

УДК 621.9

DOI: [10.12737/article\\_59cd770a54bdc3.16158240](https://doi.org/10.12737/article_59cd770a54bdc3.16158240)

М.Ю. Куликов, М.В. Ягодкин

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗЬБОНАРЕЗАНИЯ В ОТВЕРСТИЯХ СВЕРХМАЛЫХ ДИАМЕТРОВ

Рассмотрены особенности процесса резьбонарезания в отверстиях сверхмалого диаметра ( $d \leq 1,4$ ), влияние диаметра на закономерности обработки и стружкообразования. Выявлены причины низ-

кой надёжности резьбонарезания и пути ее повышения.

**Ключевые слова:** нарезание резьбы, сверхмалый диаметр, тонкое точение, сечение стружки, формирование момента резания.

M.Yu. Kulikov, M.V. Yagodkin

## RELIABILITY INCREASE OF THREAD CUTTING IN SUPERSMALL HOLES

The paper reports the peculiarities of thread cutting in holes of super-small diameter ( $d \leq 1.4$ ), the impact of a diameter upon regularities of machining and chip formation. The reasons of low thread cutting reliability and the ways for its increase are revealed.

**Key words:** thread cutting, super-small diameter, fine turning, chip section, cutting moment formation.

В современном машиностроении нарезание резьбы метчиками является сложной технологической проблемой из-за поломок метчиков, приводящих к возникновению брака [1]. Эта проблема усугубляется при нарезании резьбы в отверстиях сверхмалых диаметров ( $d \leq 1,4$ ). Трудности обусловлены пониженной прочностью инструмента, сложностью подвода смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания и отвода из нее образовавшейся стружки. В работе [2] установлено, что количество отказов метчиков увеличивается с увеличением длины нарезаемой резьбы и доходит до 80%, а при реверсе - до 40%. Исходя из этого на промышленных предприятиях для предотвращения

брака резьбу в сверхмалых отверстиях режут вручную работники высокой квалификации.

Целью данной работы является разработка способов повышения надёжности процесса резьбонарезания на станках в отверстиях сверхмалого диаметра в деталях из алюминиевых сплавов.

Исследования проводились при нарезании резьбы М1,4х0,3 в отверстиях деталей из алюминиевых сплавов А13, АМг6, Д16. Использовались стандартные метчики М1,4х0,3 с тремя стружечными канавками и углом подъёма заборного конуса 14 град, изготовленные из быстрорежущей стали Р6М5, Р18. Обработка производилась на обрабатывающем центре с ЧПУ SP32215.

В процессе нарезания контролировали возникающий момент резания. Результаты показаны на рис. 1. Их анализ свидетельствует о том, что возникающий в процессе резания момент растёт от нуля до максимального допустимого значения на 0,8-1,2 мм длины обрабатываемого отверстия. Дальнейшая обработка приводит к заклиниванию и поломке метчика, поэтому необходимо проводить реверс. При этом возникает обратный момент, численно равный или более высокий, чем при прямом ходе. При реверсе также существует вероятность поломки метчика, связанная с

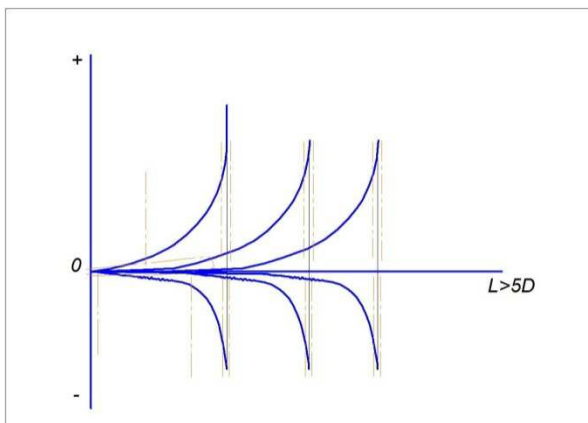


Рис. 1. Изменение момента по длине нарезаемого отверстия для малых резьб (М0,8-М1,4)

подминанием стружки [3]. Затем цикл повторяется.

