

УДК 621.9.04, 621.9.025.12

СПОСОБ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

С. А. ЩЕРБАКОВ

УО «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», пр. Октября, 48, 246746 г. Гомель, Беларусь.

Предложенные способ обработки и инструмент позволяют выполнять черновую и чистовую обработку внутренних винтовых поверхностей с более высокой производительностью, чем шпаллерами, и с меньшей вероятностью повреждения инструмента и обрабатываемой заготовки, чем при протягивании.

Введение

Способы механической обработки внутренних винтовых поверхностей с углами наклона к оси профильного винтового глубокого отверстия менее 20° , например, в нарезных стволах стрелкового оружия, ползунах, втулках и других деталей, преобразующих поступательное движение во вращательное, ограничены применением шпаллеров и протяжек (брошей).

Обработку шпаллерами (крючковыми или щеточными) выполняют на специальных станках, задающих возвратные вращательно-поступательные (винтовые) движения с заданным шагом [1]. Эти инструменты позволяют производить обработку винтовых поверхностей с переменным шагом. Пазы (нарезы) винтового профиля на заданную глубину в поперечном направлении обрабатываются последовательно многократным срезанием слоев материала малой толщины по всей длине винтового профиля с образованием стружки перед резаками шпаллеров [2].

Протяжками винтовые пазы прорезают одновременно за один винтовой рабочий ход протяжного станка на расчетную глубину для конкретных условий обработки. При протягивании нарезы выполняют только с постоянным шагом винтового профиля. Для глубоких (более 10 диаметров) отверстий диаметром до 13 мм используют комплекты от четырех до восьми протяжек. Это приходится делать даже при глубине пазов 0,2 мм вследствие необходимости обеспечения прочности и жесткости инструмента и достаточного объема стружечных канавок для размещения срезаемых стружек.

Проблема размещения стружки в специальных канавках протяжек при обработке глубоких отверстий довольно сложная, т.к. при работе протяжек образуется сливная стружка, толщиной бо-

лее 0,02 мм. Известно, что минимальная глубина резания лезвийным инструментом в среднем составляет 0,02 мм, а при тщательной доводке лезвия ее можно уменьшить до 0,005 мм на некоторый период времени работы. Поэтому расчеты забираемого стружкой объема в глубоком отверстии выполняют с учетом ее средней толщины более 0,02 мм. Твердость стружки из-за происходящей усадки и наклепа всегда превышает твердость обрабатываемого материала. Поэтому недостаточный объем впадин между зубьями, где размещается стружка, увеличивает вероятность возникновения царапин, задиров и других повреждений стружкой обрабатываемых поверхностей.

Резцы шпаллеров имеют отрицательные передние углы, поэтому при их работе образуется фрагментарная стружка в виде пластинок, похожая на стружку при шабрении. Вероятность повреждения обрабатываемых поверхностей такой стружкой значительно меньше, чем при протягивании.

Качество обработанных внутренних винтовых поверхностей (стабильность параметров точности и шероховатости) при прочих равных условиях лучше при обработке шпаллерами, чем при протягивании, но при этом выше трудоемкость и стоимость обработки.

Постановка задачи

Найти оптимальное решение компромиссной задачи «качество–стоимость» при обработке внутренних винтовых поверхностей. Одним из путей решения этой задачи может быть ответ на вопрос: «Возможно ли решение этой задачи при использовании другого способа механической обработки внутренних винтовых поверхностей, сочетающего достоинства известных?».

Результаты исследования и их обсуждение

Для обеспечения необходимого качества и увеличения производительности обработки по сравнению с обработкой шпаллерами следует применять способ обработки и инструмент с таким составом необходимых признаков:

1) способ должен использовать профильный инструмент с профилем, соответствующим необходимому профилю в детали;

2) режущие элементы инструмента должны давать мелкую фрагментарную стружку, позволяющую эффективно удалять ее из зон резания;

3) при обработке должна образовываться уравновешенная система поперечных (радиальных) сил в отверстии заготовки, обеспечивающая минимальные искривления продольной оси инструмента и обработанного отверстия;

4) силы резания не должны заметно деформировать, и тем более, разрушать инструмент и обрабатываемую поверхность, как это происходит при «заклинивании» протяжек;

5) конструкция инструмента должна быть жесткой профильной, совпадающей с обрабатываемым винтовым профилем, как у протяжки или притира, позволяющая обрабатывать внутренние винтовые поверхности по длине и в поперечном направлении.

