

УДК 621.9.62.52

П.А. Новиков, ст. преподаватель*Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**tm@sevntu.com.ua***ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН, ПРИВОДЯЩИХ К ПОЛОМКЕ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБ МАЛОГО ДИАМЕТРА**

Проанализированы особенности процесса нарезания внутренних резьб малого диаметра, приводящие к отклонениям от его идеальной реализации, что уменьшает степень надежности операции резьбонарезания в целом.

Ключевые слова: *внутренние резьбы малого диаметра, процесс резания, стружкообразование, отклонения.*

Нарезание внутренних резьб малого диаметра осуществляется посредством врезания инструмента в обрабатываемое отверстие. При этом инструмент или деталь должны обладать необходимыми для формообразования движениями. Наиболее распространенными из известных схем обработки являются схемы, представленные на рисунке 1. При обработке на станках сверлильной, фрезерной группы и специализированных резьбонарезных станках в качестве основного движения выступает вращение инструмента (рисунок 1, а), а в качестве движения подачи – осевое перемещение. Нарезание резьбы на станках токарной группы осуществляется при вращении детали в шпинделе станка и осевом перемещении метчика (рисунок 1, б). Значение кинематических характеристик главного движения задается, исходя из марки обрабатываемого изделия, известных режимов резания, параметров и характеристик инструмента. Движение подачи для нарезания внутренних резьб равно величине шага резьбы.

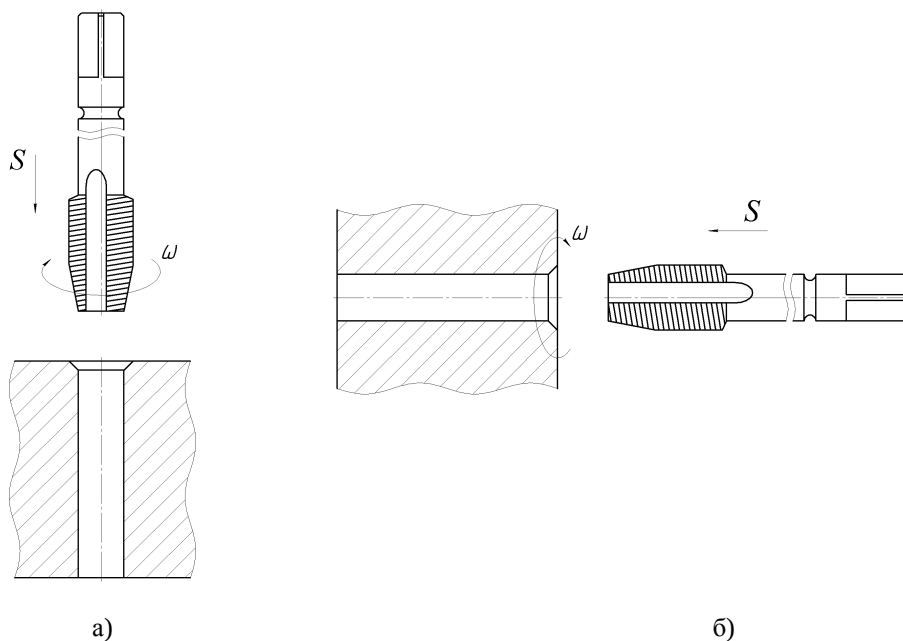


Рисунок 1 – Часто используемые схемы резьбонарезания:
а) при обработке на станках сверлильной, фрезерной группы или специализированных резьбонарезных станках; б) при обработке на станках токарной группы

При врезании инструмента в обрабатываемое отверстие на оба эти элемента действуют силы резания. На рисунке 2 приведена схема сил, действующих на единичный зуб метчика.

Результирующая сила R раскладывается на три взаимоперпендикулярные составляющие – тангенциальную F_t ; радиальную F_p ; осевую F_o . Данные силы сочетают в себе как «полезную» составляющую, необходимую на отделение стружки и формообразование, так и «отрицательную», учитывающую наличие сил трения при резании. Значение сил резания зависит от схемы резания, геометрических параметров удаляемой стружки, обрабатываемого материала, кинематики самого процесса.