Таким образом, для обеспечения нормального процесса цикл резбонарезания состоит из рабочего хода, связанного с нарезанием резьбы, и реверса, необходимого для удаления образовавшейся стружки. При нарезании резьбы М5-М12 изменение момента идёт по зависимости, показанной на рис. 2. В этом случае момент увеличивается на участке врезания и уменьшается на участке выхода метчика из отверстия. В процессе нарезания резьбы величина момента резко (как на рис. 1) не изменяется.

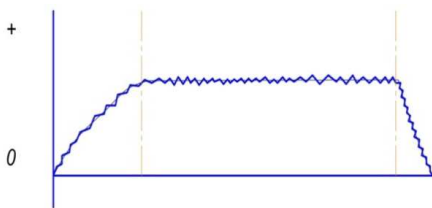


Рис. 2. Изменение момента по длине нарезаемого отверстия для крупных резьб (М5-М12)

Существование циклов «рабочий ход - реверс» при нарезании сверхмалых резьб связано с ухудшением возможности удаления стружки, образование которой приводит к заклиниванию метчика. Подбор специальных СОЖ и использование инструмента с твёрдыми покрытиями не обеспечивают улучшения условий удаления стружки из зоны обработки.

Проведенные исследования [5] показали, что процесс резания состоит из двух составляющих: 1) непосредственно процесс резания, т.е. отделение стружки; 2) упругопластическое поднимание слоя обрабатываемого материала. Как указывалось в работе [6], при точении с параметрами сечения срезаемого слоя, соизмеримыми с радиусом округления режущей кромки инструмента, происходит изменение фактических значений углов в зоне резания, что существенно влияет на всю систему действующих сил и условий стружкообразования.

Также в ряде работ приводятся фотографии корней стружки, полученной тонким точением, с характерным образованием

застойной зоны и отмечается, что она практически уменьшает отрицательный фактический передний угол, а элемент стружки начинается на некотором стоянии от режущей кромки [7].

В работе [8] была показана высокочастотная микросъёмка зоны резания по данным Епоного Н.Е., Oxley P.L. (рис. 3).

На схеме отчётливо видны застойная зона и участок, в котором металл проминается под действием режущего инструмента, приводя к затиранию задней части режущего клина, что, в свою очередь, из-за большой длины контакта [5] и низкой жесткости инструмента значительно усложняет процесс резания.

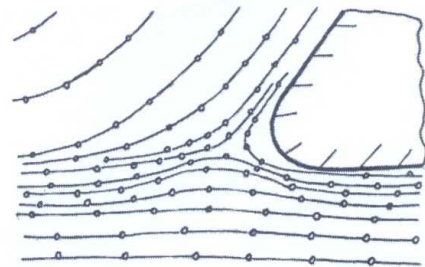


Рис. 3. Высокочастотная микросъёмка зоны резания углеродистой стали – СТМ [8]

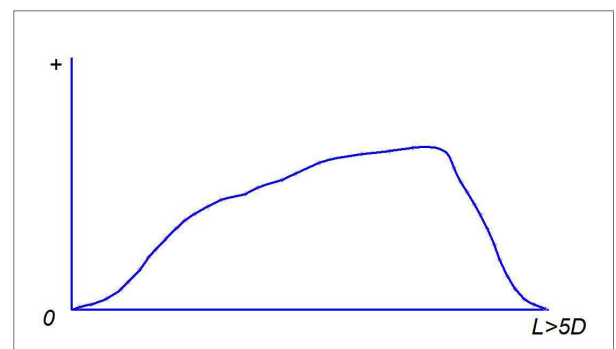


Рис. 4. Изменение момента по длине нарезаемого отверстия для малых резьб (М0,8-М1,4) при применении АМО

Также проведенные исследования [5] позволили установить, что при нарезании резьбы сверхмалых диаметров происходит ужесточение условий обработки и возникновение изгибающих усилий на обрабатываемом метчике.