Перечисленные признаки позволили обратить внимание на такой давно известный способ механической обработки, как обработка сложных поверхностей напильниками и надфилями [3]. Профильные напильники применяют как для предварительной, так и для окончательной обработки различных поверхностей и наружных и внутренних. Наиболее распространенные профили - круглые, трехгранные, квадратные, ромбические. Обработка производится вручную или на станке при возвратных движениях с прижимом напильника вдоль обрабатываемой поверхности. Увеличение размеров обрабатываемых участков постепенно формирует требуемые размеры и профиль поверхности. Обработку контролируют шаблонами, калибрами, мерительным инструментом. Качество обработки зависит от квалификации рабочего и трудоемкости изготовления. Возможна такая обработка относительно коротких отверстий с внутренним винтовым профилем, но она не эффективна тем более, чем более протяженным будет требуемый профиль. Потому что для такой обработки требуется точное перемещение напильника по винтовой траектории с прижимом режущих зубьев к срезаемому материалу. А чем длиннее обрабатываемая поверхность, тем больше поверхность контакта и меньше давление зубьев на металл, тем больше деформация напильника (его изгиб) и погрешности обработки.

Точность и шероховатость обрабатываемых напильниками поверхностей могут быть довольно высокими, но еще более высокие показатели достигают при обработке притирами [2, 3], снимае-

мый слой при обработке которыми составляет 0,005–0,020 мм. В его пределах исправляют погрешности формы и расположения обрабатываемых поверхностей рабочими поверхностями притира с абразивными зёрнами притирочного состава. При этом процесс притирки отличается низкой производительностью.

Применяя инструмент, сочетающий признаки протяжки, напильника и притира, с державками для рабочего и обратного ходов, с передней направляющей, как у протяжки, режущей частью, как у напильника, и задней направляющей и калибрующей частями, как у притира, возможно обрабатывать внутренние винтовые поверхности при возвратных движениях инструмента, как при работе напильником, если движения будут винтовыми. Предлагаемый инструмент объединяет в своей конструкции признаки протяжки и профильного напильника на режущей части и притира на калибрующей части. Кроме обеспечения необходимой точности обработки калибрующая часть выполняет функцию и заднего направляющего участка для обеспечения точности рабочих движений. Этим объединением признаков достигается увеличение производительности и точности обработки, возможности механизации и автоматизации процесса, снижение требуемой квалификации рабочего.

Диаметр нарезов и боковые поверхности винтового профиля образуются за счет удаления материала заготовки режущими участками инструмента с зубьями, как у напильника, при возвратных винтовых рабочих ходах. Поступательно-вращательные перемещения инструмента по винтовой траектории с шагом, равным шагу обрабатываемых поверхностей на калибрующей части инструмента, обеспечивают продвижение инструмента вглубь обрабатываемого отверстия. Форма и размеры инструмента задают профиль и размеры образующихся поверхностей в процессе постепенного внедрения инструмента в отверстие заготовки на величину, зависящую от размеров снятого на участке резания материала за предыдущий двойной винтовой ход инструмента.

На начальном этапе образования внутренних винтовых поверхностей калибрующая часть инструмента может сопрягаться с направляющей втулкой, имеющей внутренние винтовые поверхности, аналогичные требуемым поверхностям в детали. При обработке инструмент должен совершать рабочие движения за счет механизмов станка с соответствующей кинематикой возвратных винтовых движений. При внедрении инструмента в заготовку калибрующей частью, направление инструмента будет производиться образованными в заготовке винтовыми поверхностями и калибрующей частью инструмента.

На рис. 1 представлен один из вариантов инструмента для обработки внутренних винтовых поверхностей.

