

УДК 621.9.048.6

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕТЧИКОВ ПРИ НАРЕЗАНИИ РЕЗЬБ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

© 2009 В. В. Головкин, В. Н. Трусов

Самарский государственный технический университет

Приведены сравнительные исследования метчиков при обычном резьбонарезании и нарезании резьб с ультразвуком, в том числе метчиками с износостойкими покрытиями.

*Метчик, ультразвук, работоспособность, стойкость, крутящий момент, износ, амплитуда ультразвуковых колебаний*

В современном машиностроении все более широкое применение находят жаропрочные, тугоплавкие титановые сплавы, обладающие особыми физико-механическими характеристиками. Механическая обработка указанных материалов, как правило, вызывает серьезные затруднения. В первую очередь, это связано с низкой производительностью и стойкостью инструмента. Особые проблемы возникают при обработке отверстий малого диаметра и нарезании внутренних резьб метчиками. В этом случае имеет место очень низкая стойкость метчиков и сам процесс обработки осуществляется вручную комплектом из трех метчиков специальной конструкции. Повысить эффективность процесса резьбонарезания и работоспособности инструмента возможно путем введения в зону резания энергии ультразвуковых колебаний. Учитывая вышеизложенное, были проведены специальные исследования влияния ультразвука на работоспособность метчиков при нарезании резьб малого диаметра. Для проведения исследования были разработаны и изготовлены специальные ультразвуковые установки, оснащенные пьезокерамическим преобразователем, позволяющим значительно сократить габариты и массу ультразвуковых устройств.

Сравнительную оценку работоспособности инструмента проводили в основном в зависимости от числа обработанных отверстий. В качестве критерия износа метчика был принят предельно-допустимый крутящий момент. Это позволило значительно упростить контроль состояния метчика и частично автоматизировать процесс обра-

тки, а также полностью исключить поломки метчиков.

На рис. 1 приведены результаты исследования зависимости  $M_{кр}$  от количества обработанных отверстий  $N$  при обычном и ультразвуковом нарезании резьбы М8 метчиками с покрытием TiN и без него.

Из приведенных данных следует, что при обычном нарезании количество обработанных отверстий значительно меньше, чем при ультразвуковом, причем метчики с

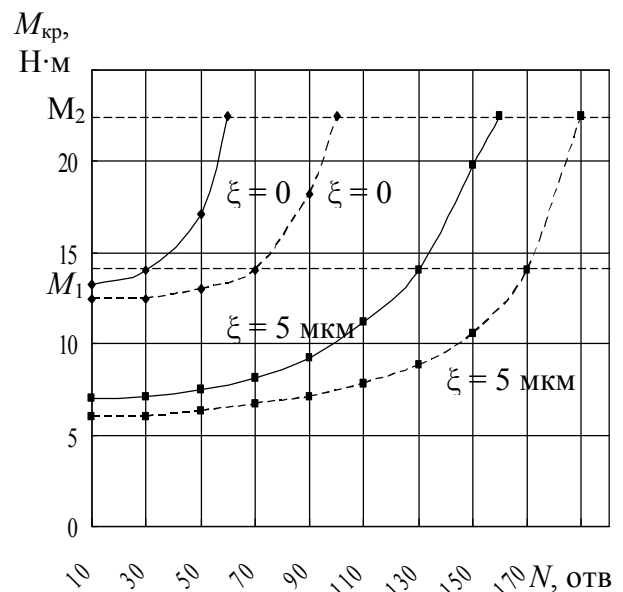


Рис. 1. Изменение  $M_{кр}$  в зависимости от обработанных отверстий  $N$  при нарезании резьбы М8 в сплаве ХН68ВМТЮК метчиками с покрытием TiN и без покрытия, ТС-сульфофрезол: 1 – метчик без покрытия TiN; 2 – метчик с покрытием TiN;  $M_1$  – крутящий момент, при котором происходит скол зубьев метчика;  $M_2$  – крутящий момент, при котором происходит объемное разрушение метчика

покрытием имеют большую стойкость в обоих случаях. Следует обратить внимание на то, что крутящий момент возрастает до определенного значения монотонно, а после происходит резкое увеличение его до критического значения момента, допускаемого прочностью метчика.

