 20317: внутренний диаметр $D=36\div 64$ мм с постоянной высотой профиля резьбы $H_1=1,9$ мм, радиусом выступа резьбы $R_1=4,3$ мм и радиусом впадины резьбы $R_2=5,2$ мм (рис. 3). Общим параметром для круглой резьбы ISO 10208 и DIN 20317 является шаг резьбы $p=12,7$ мм.

Целью настоящей работы является обзор и сравнение способов обработки круглой внутренней резьбы.

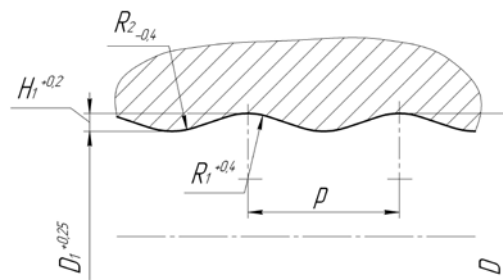
Обработка резьбы может производиться несколькими способами, которые отличаются друг от друга кинематикой движений, применяе-



↑ Рис. 1. Буровая головка



↑ Рис. 2. Узел буровой головки Secoroc COPROD Atlas Copco



← Рис. 3. Параметры профиля резьбы по ISO 10208 буровой головки

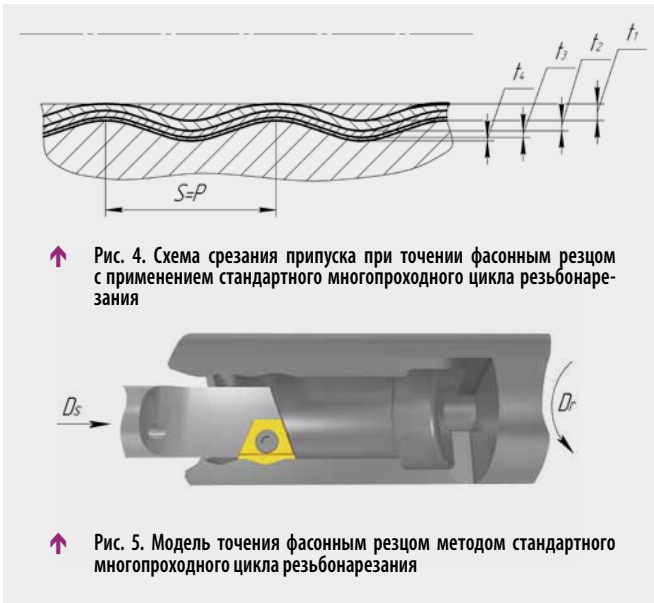
мым инструментом и способом формообразования. Основной сложностью изготовления этой резьбы является большая величина шага p .

Существуют такие способы обработки круглой резьбы:

- точение фасонным резцом с применением стандартного многопроходного цикла резбонарезания;
- точение стандартным резцом с переменной глубиной резания;
- построчное точение стандартным резцом.

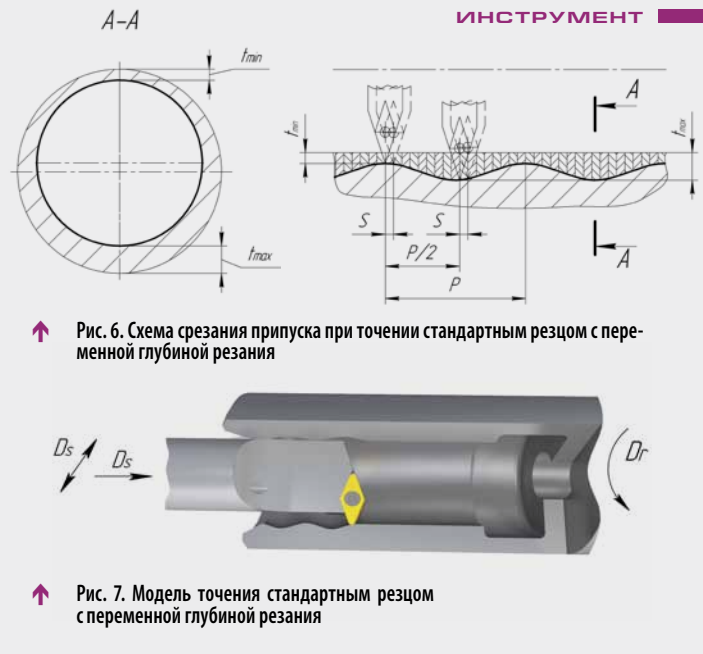
При точении фасонным резцом методом стандартного многопроходного цикла резбонарезания (рис. 4, 5) сьем припуска осуществляется благодаря синхронному движению вращающейся детали и прямолинейному перемещению фасонного резца вдоль ее оси. За один оборот заготовки резец перемещается на расстояние равное шагу нарезаемой резьбы, при этом врезание по глубине осуществляется за несколько проходов. Способ аналогичен нарезанию метрической резьбы резцом на токарном станке. Глубина проходов, как правило, разная. Для каждого конкретного профиля резьбы определяется оптимальная величина площади сечения срезаемого резцом слоя, которая в процессе резания должна оставаться постоянной или приближаться к ней. Это обеспечивается уменьшением глубины резания с увеличением номера прохода.