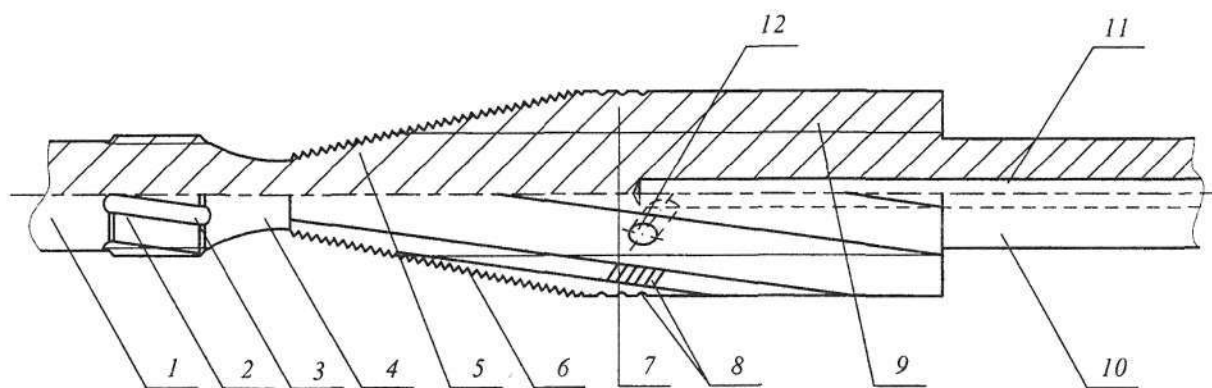


Рис. 1. Вариант инструмента для обработки внутренних винтовых поверхностей

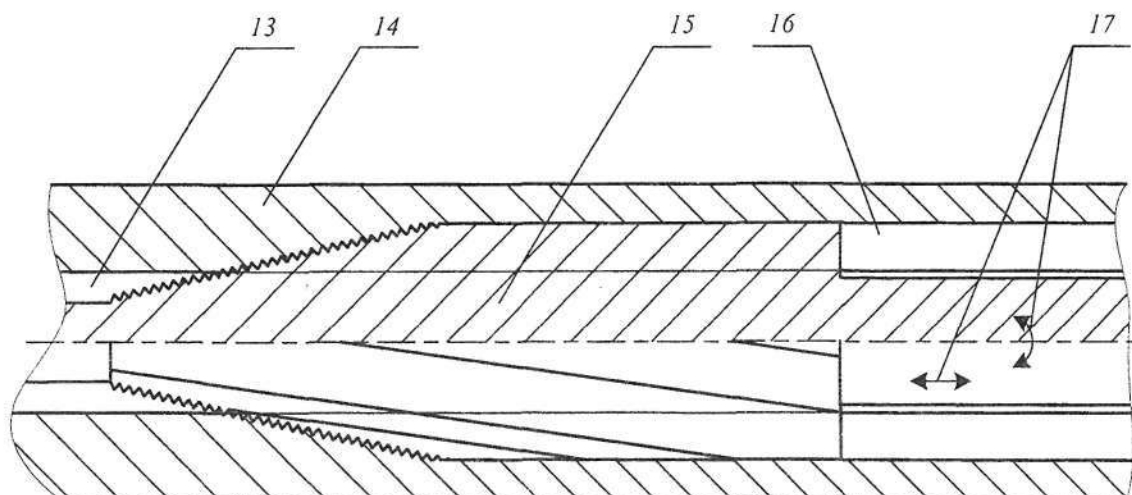


Рис. 2. Схема обработки внутренних винтовых поверхностей

Для пояснения способа обработки и конструкции инструмента на рис. 1, 2 показаны: державка передняя 1; направляющая передняя 2; выемка 3; выборка 4; режущая часть 5; зуб режущий 6; калибрующая часть 7; канавка 8; направляющая задняя 9; державка задняя 10; отверстие осевое 11; выход из осевого отверстия 12; отверстие предварительное 13; заготовка 14; инструмент 15; поверхность внутренняя винтовая 16; стрелки возвратных винтовых движений 17.

Способ и инструмент для обработки внутренних винтовых поверхностей иллюстрируется схемой на рис. 2. Крепление инструмента 15 производится в патроне за державку заднюю 10 при обработке глухих отверстий и отверстий с длиной не более пятнадцати диаметров. Для такой обработки у инструмента могут отсутствовать передняя державка 1 и передняя направляющая 2. При обработке длинных сквозных отверстий державка 1 пропускается через отверстие 13 и крепится в патроне для рабочего хода, а задняя державка 10 крепится в патроне для обратного хода. При рабочем ходе в предварительное отверстие 13 в заготовке 14 внедряется сверху вниз инструмент 15 режущей частью 5 с расположенными на ней в шахматном порядке зубьями 6. Направление инструмента выполняют калибрующая часть 7 и на-

правляющая часть 9 через направляющую втулку с профильным отверстием, жестко связанную с заготовкой 14. Затем направление инструмента может успешно происходить по образующимся в процессе обработки внутренним винтовым поверхностям 16. Зубья 6, врезаясь в материал заготовки равномерно во всех зонах резания, образуют зазубрины, отклоняющиеся по передним поверхностям зубьев и заполняющие впадины между ними. Дальнейшее внедрение инструмента будет сминать деформированные фрагменты материала заготовки с увеличением требуемых сил резания, и в конце концов приведет к заклиниванию инструмента и его поломке. Поэтому режущее усилие должно ограничиваться величиной допустимого напряжения наиболее «слабого сечения» инструмента. На обратном ходу инструмента зазубрины материала обламываются задними поверхностями рядом лежащих зубьев, превращаясь в опилки, и освобождают место для дальнейшего врезания зубьев с освобожденными впадинами. Опилки ссыпаются в выборку 4, а из нее через выемку 3 в передней направляющей 2 и отверстие 13 удаляются из заготовки. Последующие рабочий и обратный ходы увеличивают длину образующихся внутренних винтовых поверхностей 16. Калибрующая часть 7 с выполненными на ней ка-