В процессе исследований было установлено, что резкое повышение крутящего момента сопровождалось интенсивным выкрашиванием и сколами зубьев. Это

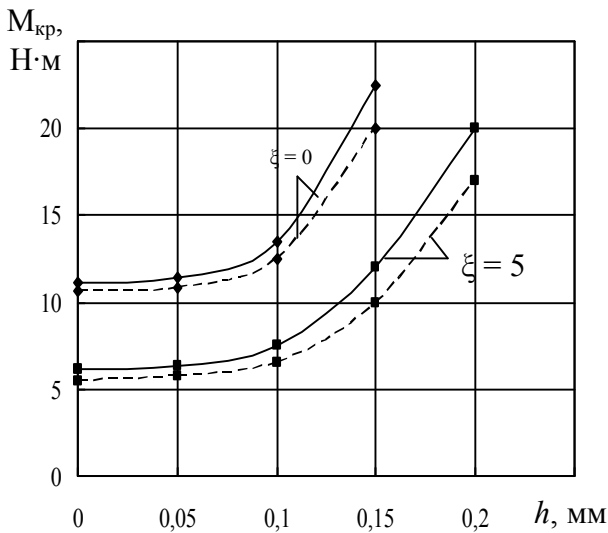


Рис. 2. Влияние износа метчика на  $M_{кр}$  при обработке сплава ЭП678-ВД: 1 – метчик без покрытия TiN; 2 – метчик с покрытием TiN

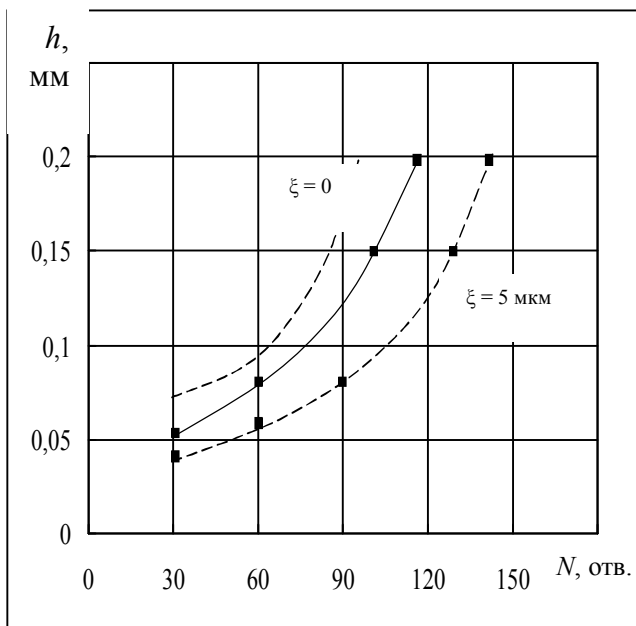


Рис. 3. Зависимость износа метчика от количества обработанных отверстий (материал ЭП678-ВД): 1 – метчик без покрытия TiN; 2 – метчик с покрытием TiN

является нежелательным, т.к. при последующих переточках перо значительно уменьшается и суммарная стойкость метчика снижается. Поэтому в качестве предельно-допускаемого значения крутящего момента принят момент, при котором начинается выкрашивание режущих кромок метчика. Значения  $M_{кр.доп.}$  определяли опытным путем:  $M_{кр.доп.} = 0,6 \dots 0,7 M_{кр.разр.}$ . Указанный принцип реализован в установке, позволяющей производить кратковременное реверсирование при срабатывании предохранительной муфты, настроенной на  $M_{кр.выкр.}$ , т.е. возможно имитировать ручное нарезание резьбы. В данном случае режущий инструмент используется в оптимальных условиях.

На рис. 2 приведены результаты изменения  $M_{кр}$  метчика в зависимости от величины износа  $h$  по задней поверхности зуба метчика.

На рис. 3 приведены результаты влияния на величину износа  $h$  по задней поверхности зуба метчика количества обработанных отверстий  $N$  (резьба М8х1,25;  $V = 1,8$  м/мин, СОЖ-касторовое масло). Анализируя приведенные на рис. 2 и рис. 3 зависимости, можно сделать следующие выводы. При ультразвуковой обработке повышение крутящего момента до предельных значений происходит при значительно большем износе зубьев метчика, при этом при обработке метчиком с покрытием значительного изменения в характере роста крутящего момента не обнаружено.

Однако, если учесть, что допустимый износ  $h$  при обработке метчиком с покрытием наступает значительно позднее, чем при обработке обычным метчиком, то наиболее предпочтительной является ультразвуковая обработка метчиками с износостойкими покрытиями.

На рис. 4 приведены исследования стойкости метчиков в зависимости от скорости резания  $V$  при обработке сплава Х12Н22ТЗМР метчиком М8.

Из приведенных графиков видно, что увеличение скорости приводит к снижению работоспособности метчиков.