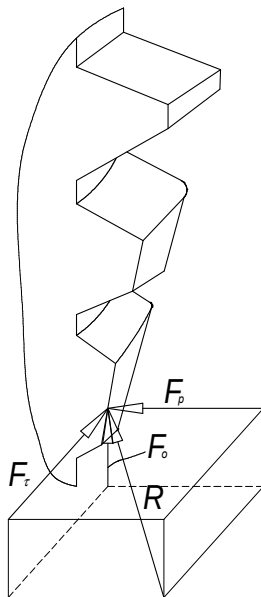


Рисунок 2 – Схема действующих сил

Формообразование резьбы осуществляется путем последовательного (генераторного) копирования профиля зубьев метчика обрабатываемой поверхностью при их относительном винтовом перемещении.

Вместе с тем, операция резбонарезания резьб малых диаметров характеризуется крайне низкой надежностью. Наименее надежным элементом в операции резбонарезания является инструмент. Однако, на данный момент однозначно не определены причины, приводящие к поломке инструмента.

Соответственно, целью статьи является выявление причин, приводящих к поломке инструмента путем детального анализа процесса стружкообразования.

Анализируемые особенности процесса резания разделены на три части, каждая из которых учитывает те или иные свойства процесса, связанные либо с взаимным положением инструмента и детали, либо с конструктивными характеристиками инструмента.

1. Поперечные деформации инструмента в процессе резания. При врезании инструмента в обрабатываемое отверстие зуб метчика начинает деформировать и удалять обрабатываемый материал, за счет чего происходит образование стружки и требуемых резьбовых поверхностей. В идеальных условиях единственный зуб метчика срезает заданную для него площадь металла, определяемую схемой резания, геометрией заборного конуса метчика и номером зуба. Разница в площадях среза обуславливает наличие неуравновешенных сил, действующих на отдельные режущие зубья заборного конуса. За счет наличия жесткости в конструкции инструмента и резбонарезном патроне и действия неуравновешенных сил происходит деформация инструмента в радиальном направлении на некоторую величину, изменяющую значение реальной площади среза (рисунок 3, а, б).

Из рисунков 3 а, б видно, что для части зубьев заборного конуса происходит уменьшение площади срезаемого слоя, а для другой части, наоборот, ее увеличение. Это изменение в геометрических размерах образуемой стружки при ее уменьшении снижает вероятность пакетирования стружки в стружечной канавке метчика. Увеличение толщины стружки, наоборот, приводит к переполнению стружечной канавки, рассчитанной на определенный объем удаляемого материала. В данных условиях изменяется характер стружкообразования, транспортирования и удаления стружки, что ведет к риску заклинивания инструмента. Заклинивание метчика может иметь результатом либо разрушение пакетированной стружки, либо поломку метчика, что зависит от условий и характера упаковки стружки.

Также, деформация метчика приводит к изменению рабочих параметров стружечной канавки, т.к. изменяется пространственное положение между поверхностями обрабатываемого отверстия и стружечной канавки. Т.е. наблюдается увеличение или уменьшение рабочего объема стружечной канавки, что также отрицательно влияет на характер транспортировки и удаления стружки.

На рисунке 4 показана схема взаимосвязи элементов процесса резбонарезания при поперечных деформациях инструмента. На схеме стрелками показаны векторы влияния элементов. Как видно из схемы на переполнение стружки и заклинивание инструмента непосредственно влияют характер стружкообразования, транспортирование и удаление стружки и параметры стружечной канавки.