накками 8 для размещения притирочного состава формирует окончательную точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей. Для лучшего удаления опилок из зон резания сжатым воздухом или смазочно-охлаждающей жидкостью в инструменте могут выполняться осевое отверстие 11 с выходами 12 в пазах калибрующей части 7.

Совместное изготовление режущей и калибрующей частей на одном инструменте позволяет устранить неизбежные погрешности профиля и расположения винтовых поверхностей в пределах допусков их изготовления на этих частях, и сократить время приработки калибрующей части. При раздельном изготовлении инструментов, имеющих только режущую (в виде профильного напильника) или только калибрующую часть (выполненную в виде притира) потребуется дополнительное время на приработку инструмента с калибрующей частью. Это время может быть довольно продолжительным, как время всякой приработки. Подобная ситуация будет возникать каждый раз при замене инструмента с изношенными режущей и калибрующей частями новым инструментом. Поэтому объединение режущей и калибрующих частей в единую конструкцию сокращает общее время приработки применяемых инструментов.

Усилие привода зависит от ширины и глубины пазов (полу разности большего и меньшего диаметров нарезов) винтового профиля, площади «слабого сечения» инструмента, напряжений в материалах заготовки и инструмента.

При соотношении 1:1 ширины пазов к ширине выступов винтового профиля допустимое усилие привода определяют по формуле:

$$P = (\pi/8)(D^2 - d^2)\sigma_m \leq S[\sigma_m],$$

где P – допустимое усилие привода; σ_m – предел прочности материала заготовки; D – наибольший диаметр винтовых пазов; d – наименьший диаметр винтовых пазов; S – площадь «слабого сечения» инструмента; $[\sigma_m]$ – допустимое напряжение в материале инструмента.

Реализация способа обработки внутренних

винтовых поверхностей была выполнена в лабораторных условиях на заготовке из стали 45 длиной 80 с отверстием 5,5 мм. Инструментом из стали У13А с четырьмя винтовыми пазами с шагом 210 мм и наружным диаметром четырех выступов 5,8 мм втулка обрабатывалась при двойных ходах шпинделя вертикально-сверлильного станка 2Н112, производимых вручную, в течение трех минут.

Подобная обработка на специальном станке крючковым шпаллером продолжалась бы не менее пяти минут.

На способ и инструмент для обработки внутренних винтовых поверхностей получен патент Республики Беларусь [5].

Выводы

Предложенные способ обработки и конструкция инструмента позволяют выполнять черновую и чистовую обработку внутренних винтовых поверхностей с более высокой производительностью, чем шпаллером. Другим преимуществом предложенной обработки, по сравнению с обработкой шпаллерами, является автоматически создаваемое радиальное давление режущих зубьев на материал. Более производительной и технологичной становится чистовая обработка (притирка с притирочным составом) калибрующим участком, так как этот участок выполняется с точностью соответствующих требуемой обработке притиров заодно с режущей частью.

Литература

1. Арефьев, М.Г. Производство стволов стрелкового оружия / М.Г. Арефьев, Л.И. Карпов. – М.: Оборонгиз, 1945. – С. 158, Фиг. 122–128.
2. Арефьев, М.Г. Производство стволов стрелкового оружия / М.Г. Арефьев, Л.И. Карпов. – М.: Оборонгиз, 1945. – С. 112–121.
3. Справочник металлиста: в 5 т. – Т. 4. – М.: Машгиз, 1960. – 778 с. – С. 674–698.
4. Справочник металлиста: в 5 т. – Т. 5. – М.: Машгиз, 1960. – 1184 с. – С. 1130–1132.
5. ВУ 18284 С1 2014.

Scherbakov S. A.
Method of processing inner helical surfaces.

The proposed method of processing allow you to perform roughing and finishing of internal helical surfaces with proposed tool with more higher performance than the fluted scraper, and less likely to damage the tool and the work piece than when broaching.

Поступила в редакцию 20.03.2015.

© С. А. Шербаков, 2015.