

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЗЬБОНАРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ НАРЕЗАНИИ РЕЗЬБЫ

В. В. Головкин¹, О. М. Батищева², В. А. Папшев³

^{1, 2, 3} Самарский государственный технический университет, Самара, Россия
¹ ms-ap@samgtu.ru, ² omb@list.ru, ³ pva_samara@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Одним из перспективных направлений повышения эффективности механической обработки является внедрение качественно новых технологий, в частности, с использованием энергии ультразвука. Особенно эффективным оказалось применение вынужденных ультразвуковых колебаний при нарезании резьбы в труднообрабатываемых материалах. В результате использования ультразвуковых колебаний имеет место повышение производительности, работоспособности резьбонарезного инструмента, а также качества и точности получаемых деталей. *Материалы и методы.* Разработаны специальные ультразвуковые резьбонарезные устройства. Выполнены исследования на специальных образцах с подготовленными отверстиями под резьбу. Приведены результаты исследования влияния вынужденных ультразвуковых колебаний на работоспособность метчиков малого диаметра при нарезании резьбы в заготовках из материалов с высокими физико-механическими характеристиками. *Результаты и выводы.* Установлено, что применение ультразвуковых колебаний приводит к кратному повышению периода стойкости метчиков.

Ключевые слова: качество, надежность, работоспособность, труднообрабатываемые материалы, ультразвуковые колебания

Для цитирования: Головкин В. В., Батищева О. М., Папшев В. А. Повышение работоспособности резьбонарезного инструмента за счет использования ультразвуковых колебаний при нарезании резьбы // Надежность и качество сложных систем. 2024. № 2. С. 59–63. doi: 10.21685/2307-4205-2024-2-6

INCREASING THE PERFORMANCE OF THREAD-CUTTING TOOLS THROUGH THE USE OF ULTRASONIC VIBRATIONS WHEN CUTTING THREADS

V.V. Golovkin¹, O.M. Batishcheva², V.A. Papshev³

^{1, 2, 3} Samara State Technical University, Samara, Russia
¹ ms-ap@samgtu.ru, ² omb@list.ru, ³ pva_samara@mail.ru

Abstract. *Background.* One of the promising directions for improving the efficiency of mechanical processing is the introduction of qualitatively new technologies, in particular, using ultrasound energy. The use of forced ultrasonic vibrations during threading in difficult-to-process materials proved to be especially effective. As a result of the use of ultrasonic vibrations, there is an increase in productivity, performance of the threading tool, as well as the quality and accuracy of the parts obtained. *Materials and methods.* Special ultrasonic thread-cutting devices have been developed. Research was carried out on special samples with prepared holes for threads. The results of a study of the influence of forced ultrasonic vibrations on the performance of small-diameter taps when cutting threads in workpieces made of materials with high physical and mechanical characteristics are presented. *Results and conclusions.* It has been established that the use of ultrasonic vibrations leads to a multiple increase in the service life of taps.

Keywords: quality, reliability, performance, difficult-to-process materials, ultrasonic vibrations

For citation: Golovkin V.V., Batishcheva O.M., Papshev V.A. Increasing the performance of thread-cutting tools through the use of ultrasonic vibrations when cutting threads. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem = Reliability and quality of complex systems.* 2024;(2):59–63. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-4205-2024-2-6

Введение

В современном машиностроении существующие методы обработки не всегда удовлетворяют требованиям качества, производительности, стойкости инструмента и другим показателям, особенно

при обработке заготовок из материалов с высокими физико-механическими свойствами. Следует отметить, что повышение надежности и качества деталей машин в основном обеспечивается применением новых высокопрочных материалов. Как показывает производственный опыт, механическая обработка данных материалов иногда вызывает серьезные затруднения.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности механической обработки является внедрение качественно новых технологий, в частности, с использованием энергии ультразвука. Особенно эффективным оказалось применение вынужденных ультразвуковых колебаний при нарезании резьбы в труднообрабатываемых материалах. В результате использования ультразвуковых колебаний имеет место повышение производительности, работоспособности резьбонарезного инструмента, а также качества и точности получаемых деталей [1–5].

Методика экспериментальных исследований

В данной работе приведены исследования влияния вынужденных ультразвуковых колебаний на работоспособность метчиков малого диаметра (до М12) при нарезании резьбы в заготовках из материалов с высокими физико-механическими характеристиками. Следует отметить, что при проведении исследования были выбраны наиболее распространенные резьбы М5–М12.

Исследования проводились на специальных образцах с подготовленными отверстиями под резьбу. Отверстия изготавливали сначала сверлением, а затем зенкерованием или развертыванием для повышения точности.