Наиболее высокой стойкостью обладают метчики с покрытием при

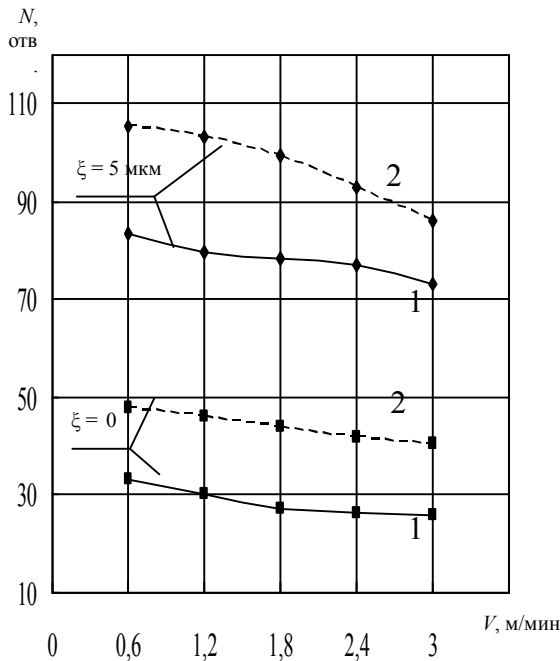


Рис. 4. Влияние скорости резания на стойкость метчика М8 при обработке сплава X12H22T3MP, ТС-сульфофрезол: 1 – метчик без покрытия TiN; 2 – метчик с покрытием TiN

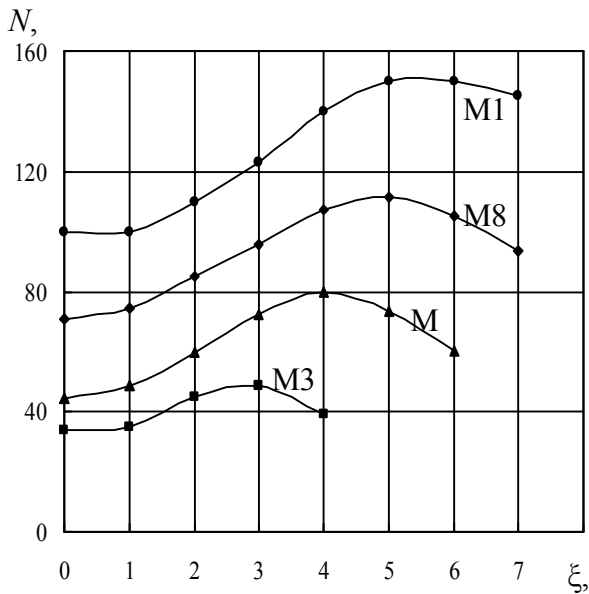


Рис. 5. Влияние амплитуды колебаний на стойкость метчиков (материал X12H22T3MP,  $V = 1,2 \text{ м/мин}$ , ТС-сульфофрезол)

сообщении им оптимальных ультразвуковых колебаний, при этом количество обработанных отверстий в 3...4 раза больше, чем при обычной обработке метчиком без износостойкого покрытия.

Повышение работоспособности метчиков в данном случае связано с уменьшением силовых факторов, действующих на рабочих поверхностях инструмента, отсутствием нароста и защемления метчика, активацией технологической среды, а также рядом других факторов.

Кроме того, применение покрытий позволяет значительно повысить физико-механические характеристики рабочих поверхностей инструмента, особенно твердость и износостойкость, что позволяет дополнительно повысить стойкость метчиков на 20...40%.

На рис. 5 приведены результаты исследования влияния величины амплитуды ультразвуковых колебаний на стойкость метчиков различных типоразмеров. Из представленных данных видно, что значения оптимальной амплитуды колебаний для метчиков М3 и М12 различны. Эта закономерность не является случайной, т.к. с точки зрения снижения крутящего момента амплитуда колебаний должна быть максимальной и ограничивающим фактором, в данном случае, является прочность зубьев метчика. Так как прочность зубьев у различных типоразмеров метчиков различна, то и значения оптимальной амплитуды колебаний также

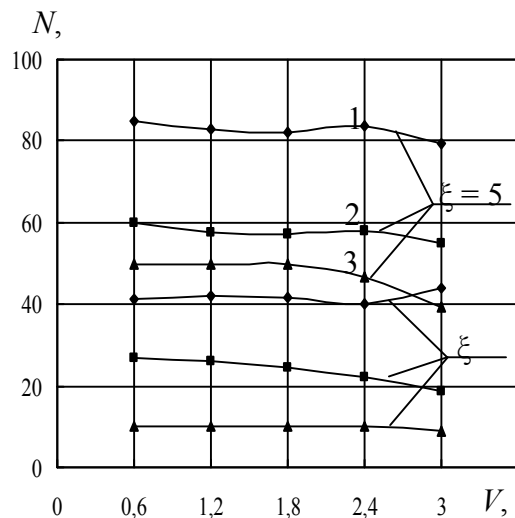


Рис. 6. Влияние скорости резания V на стойкость при обработке комплектом метчиков М6 (сплав КВК-26, ТС – олеиновая кислота): 1 – 1-й метчик; 2 – 2-й метчик; 3 – 3-й метчик

неодинаковы и должны выбираться с учетом типоразмера метчика.