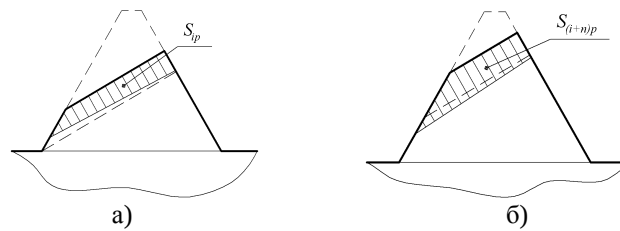


Рисунок 3 – Реальная площадь среза единичным зубом

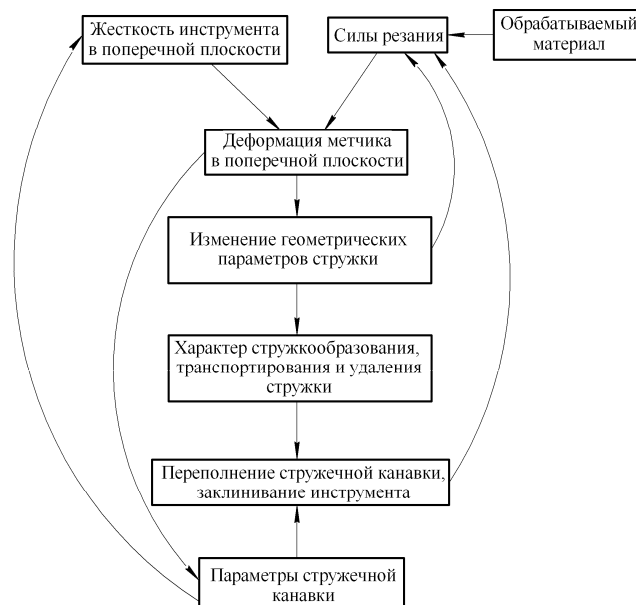


Рисунок 4 – Схема взаимосвязи элементов процесса резбонарезания при поперечных деформациях инструмента

2. Влияние скругления режущей кромки на стружкообразование. При обработке резьб малого диаметра одной из особенностей процесса резания являются относительно малые толщины среза. Данная особенность обусловлена применяемой в машинных метчиках генераторной схемой обработки. Толщина среза зависит от угла заборного конуса и количества перьев метчика:

$$a = \frac{P}{z} \sin \varphi,$$

где P – шаг резьбы; z – число перьев метчика; φ – угол заборного конуса.

В ходе изготовления и эксплуатации метчиков часто не выдерживаются или быстро изменяют свои геометрические значения главные режущие кромки зубьев метчика, что связано со сложностью обработки геометрических элементов метчика и неблагоприятными условиями работы зубьев. Так, режущая кромка имеет некоторый радиус скругления, присутствующий с момента изготовления и увеличенный или приобретенный в ходе эксплуатации (рисунок 5). В идеализированной схеме обработки данная особенность не учитывается и предполагается, что режущий клин зуба заточен доостра. Однако, в реальных условиях при действии сил, деформирующих тело метчика и смещающих его зубья от заданного положения, и наличие радиуса скругления с определенным соотношением к толщине среза, возможна реализация следующей неблагоприятной ситуации: «первый» зуб метчика из-за наличия большого радиуса не срезает заданный объем материала, а проходя над ним, осуществляет его упруго-пластическую деформацию, оставляя след из наклепанного слоя материала (рисунок 6, а). Следующий за ним «второй» зуб осуществляет резание, т.к. его геометрия соответствует условиям резания, но из-за оставленного «первым» зубом неудаленного и наклепанного слоя материала изменяются не только силовые составляющие процесса резания, а и геометрические параметры срезаемой стружки (рисунок 6, б). Это приводит к тому, что в стружечную канавку поступает больший объем срезаемого материала, чем запланировано конструкцией самого инструмента. Характер стружкообразования, транспортирования и удаления изменяется, лишний объем стружки приводит к переполнению стружечной канавки и повышается опасность заклинивания инструмента.

На рисунке 7 показана схема взаимосвязи элементов процесса резбонарезания при наличии скругления на режущей кромке зуба.