Для улучшения условий удаления стружки при нарезании резьбы метчиками был использован процесс лезвийной анодно-механической обработки (АМО), совмещающий механическое и электрохимическое воздействие на удаленную стружку. Зависимость возникающего момента резания от длины нарезаемой резьбы в условиях анодно-механической обработки показана на рис. 4. Полученная зависимость аналогична зависимости, показанной на рис. 2. Она косвенно свидетельствует о

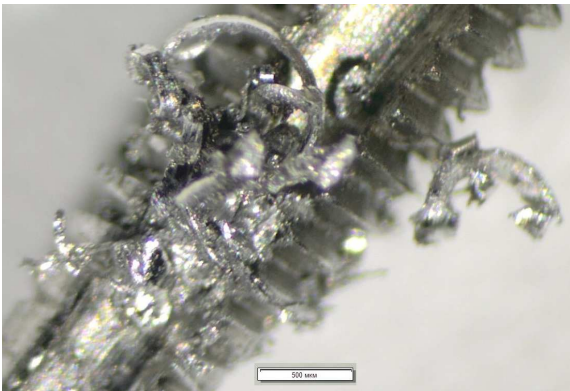


Рис. 5. Объем стружки при обработке традиционным способом

том, что образовавшаяся стружка уже не приводит к заклиниванию метчиков при резбонарезании. Об уменьшении интенсивности стружкообразования и улучшении условий удаления стружки свидетельствует сравнение рис. 5 и 6. Видно, что объем стружки, остающейся в стружечной канавке метчика, после АМО (рис. 6) значительно меньше, чем после традиционной обработки в среде СОЖ (рис. 5).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толмачёв, С.А. Повышение надёжности работы метчиков при нарезании резьб в глухих отверстиях стальных деталей: дис. ... канд. техн. наук / С.А. Толмачёв. - М., 2001. - 143 с.
2. Куликов, М.Ю. Исследования надёжности процесса резбонарезания в отверстиях сверхмалого диаметра / М.Ю. Куликов, М.В. Ягодкин // Известия КБГУ. - 2015. - № 5. - С. 153-156.
3. Головкин, В.В. Нарезание резьбы метчиками в глухих отверстиях деталей из труднообрабатываемых материалов с применением ультразвуковых колебаний / В.В. Головкин, М.В. Дружинина // Известия ТулГУ. Технические науки. - 2013. - Вып. 6. - Ч. 1. - С. 57-64.

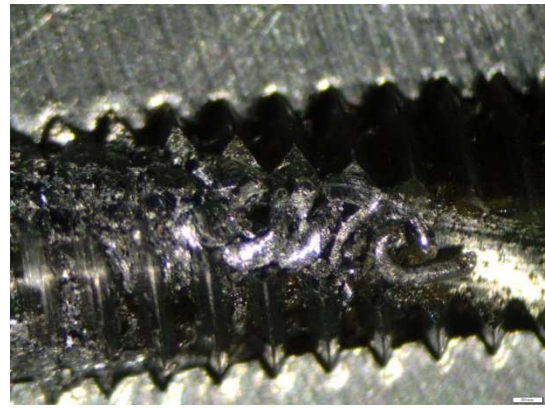


Рис. 6. Объем стружки при использовании АМО

При применении АМО в процессе резбонарезания в отверстиях сверхмалого диаметра уменьшается количество поломок метчиков на длину  $L=6$  мм, количество реверсов (до 1); количество отказов (поломок) метчиков уменьшается до 10%, а при реверсе они практически не наблюдаются.

Таким образом, проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Основной причиной брака является заклинивание инструмента вследствие плохого отвода стружки из зоны резания.
2. При нарезании резьбы малого диаметра требуется выполнить несколько циклов рабочих ходов и реверсов для нарезания резьбы на всей длине отверстия.
3. Применение лезвийной анодно-механической обработки позволяет значительно снизить объем стружки, остающейся в стружечной канавке в процессе обработки.

