

был принят износ по задней поверхности  $h_3 = 0,2$  мм. Из графиков на рис.2 следует, что при указанных критериях затупления стойкость метчиков ( по числу обработанных отверстий) при ультразвуковом резбонарезании со скоростью  $V = 1,2$  м/мин примерно в 3 раза выше, чем при обычном резании. При больших скоростях резания эффект воздействия ультразвуковых колебаний значительно выше. Аналогичные результаты были получены также при резании резьбы в титановом сплаве BT9 и жаропрочном сплаве ЭИ696.

### Литература

1. Подураев В.Н., Суворов А.А. Нарезание резьб метчиками в жаропрочных сталях при ультразвуковых колебаниях. "Станки и инструмент", № 2, 1965.

2. Михайлик Э.А. Применение ультразвуковых колебаний при резании резьбы метчиками. Сб. "Эффективные режущие и мерительные инструменты", Куйбышев, 1966.

3. Мартынов В.Д., Черня Н.Н. Нарезание резьбы при наложении ультразвуковых колебаний. Сб. "Новое в электрофизической и электрохимической обработке металлов", "Машиностроение", М.-Л., 1966.

УДК 621.933.1.014.3.001.5

А.Г.Турков

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСЕВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ НАРЕЗАНИИ РЕЗЬБ МАЛОГО ДИАМЕТРА В ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛАХ

Известно, что одной из главных причин разбивания резьбы при резбонарезании метчиками является действие осевой составляющей силы резания, которая имеет направление противоположное подаче и вызывает подрезание профиля резьбы, появление конусности, искажение профиля и шага резьбы.

Важной особенностью ультразвукового резбонарезания в труднообрабатываемых материалах метчиками малого диаметра в условиях низкой прочности и жесткости инструмента является значительное снижение сил резания, а следовательно и осевой силы резания.

В настоящей статье приведены некоторые результаты исследований осевой составляющей силы резания при ультразвуковом резбонарезании метчиками малого диаметра.

Исследования проводились на ультразвуковом резбонарезном станке 4772-РУТ [1].

Осевая сила измерялась с помощью специального устройства (рис.1) усилителя ТА-5 и осциллографа Н-700.

Устройство состоит из динамометра 1, установочного стакана 2, втулки с отверстием под резьбу 3, рамы 4 и заготовки с отверстием под резьбу 5. Точная фиксация отверстий втулки 3 и заготовки 5 достигается с помощью установочной пробки-калибра и качественного выполнения устройства в целом.

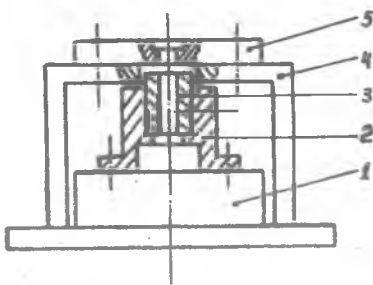


Рис.1. Устройство для измерения осевой силы резания

Исследование проводилось трехперыми и четырехперыми метчиками МЗ + М6 из быстрорежущей стали Р9К5 ( $\chi = 0$ ;  $\alpha = 10^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ ;  $\psi = 10^\circ$ ). Обрабатываемый материал - титановый сплав ВТ9. Смазочно-охлаждающая жидкость - сульфофрезол; частота ультразвуковых колебаний  $f = 20$  кгц;  $2A = 10$  мкм;  $V = 0,6+3$  м/мин. Глубина отверстия под резьбу в заготовке 5:  $l_1 = 4 + 5$  мм, во втулке 3 -  $l_2 = d$ .

На рис.2 представлены графики зависимости осевой силы от угла заборного конуса при обычном и ультразвуковом резбо-

нарезании в диапазоне скоростей  $V = 0,6 - 3$  м/мин. Глубина отверстия под резьбу в заготовке  $l_1 = 3,5$  мм, во втулке 3

$- l_2 = l$  заб. конуса + 1 мм. Из графиков видно, что при ультразвуковом резбонарезании наблюдается значительное снижение осевой силы по сравнению с обычным резбонарезанием. При этом ее величина уменьшается в среднем при  $\psi = 2^\circ 30'$  в 5 раз, при  $\psi = 6^\circ$  - в 3,5 раза, при  $\psi = 10^\circ$  - в 3 раза, при  $\psi = 14^\circ$  - в 2,5 раза, при  $\psi = 18^\circ$  - в 2 раза.

Из сравнения данных видно, что эффект от применения ультразвуковых колебаний уменьшается с увеличением угла заборного конуса метчика. Снижение эффекта от применения ультразвуковых колебаний наблюдалось также при увеличении диаметра резьбы.

Анализ экспериментальных данных по влиянию некоторых других факторов на осевую составляющую силы резания при нарезании резьб МЗ-М6 (условия см. выше) показал следующее:

1. Увеличение диаметра отверстия под резьбу в пределах допуска на внутренний диаметр резьбы по ГОСТ 9150-59 приводит к уменьшению осевой силы при обычном резбонарезании в среднем на 20%, при ультразвуковом - на 40%.