Для реализации процесса нарезания внутренних резьб метчиком в Самарском государственном техническом университете были разработаны и изготовлены специальные ультразвуковые резьбонарезные устройства. На рис. 1 приведена фотография одного из разработанных устройств.



Рис. 1. Нарезание резьбы М8 с помощью ультразвукового устройства на специальных образцах

Следует отметить, что в данном устройстве, кроме возможности введения в зону резания ультразвуковых колебаний, учтены особенности процесса нарезания резьбы, а именно:

- возможность компенсации несоосности метчика и обработанного отверстия;
- исключение погрешности подачи станка и шага нарезаемой резьбы;
- предохранения от возможных поломок за счет применения предохранительной муфты.

Также имеется возможность имитации процесса ручного нарезания резьбы за счет кратковременного реверсирования метчика.

Анализ результатов эксперимента

С помощью вышеприведенного ультразвукового устройства были проведены специальные исследования для определения эффективности применения ультразвука при нарезании резьбы метчиками. На рис. 2 приведены осциллограммы изменения крутящего момента резания при нарезании резьбы М8 (шаг 1,25 мм) в заготовках из титанового сплава ВТ9.

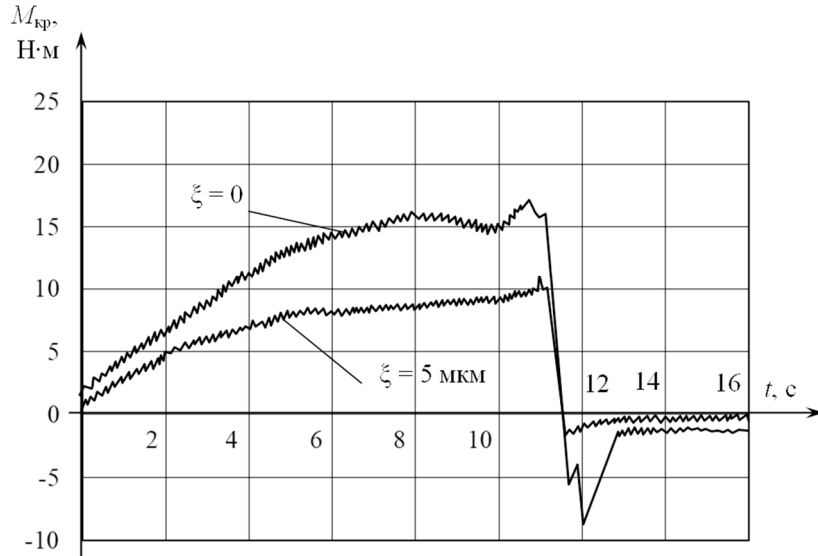


Рис. 2. Осциллограммы изменения крутящего момента резания при нарезании резьбы М8 (шаг 1,25 мм) в заготовках из титанового сплава ВТ9

Из представленных данных следует, что при сообщении метчику ультразвуковых колебаний амплитудой 5 мкм крутящий момент резания уменьшается почти в два раза, существенно снижая силовое воздействие на режущие зубья метчика. В первую очередь это связано с уменьшением сил трения и защемления метчика в отверстии. Значительное уменьшение сил резания при нарезании внутренних резьб позволило повысить работоспособность метчиков, что подтверждается зависимостями, представленными на рис. 3.

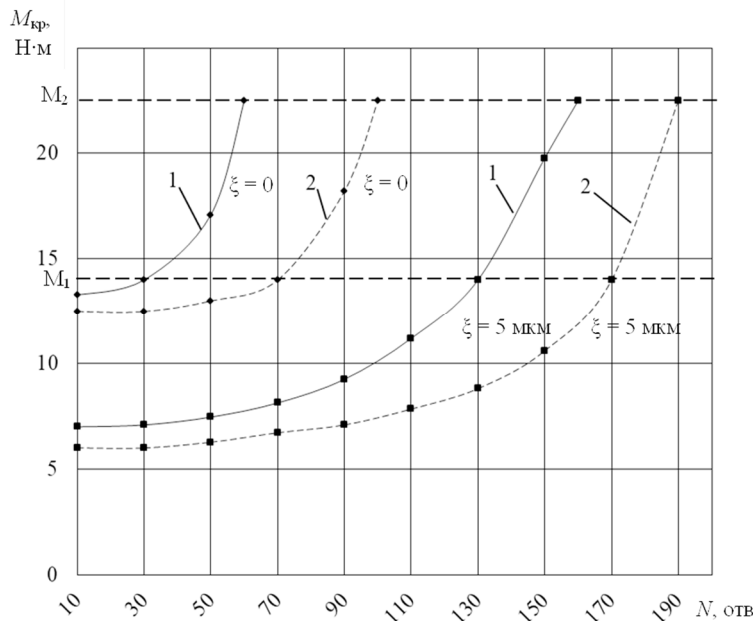


Рис. 3. Зависимости влияния ультразвука на крутящий момент резания и работоспособность метчиков: 1 — метчик без покрытия TiN ; 2 — метчик с покрытием TiN ; M_1 — значения предельно допустимого момента резания, при котором происходят сколы режущих зубьев метчика; M_2 — предельно допустимый момент разрушения метчика

Следует отметить, что при нарезании резьбы метчиками кроме износа режущих зубьев до планируемых значений происходят отказы из-за частых сколов зубьев или объемного разрушения метчика. Поэтому при исследовании были определены предельно допустимые значения момента резания.