Так, например, для метчиков М3-М6 следует принять амплитуду колебаний не 6 мкм, как для метчиков М8-М12, а несколько меньше – 3...4 мкм.

На рис. 6 приведены исследования стойкости метчиков М6 (первого, второго и третьего) при различных режимах обработки. Следует отметить, что обработка производилась сразу первым, или сразу вторым и третьим метчиками. Из приведенных данных видно, что при обработке сразу последним метчиком из комплекта работоспособность инструмента резко снижается. Применять нарезание резьб сразу полнопрофильным метчиком возможно только в случае ультразвуковой обработки, хотя в данном случае стойкость по сравнению с первым метчиком значительно ниже.

На рис. 7 показаны результаты исследования стойкости метчиков при обработке сначала первым, а затем третьим

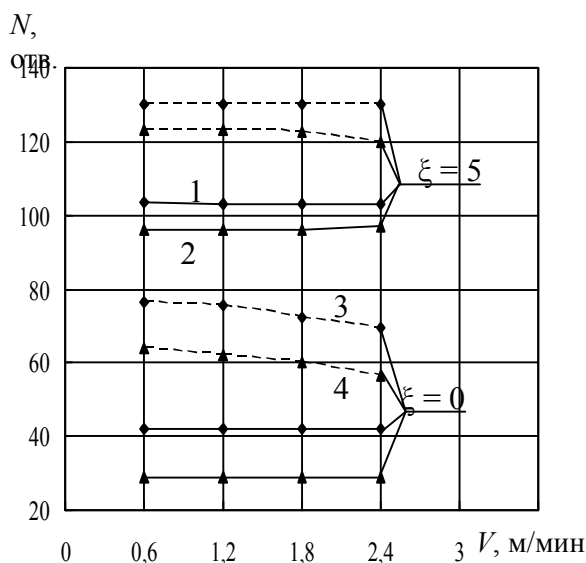


Рис. 7. Влияние скорости резания  $V$  на стойкость при обработке комплектом метчиков М6 без покрытия TiN и с покрытием TiN (сплав 26Х2ГСНВМБР, ТС – олеиновая кислота): 1 – 1-й метчик; 2 – 3-й метчик; 3 – 1-й метчик с покрытием; 4 – 3-й метчик с покрытием

метчиком. Как видно из приведенных зависимостей, стойкость метчиков при ультразвуковой обработке примерно одинакова, при обычной – у третьих метчиков несколько ниже. Также наиболее

высокая стойкость наблюдалась у метчиков с покрытием TiN при обработке с ультразвуком. Очевидно, что ультразвуковая обработка оказывается более эффективной, чем просто обработка метчиками с износостойкими покрытиями.

На рис. 8 представлены результаты исследования влияния диаметра отверстия под резьбу на стойкость при обработке сплава ЭП678-ВД метчиком М8.

Как видно из приведенных зависимостей, увеличение диаметра отверстия под резьбу приводит к значительному увеличе-

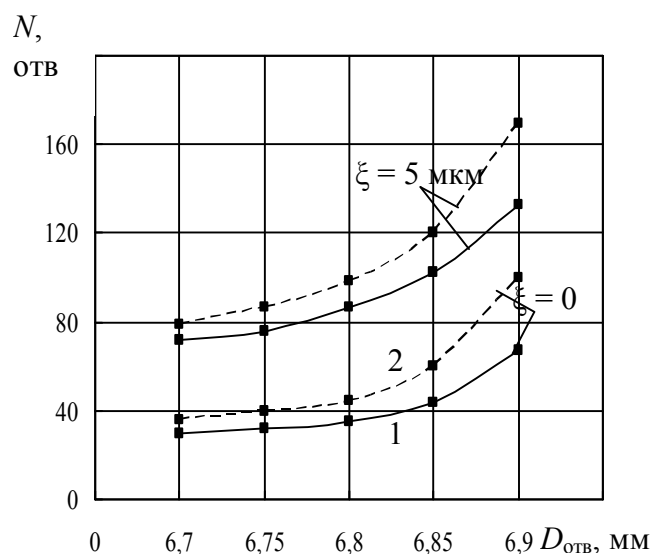


Рис. 8. Работоспособность метчиков в зависимости от диаметра отверстия под резьбу М8 (сплав ЭП678-ВД, ТС – сульфозрезол): 1 – метчик без покрытия TiN; 2 – метчик с покрытием TiN

нию стойкости инструмента, что связано с уменьшением толщины среза, в результате чего уменьшаются силы, действующие на режущую часть метчика.