4. Myo Naing Oo. Technological method for finishing process of fusible alloy / M.Yu. Kulikov, V.E. Inozemtsev, Myo Naing Oo // Precision Machining VII. Selected, peer reviewed papers from the 7<sup>th</sup> International Congress of Precision Machining (ICPM 2013). - Miskolc, Hungary, 2013. - P. 224-228.
5. Куликов, М.Ю. Особенности процесса резбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров / М.Ю. Куликов, М.В. Ягодкин // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2016. - № 3. - С. 153-156.
6. Рыкунов, А.Н. Теплофизический анализ лезвийной обработки с малыми толщинами среза /

- А.Н. Рыкунов // Вестник ВВО АТН РФ. - Рыбинск: РГАТА, 2010. - № 1. - С. 128-134.
7. Волков, Д.И. Повышение производительности и качества деталей ГТД при обработке методом глубинного шлифования: дис. ... канд. техн. наук / Д.И. Волков. - Андропов, 1987. - 221 с.
  1. Tolmachyov, S.A. *Reliability Increase in Tap Operation at Thread Cutting in Blind Holes of Steel Parts*: Can. of Eng. Thesis / S.A. Tolmachyov. - M., 2001. - pp. 143.
  2. Kulikov, M.Yu. Investigations of thread cutting reliability in super-small holes / M.Yu. Kulikov, M.V. Yagodkin // *Proceedings of KBSU*. - 2015. - No. 5. - pp. 153-156.
  3. Golovkin, V.V. Thread cutting with taps in blind holes of hard-to-machine materials using super-sonic oscillations / V.V. Golovkin, M.V. Druzhinina // *Proceedings of TulaSU. Engineering Sciences*. - 2013. - Edition 6 - Part 1. - pp. 57-64.
  4. Myo Naing Oo. Technological method for finishing process of fusible alloy / M.Yu. Kulikov, V.E. Inozemtsev, Myo Naing Oo // *Precision Machining VII*. Selected, peer reviewed papers from the 7<sup>th</sup> International Congress of Precision Machining (ICPM 2013). - Miskolc, Hungary, 2013. - P. 224-228.
  5. Kulikov, M.Yu. Thread cutting peculiarities in super-small holes / M.Yu. Kulikov, M.V. Yagodkin // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. - 2016. - No. 3. - pp. 153-156.
  6. Rykunov, A.N. Thermal physical analysis of cutting edge machining with small cut thickness / A.N. Rykunov // *Bulletin of VVO ATN of the RF*. - Rybinsk: RSATA, 2010. - No. 1. - pp. 128-134.
  7. Volkov, D.I. *Efficiency and Quality Increase of HTE Parts at Machining with Deep Grinding Method*: Can. Eng. Thesis / D.I. Volkov. - Андропов, 1987. - pp. 221.
  8. Leonov, B.N. *Thermo-contact Phenomena Investigation at Metal Fine Turning with Hard-Alloy and cBN Cutters*: Can. Eng. Thesis / B.N. Leonov. - Kuibyshev, 1974. - pp. 172.

Статья поступила в редколлегию 13.09.17.

Рецензент: д.т.н., профессор  
Шентунов С.А.

#### Сведения об авторах:

**Куликов Михаил Юрьевич**, д.т.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения Императора Николая II, e-mail: [muk.56@mail.ru](mailto:muk.56@mail.ru).

**Kulikov Mikhail Yurievich**, D. Eng., Prof. of Emperor Nikolay the II State Communication University of Moscow, e-mail: [muk.56@mail.ru](mailto:muk.56@mail.ru).

**Ягодкин Максим Викторович**, аспирант Института конструкторско-технологической информатики РАН, e-mail: [yagodkin.maksim.513@mail.ru](mailto:yagodkin.maksim.513@mail.ru).

**Yagodkin Maxim Victorovich**, Post graduate student of the Institute of Design Technological Informatics of RAS, e-mail: [yagodkin.maksim.513@mail.ru](mailto:yagodkin.maksim.513@mail.ru).