Точность профиля резьбы в данном способе обеспечивается точностью режущей пластины и точностью универсального оборудования, которое может быть использовано в условиях единичного производства для обработки круглой резьбы.



↑ Рис. 4. Схема среза припуска при точении фасонным резцом с применением стандартного многопроходного цикла резьбонарезания

↑ Рис. 5. Модель точения фасонным резцом методом стандартного многопроходного цикла резьбонарезания



↑ Рис. 6. Схема среза припуска при точении стандартным резцом с переменной глубиной резания

↑ Рис. 7. Модель точения стандартным резцом с переменной глубиной резания

Проблемами, возникающими при данном способе обработки, являются:

- ♦ необходимость использования специальных резцовых резцов и пластин,
- ♦ необходимость обработки за несколько проходов,
- ♦ большая сила резания,
- ♦ низкая стойкость инструмента,
- ♦ выполнение технологической канавки для выхода резца.

Большая сила резания возникает из-за большой активной длины режущей кромки во время контакта кромки пластины и детали одновременно по всей длине профиля впадины резьбы на последних проходах. Необходимость использования специальных режущих пластин обусловлена изменением размеров профиля в зависимости от высоты профиля обрабатываемой резьбы, поэтому для обработки круглых резьб с разными параметрами нужны соответствующие пластины. Круглая резьба может быть обработана только на станках с числовым программным управлением, с помощью специальной программы, позволяющей рассчитывать глубину резания на следующем проходе таким образом, чтобы площадь сечения среза оставалась постоянной. Наличие технологической канавки для выхода резца шириной не менее одного шага резьбы требуется для возможности врезания и синхронизации вращения заготовки и перемещения суппорта, что приводит к увеличению времени обработки детали. Большой шаг резьбы ограничивает частоту вращения шпинделя, что обусловлено невозможностью перемещения суппорта станка со скоростью более 15...30 м/мин. Это ограничивает производительность обработки.

При переменной глубине резания режущей пластиной со стандартным профилем (рис. 6, 7) съём припуска осуществляется за счет сочетания равномерного вращательного движения детали и прямолинейного вдоль ее оси и одновременно радиального возвратно-поступательного движения резца. Синхронизация данных перемещений возможна на токарно-фрезерном обрабатывающем центре Okuma LU300 V1CAM. При этом точение требуемого профиля резьбы можно осуществить за один проход. Подача в данном случае определяется не шагом резьбы, а нормативными значениями для конкретной используемой пластины, материала детали, глубины профиля и заданной шероховатости обрабатываемой поверхности.

Получение требуемого профиля осуществляется вследствие радиального возвратно-поступательного движения резца, синхронизированного с вращением детали, при повороте которой на определенный угол, глубина резания увеличивается или уменьшается вдоль всей траектории, образуя, таким образом, с помощью движения осе-

вой подачи и вращения вокруг оси профиль круглой резьбы. Обработка резьбы производится за один или два прохода в зависимости от требований к точности и шероховатости поверхности. Точность обработки в данном способе зависит от синхронности движений и рекомендуемых режимов обработки и, в меньшей степени, от точности инструмента.

Данным способом можно обрабатывать резьбу за один проход, применяя стандартные расточные резцы. Вследствие малой длины активной части режущей кромки у таких резцов, по сравнению с фасонными, в процессе обработки вибрация намного ниже. Наибольшая длина активного участка режущей кромки пластины приходится при обработке впадины резьбы — значение t_{max} (рис. 6). Обработка за один проход существенно повышает производительность по сравнению с методом нарезания резьбы многопроходным циклом. Точность обработки зависит от инструмента в меньшей степени, т.к. профиль резьбы образуется благодаря правильности задания траектории его движения сочетанием синхронности движения поворота детали на определенный угол и изменения глубины резания на требуемую величину. Низкие вибрации в процессе обработки данным способом по сравнению с предыдущим объясняются малым усилием резания, т.к. его создает инструмент лишь небольшим по длине участком режущей кромки.

Основная проблема реализации данного способа — выполнение синхронных движений для осуществления обработки, для этого необходимо использование специально оснащенного токарного

ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

ЧПУ **ВариУс**

449038, Украина, г. Днепропетровск, спуск Калинина, 10
 тел.: +38 056 7900683, факс: +38 056 7900681
 e-mail: admin@varius.com.ua www.varius.com.ua

**МОДЕРНИЗАЦИЯ
 ОБОРУДОВАНИЯ**

**ПОСТАВКА И РЕМОНТ
 ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**



станка, обеспечивающего синхронность вращения шпинделя и радиальное возвратно-поступательное перемещение резца; или использование станков с ЧПУ с управляемой С-осью, реализующего сложную кинематику движений, переменную глубину резания на вершинах и впадинах профиля.