Следует отметить, что при наложении ультразвуковых колебаний снижение стойкости с уменьшением диаметра отверстия под резьбу происходит менее интенсивно, чем при обычной обработке.

На рис. 9 приведены результаты влияния заднего угла  $\alpha$  на стойкость метчика при нарезании глухих резьб в накидных гайках из сплава Х12Н22ТЗМР метчиком М12.

Как видно из представленных графиков, с увеличением заднего угла работоспособность инструмента падает. Это объясняется уменьшением прочности зуба и защемлением корней стружек, образованных

режущими зубьями последующего пера метчика, а также попаданием под затылованные зубья срезанной стружки.

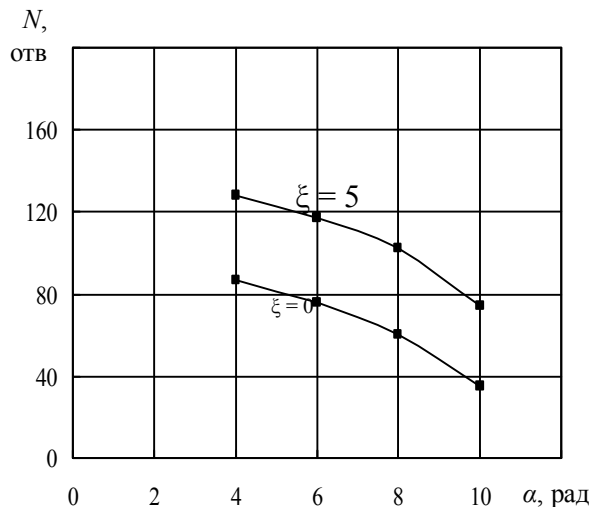


Рис. 9. Влияние заднего угла  $\alpha$  на работоспособность метчика M12 (сплав X12H22T3MP, ТС – сульфифрезол)

В результате, как правило, происходит скол зубьев, даже при обработке незначительного количества отверстий. Поэтому с точки зрения работоспособности инструмента необходимо применять для глухих резьб метчики с минимальными задними углами. При наложении на метчик осевых ультразвуковых колебаний происходит уменьшение кинематического заднего угла, что также приводит к повышению работоспособности инструмента.

Таким образом, при наложении ультразвуковых колебаний работоспособность инструмента повышается в 3...6 раз, причем лучшие результаты получены при использовании метчиков с износостойкими покрытиями.

## RESEARCH FUNCTIONALITY SEREWING TAP BY ULTRASOUND OSCILLATION

© 2009 V. V. Golovkin, V. N. Trusov

Samara State Technical University

Parallel resealing screwing tap ultras with regular screw cutting and screw cutting and screwier tap witty wear protein.

Tap, Ultrasound, working capacity, firmness, twisting moment, deterioration, Amplitude of ultrasonic fluctuations

### Информация об авторах

**Головкин Валерий Викторович**, кандидат технических наук, доцент Самарского государственного технического университета. Тел. (846) 263-31-01. E-mail: [isap@samgtu.ru](mailto:isap@samgtu.ru). Область научных интересов: повышение эффективности механической обработки путем применения ультразвука.

**Трусов Владимир Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Самарского государственного технического университета. Тел. (846) 333-34-53. E-mail: [isap@samgtu.ru](mailto:isap@samgtu.ru). Область научных интересов: повышение эффективности механической обработки.

**Golovkin Valery Victorovich**, the doctor of engineering sciences, associate professor of "Instrumental systems and service of cars" department of Samara State Technical University. Phone: (846) 263-31-01. E-mail: [isap@samgtu.ru](mailto:isap@samgtu.ru). Area of research: Increase of efficiency of tooling by application of ultrasound.

**Trusov Vladimir Nikolayevich**, doctor of technical sciences, chain professor of Samara State Technical University. Phone: (846) 333-34-53. E-mail: [isap@samgtu.ru](mailto:isap@samgtu.ru). Area of research: Increasing efficiency mechanical operation.