Заключение

В результате проведенного исследования было установлено, что применение ультразвуковых колебаний приводит к повышению периода стойкости метчиков более чем в 3 раза. Можно также отметить тот факт, что применение метчиков с износостойкими покрытиями из нитрида титана позволяет дополнительно повысить работоспособность инструмента на 30–70 %. Это связано с уменьшением глубины резания зубьями метчика и, следовательно, снижением сил резания действующих на режущую часть метчика. Наилучшую работоспособность показали метчики с износостойким покрытием и наложением ультразвуковых колебаний с амплитудой 5 мкм. Таким образом, применение ультразвуковых колебаний при нарезании резьбы в труднообрабатываемых материалах позволяет повысить работоспособность метчиков в 3–5 раз, особенно при использовании инструмента с износостойким покрытием из нитрида титана.

Список литературы

1. Головкин В. В., Батищева О. М., Папшев В. А. Исследование формирования напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя резьбовых деталей в условиях нарезания резьбы с ультразвуковыми колебаниями // Надежность и качество сложных систем. 2023. № 2. С. 5–11. doi:10.21685/2307-4205-2023-2-1
2. Golovkin V., Batishcheva O., Papshev V. Ultrasonic influence on the quality formation of surface layer when cutting thread // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 709. P. 033043.
3. Golovkin V., Batishcheva O., Papshev V. Ultrasonic Impact Study on Strain Hardening of Thread Profile Surface Layer // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2020. P. 1035–1041.
4. Golovkin V., Batishcheva O., Papshev V. Enhance the efficiency of the internal threads cutting process with taps by applying ultrasonic vibrations // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 224. P. 01113.
5. Савин М. Л., Зуев В. Д., Кочегаров И. И. [и др.]. Методика контроля работоспособности устройства по косвенным параметрам // Надежность и качество сложных систем. 2022. № 1. С. 98–107.

References

1. Golovkin V.V., Batishcheva O.M., Papshev V.A. Investigation of the formation of the stress-strain state of the surface layer of threaded parts under conditions of threading with ultrasonic vibrations. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2023;(2):5–11. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-4205-2023-2-1
2. Golovkin V., Batishcheva O., Papshev V. Ultrasonic influence on the quality formation of surface layer when cutting thread. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020;709:033043.
3. Golovkin V., Batishcheva O., Papshev V. Ultrasonic Impact Study on Strain Hardening of Thread Profile Surface Layer. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2020:1035–1041.
4. Golovkin V., Batishcheva O., Papshev V. Enhance the efficiency of the internal threads cutting process with taps by applying ultrasonic vibrations. *MATEC Web of Conferences*. 2018;224:01113.
5. Savin M.L., Zuev V.D., Kochegarov I.I. et al. Methodology for monitoring device operability by numerical parameters. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2022;(1):98–107. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Валерий Викторович Головкин

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры транспортных процессов
и технологических комплексов,
Самарский государственный
технический университет
(Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244)
E-mail: ms-ap@samgtu.ru

Valery V. Golovkin

Candidate of technical sciences, associate professor,
associate professor of the sub-department of transport
processes and technological complexes,
Samara State Technical University
(244 Molodogvardeiskaja street, Samara, Russia)

Оксана Михайловна Батищева

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой транспортных процессов
и технологических комплексов,
Самарский государственный
технический университет
(Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244)
E-mail: omb@list.ru

Валерий Александрович Папшев

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры транспортных процессов
и технологических комплексов,
Самарский государственный
технический университет
(Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244)
E-mail: pva_samara@mail.ru

Oksana M. Batishcheva

Candidate of technical sciences, associate professor,
head of the sub-department of transport processes
and technological complexes,
Samara State Technical University
(244 Molodogvardeiskaja street, Samara, Russia)

Valery A. Papshev

Candidate of technical sciences, associate professor,
associate professor of the sub-department of transport
processes and technological complexes,
Samara State Technical University
(244 Molodogvardeiskaja street, Samara, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 07.02.2024

Поступила после рецензирования/Revised 20.02.2024

Принята к публикации/Accepted 10.03.2024