

УДК 621.993:534.8

М.С.Нерубай, М.Д.Смирнов, А.Г.Турков,
В.М.Смирнов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ МЕТЧИКОВ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ МЕЛКИХ РЕЗЬБ С УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ИНСТРУМЕНТА

Нарезание мелких резьб в труднообрабатываемых материалах сопровождается частыми поломками метчиков вследствие недостаточной прочности их рабочей части, ослабленной стружечными канавками и витками резьбы. Дальнейшее повышение работоспособности метчиков и эффективности резбонарезания может быть достигнуто путем изыскания и внедрения принципиально новых методов и средств обработки, в частности, ультразвукового резания. Введение в зону резания вынужденных ультразвуковых колебаний малой амплитуды, направленных вдоль оси метчика, приводит к значительному снижению сил резания и трения, суммарного крутящего момента, что в свою очередь, уменьшает вероятность заземления и поломки инструмента. Так, при нарезании резьбы М4х0,7 в титановом сплаве ВТ9 наложение ультразвуковых колебаний сопровождается снижением крутящего момента почти в 4 раза по сравнению с обычным резанием (рис. 1). Это создает определенный запас прочности, но не исключает поломок метчиков, особенно, при нарезании резьб М1-М4. Поэтому изучение напряженного состояния и прочностных характеристик инструмента является актуальным и в случае ультразвукового резания. Вместе с тем, известные аналитические методы расчета из-за сложности геометрической формы поперечного сечения метчиков трудоемки и приближены. В данной работе исследование напряжений в

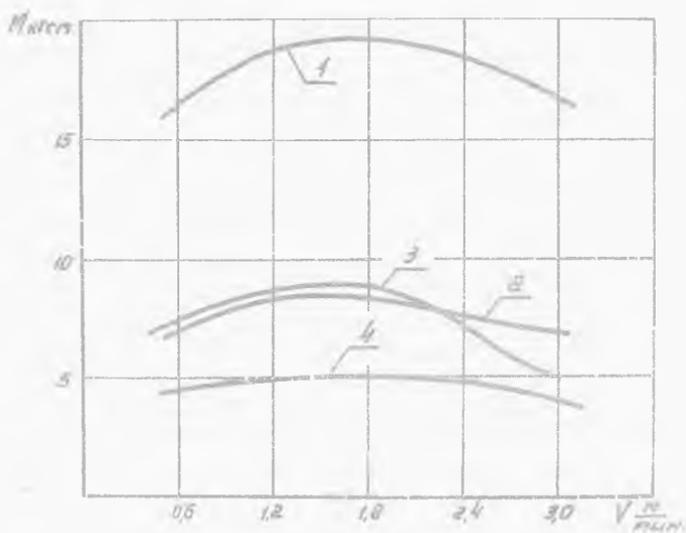


Рис. 1. Влияние скорости резания на крутящий момент при обычном и ультразвуковом резании. 1 - $A = 0$; 2 - $2A = 0,003$ мм; 3 - $2A = 0,006$ мм; 4 - $2A = 0,010$ мм.

калибрующей части метчиков производилось с помощью поляризационно-оптического метода на моделях из оптически активного материала ЭД6-М с использованием приема "замораживания" деформаций [1]. Модель выполнялась с сохранением геометрического подобия метчикам, рекомендуемым для ультразвукового нарезания мелких резьб в титановых сплавах. Особенностью конструкции этих метчиков, по сравнению со стандартной, является увеличенный диаметр сердцевины ($d_c = 0,6 d$), уменьшенная ширина пера ($b = 0,3 d$) и измененная форма стружечной канавки. В первом приближении принималось, что в процессе работы метчик подвергается только деформации кручения без учета воздействия сил, возникающих в результате несовпадения осей метчика и обрабатываемого отверстия. Не учитывалось также влияние циклических напряжений, возникающих в метчике при прохождении ультразвуковой волны. Как показал расчет, при принятых параметрах ультразвуковых колебаний (частота $f = 20$ кгц, амплитуда $A = 2-5$ мкм) эти

напряжения на порядок ниже пределов прочности и усталости быстрорежущей стали P18 и поэтому не могут явиться причиной разрушения метчика.



Рис.2.Общий вид нагрузочного устройства с установленными моделями

Общий вид нагрузочного устройства с установленной моделью показан на рис. 2.

Определение напряжений по контуру и радиусам сечения метчиков производилось при косом просвечивании поперечных срезов в иммерсионной жидкости. Оптическая постоянная материала определялась на поперечном срезе цилиндрической части "замороженной" модели (хвостовике).

Анализ картины полос и рассмотрение эпюры касательных напряжений показывают, что максимальные напряжения возникают в канавках метчика, в точках, наименее удаленных от его оси (рис. 3 и 4). Это согласуется с выводами, полученными ранее на основании приближенного аналитического

решения задачи о кручении стержней с продольными канавками [2, 3].

Характерно, что напряжение на зубе метчика примерно в 4 раза ниже максимальных напряжений в канавке. Это позволяет предположить, что разрушение метчика начинается в районе стружечной канавки, а не в витках резьбы, как это показано в работе 4. По нашему мнению, наблюдаемое в ряде случаев разрушение метчика по резьбе происходит не в результате концентрации напряжений во впадине резьбы при кручении, а является следствием термических напряжений и шлифовочных микротрещин, возникающих во впадине резьбы метчика при его изготовлении.

На основании проведенного исследования получены формулы для определения максимальных касательных напряжений τ_{max} и жесткости при кручении для различных размеров метчиков принятой конструкции

$$\tau_{max} = 16,2 \frac{M}{d^3} \quad K = 0,043 G d^4,$$

где M - крутящий момент, кгсм; G - модуль упругости, кг/см²; d - наружный диаметр, см.

Проведенные расчеты позволили также установить максимально допустимый крутящий момент резания и разработать рекомендации для проектирования специального ультразвукового станка для нарезания мелких резцов в труднообрабатываемых материалах.



Рис. 3. Картины полос при косом просвечивании поперечного среза модели

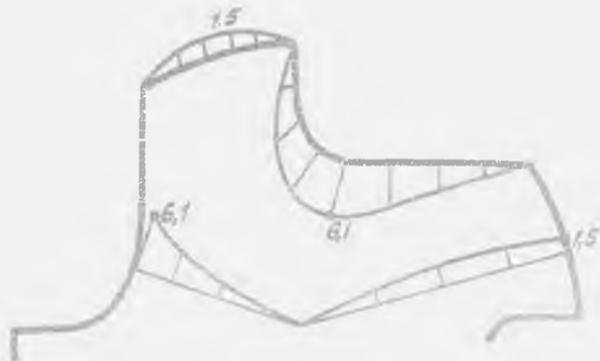


Рис. 4. Эпюры касательных напряжений при $M = 3$ кгсм

Литература

1. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений. Труды конференции ЛГУ. Л., 1960.
2. Сен-Венан Б. Мемуар о кручении призм. Физматгиз, М., 1961.
3. Матвеев В.В. Нарезание точных резьб. "Машиностроение", М., 1968.
4. Дыхнов А.Е. О влиянии концентрации напряжений в витках резьбы на прочность метчика. Тезисы докладов УГ научно-технической конференции инструментальщиков Западного Урала. Пермь, 1971.