2. Увеличение глубины нарезаемого отверстия с  $l = d$  до  $l = 2d$  приводит к увеличению осевой силы при обычном резбонарезании на 10-20%, при ультразвуковом - до 30%.

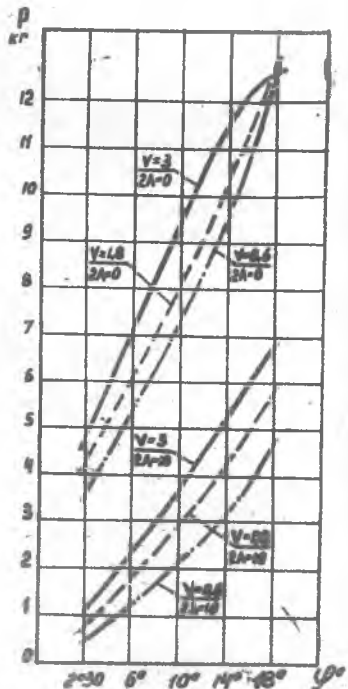


Рис.2 Влияние угла заборного конуса  $\psi$  на величину осевой силы при обработке титанового сплава BT9. Метчик М4х0.7 ( $\gamma = 0^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ), скорость резания  $V = 0,6 + 8$  м/мин

3. Уменьшение амплитуды колебаний с  $2A = 10$  мкм до  $2A = 2$  мкм приводит к увеличению осевой силы резания в 2-3 раза.

4. Увеличение скорости резания с  $V = 0,6$  м/мин до  $V = 3$  м/мин. приводит к уменьшению осевой силы при обычном резбонарезании на 30%, при ультразвуковом - на 40%.

5. С увеличением износа по задней поверхности на зубьях заборного конуса при обычном резбонарезании осевая сила увеличивается в несколько раз, при ультразвуковом резбонарезании - на 20-30%.

Для устранения отрицательного влияния осевой силы резания на качество получаемой резьбы, особенно на первых витках, необходимо эту силу компенсировать внешней осевой силой, имеющей противоположное направление.

Известно много устройств для компенсации осевой составляющей силы резания, однако большинство из них сложны по конструкции, требуют значительного времени на переналадку станка и не отвечают в полной мере требованию компенсации осевой силы при ее изменении по мере врезания метчика в отверстие. В статье [2] предлагается довольно простой способ борьбы с отрицательным влиянием осевой силы при работе самозатягиванием, основанный на работе по принципу так называемых падающих шпинделей. Создание необходимого внешнего осевого усилия в данном случае достигается путем установки сменных грузов на противовес, уравновешивающий шпindel. Несмотря на простоту устройства, оно не обеспечивает достаточно точной компенсации осевой силы при ее изменении по мере врезания метчика в отверстие.

В связи с этим в ультразвуковом резбонарезном станке 4772-РУТ [1] система уравновешивания шпинделя осуществляется за счет соленоида с током. Изменение первоначального усилия, развиваемого падающим шпинделем, осуществляется путем изменения силы тока в соленоиде, причем по мере опускания шпинделя при резбонарезании это усилие увеличивается за счет выхода сердечника из соленоида, что позволяет достаточно хорошо согласовать характер изменения внешней осевой силы с характером изменения осевой силы резания по мере врезания метчика в отверстие.

Как показали исследования, подрезание профиля в этом случае прекращается на втором витке при обычном и ультразвуковом резбонарезании. Величина подрезания в несколько раз меньше, чем

при работе без компенсации осевой составляющей силы резания.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. При ультразвуковом резбонарезании мелких резб в труднообрабатываемых материалах величина и отрицательное влияние осевой составляющей силы резания, по сравнению с обычным резбонарезанием, в несколько раз меньше, что ведет к улучшению качества получаемой резбы.

2. Рекомендуемый автором метод компенсации осевой силы резания обладает положительными качествами и может быть рекомендован для практического применения.

### Литература

1. Кравченко Б.А., Нерубай М.С., Турков А.Г., Цейтли А.Н., Попов Н.Т. Ультразвуковой станок для нарезания мелких резб в труднообрабатываемых деталях, ЦНТИ, Куйбышев, 1971.

2. Матвеев В.В., Выборщик В.Н., Миронов И.Я. Повышение точности резбонарезания на сверлильных станках. "Станки и инструмент", 1971, № 3.

УДК 621.919

М.Э.Иткин

### ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОТЯЖЕК С ВИНТОВЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ЗУБЬЕВ

При протягивании высокопрочных термообработанных сталей с пределом прочности  $\sigma_B > 100 \text{ кг/мм}^2$  достижение чистоты 7-го класса затруднено вследствие ряда причин, к числу которых относятся:

- 1) наличие высоких удельных нормальных усилий на передней и задней гранях зубьев протяжки, что приводит к микровыкрашиванию лезвия зуба и ухудшению качества обработанной поверхности;
- 2) переменное число зубьев, находящихся в работе;
- 3) небольшое число зубьев протяжки, находящихся в работе при малой длине протягивания.