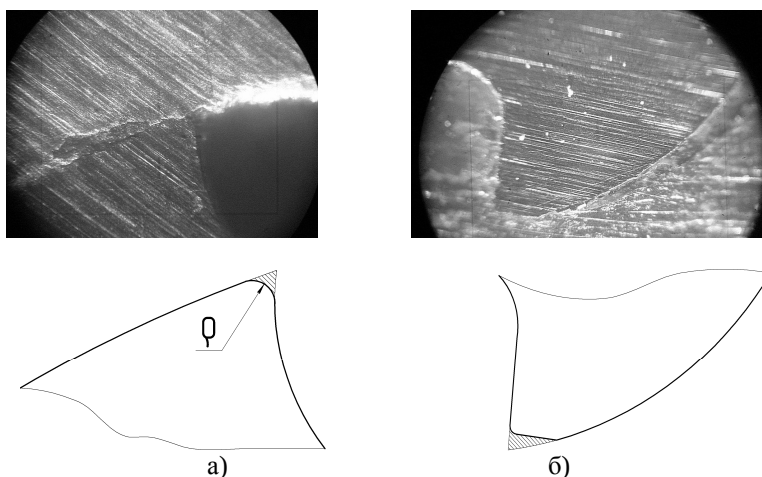


Рисунок 5 – Несоответствие режущей кромки предъявляемым требованиям

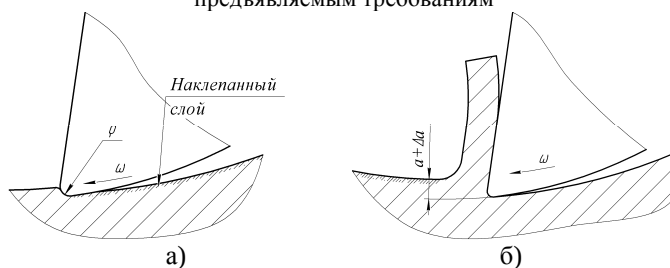


Рисунок 6 – Реальные схемы обработки при нарезании резьб



Рисунок 7 – Схема взаимосвязи элементов процесса резьбонарезания при наличии скругления на режущей кромке зуба

3. Крутильная деформация метчиков при резьбонарезании. Метчики, как и все концевые инструменты, помимо поперечной жесткости обладают и крутильной жесткостью. При работе метчика наличие относительно небольшой крутильной жесткости приводит к его скручиванию и изменению первоначальной формы и взаимного положения рабочих элементов. То обстоятельство, что резьбы малого диаметра обрабатываются методом копирования, т.е. форма, размеры и траектория движения

інструмента визначають геометрію і розміри образуваної поверхності, визначає сукупність погрешностей, виникаючих при обробці. Скручування метчиків може бути охарактеризовано величиною зміщення X_n^k [1], яка визначається по формулі:

$$X_n^k = \frac{P}{2\pi} \frac{\sum_{i=1}^{m_{ij}} l_j}{GJ_p}.$$

Соответственно, за счет изменения в форме инструмента происходит подрезание профиля уже образованной резьбы. Величина подрезания может быть охарактеризована через дополнительную площадь среза ΔS_i и приближенно определена по формуле

$$\Delta S_i = X_n^k a(i-1),$$

где a – толщина среза; i – номер зуба.

Дополнительная площадь срезаемой стружки приводит к увеличению момента резания, что в свою очередь увеличивает скручивание инструмента и подрезание профиля. Рисунок 9 также иллюстрирует изменение формы и размеров стружки, которая приобретает дополнительную часть, перпендикулярно направленную относительно основной площади среза. Подобный вид стружки приводит к ухудшению условий, относящихся к размещению, транспортированию и удалению стружки из стружечной канавки. Это в свою очередь ведет к повышению уровня пакетирования стружки и увеличению риска заклинивания инструмента, т.е. может привести к отрицательным последствиям в ходе обработки – поломке инструмента.

На рисунке 8 представлена схема взаимодействия различных элементов в процессе резания при скручивании метчика.



Рисунок 8 – Схема взаимосвязи элементов процесса резбонарезания при скручивании метчика

Как видно из представленных схем (рисунки 4, 7, 8) причиной, приводящей к поломке инструмента, является переполнение стружечной канавки и заклинивание метчика. Выполненная декомпозиция обозначила в качестве одной из причин переполнения изменение в характере образования, транспортировки и удаления стружки.

Из выше сказанного следует вывод, что какие-либо рекомендации для повышения надежности самого инструмента и процесса резбонарезания возможны лишь после исследования процесса стружкообразования.

Бібліографічний список

1. Канареев Ф.Н. Механизм образования погрешностей образования внутренних резьб малых диаметров (М2...М6) за счет деформации кручения метчиков / Ф.Н. Канареев, Т.В. Резинкина // Технология машиностроения: проблемы и перспективы. — Севастополь: СевНТУ. — 2003. — Вып. 11. — С. 43–47.

Поступила в редакцию 10.03.2010 г.