Производительность обработки может также понизиться из-за быстрых перемещений на малые расстояния, которые негативно влияют на рабочие органы станка.

При построчном точении стандартным резцом сьем припуска осуществляется за счет выполнения резцом нескольких проходов (рис. 8, а, б; и 9.), при этом равномерное вращательное движение детали синхронизируется с прямолинейным движением резца вдоль ее оси.

Начало каждого нового прохода смещено относительно предыдущего, повторяя профиль резьбы. Величину смещения в радиальном и осевом направлении необходимо очень точно рассчитывать с учетом радиуса при вершине, чтобы обеспечить получение требуемого профиля резьбы. Величина смещения нового прохода относительно предыдущего положения должна быть достаточной для обеспечения требуемой точности и, в особенности, шероховатости резьбы, т.к. в результате смещения образуются микроребешки на поверхности профиля.

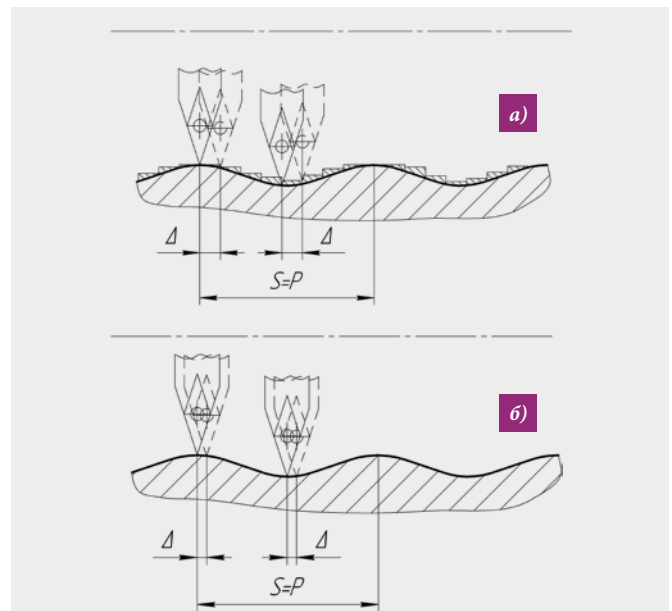
Данный способ может быть реализован на универсальном оборудовании, при этом усилие резания будет небольшим, а вибрации низкими, стойкость инструмента повысится. Низкие вибрации и небольшое усилие резания в этом случае и при обработке с переменной глубиной резания объясняются тем, что в процессе резания участвует небольшой по длине участок режущей кромки, равный глубине резания. Проблемы данного способа:

- ♦ точность и шероховатость поверхности профиля круглой резьбы зависят от величины радиальных и осевых смещений;
- ♦ необходимо использовать оборудование с ЧПУ со сложной управляющей программой;
- ♦ повышенный износ станка.

Способ построчного точения, который по особенностям формообразования и кинематики:

- ♦ предполагает зависимость точности и шероховатости профиля круглой резьбы от величины радиальных и осевых смещений, которые должны производиться с достаточной точностью и синхронностью,
- ♦ требует использования оборудования с ЧПУ с достаточной точностью перемещений.

Повышенный износ станка возникает в результате большого количества рабочих и холостых ходов, которые увеличивают основное время и снижают производительность. Большой шаг резьбы ограничивает частоту вращения шпинделя, увеличение которой предполагает увеличение скорости рабочих перемещений инструмента.



↑ Рис. 8. Схема срезания припуска при построчном точении стандартным резцом

а) черновая обработка; б) чистовая обработка



↑ Рис. 9. Модель построчного точения стандартным резцом

Значения режимов резания и основного времени для рассмотренных способов обработки приведены в таблице 1. Расчет основного времени производился для обработки круглой внутренней резьбы R32 ISO 10208 с параметрами $H_1=1,5$ мм, $D=31,36$ мм согласно рисунку 3.

Таким образом, внутреннюю круглую резьбу можно обрабатывать тремя различными способами. Производительность всех способов ограничивается не допустимой скоростью резания, а допустимой скоростью и синхронностью перемещений рабочих органов станка.

Использование оборудования с увеличенными скоростями рабочих перемещений, управляемой осью вращения шпинделя, возможностями макропрограммирования, позволяет сократить время обработки круглой внутренней резьбы. ☺

Таблица. Режимы резания и основное время для рассмотренных способов обработки (при точении участка резьбы длиной L=100 мм)

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ	Точение фасонным резцом	Точение стандартным резцом с переменной глубиной резания	Построчное многопроходное точение стандартным резцом
Длина обработки L, мм	100	100	100
Подача S, мм/об	12,7	0,2	12,7
Скорость резания V, м/мин	50	25	50
Частота вращения n, об/мин	500	250	500
Количество проходов, i	150	1	5
Основное время на обработку To, мин	4,7	2	10