

**ВЛИЯНИЕ АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ТОЧЕНИИ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Обработка резанием существенно изменяет эксплуатационные свойства деталей за счет формирования определенного качества поверхностного слоя: волнистости, шероховатости, наклепа и остаточных напряжений. Особенно это проявляется в процессе резания труднообрабатываемых материалов при наличии вибраций технологической системы. Поэтому обработка резанием должна рассматриваться не только как способ получения деталей определенной формы и размеров, но и как эффективный способ управления эксплуатационными характеристиками деталей.

Освоение методов вибрационного резания, в том числе и с направленными автоколебаниями, показало, что если вопросы устойчивого стружкодробления и достижения при этом заданной точности решаются достаточно легко, то обеспечение высокого качества поверхности требует тщательного внимания.

Экспериментальные исследования проводились на специальном устройстве, позволяющем изменять частоту и регулировать амплитуду колебаний. Устройство состоит из державки, закрепляемой в резцедержателе токарно-винторезного станка 16К20, в которую устанавливается стандартный проходной резец. Автоколебания возбуждаются и поддерживаются посредством упругих элементов, размещенных между резцом и корпусом державки, и создающих в направлении движения подачи наименьшую регулируемую жесткость. Ограничение амплитуды колебаний достигается за счет нелинейной характеристики упругих элементов и регулируется изменением их жесткости (заменой).

Для регистрации относительных колебаний вершины резца был разработан измерительный комплекс, включающий в себя: индуктивный датчик, блок измерения малых перемещений БИМП-2, аналого-цифровой преобразователь, двенадцатиканальный шлейфовый осциллограф, ПЭВМ. Комплекс позволяет регистрировать относительные колебания с амплитудой 0-500 мкм в диапазоне частот 0-8000 Гц с одновременной записью сигнала на фотобумагу и в память ПЭВМ. Обработка сигналов производилась посредством ПЭВМ.

Высоту микронеровностей поверхности определяли при обработке заготовок из коррозионно-стойкой стали Х18Н9Т с постоянной глубиной резания  $t=2$  мм и подачей  $S=0,3$  мм/об. С помощью двойного микроскопа МИС-11 определяли на обрабо-

танной поверхности десять самых больших микронеровностей и вычисляли среднее арифметическое их величин. Кроме того, с помощью профилографа-профилометра модели 252 определяли параметр  $R_a$ . Результаты проведенных исследований представлены на рис. 1 и 2.

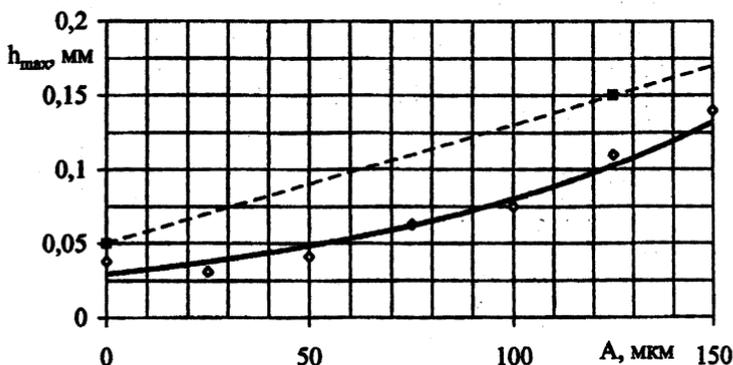


Рис. 1. Зависимость максимальной высоты микронеровностей  $h_{\max}$  от амплитуды колебаний  $A$ .

На рис. 1 штриховой линией изображена прямая, соответствующая расчетной максимальной высоте микронеровностей, т.е. прямая отвечающая выражению (1), полученному из рассмотрения кинематики процесса резания с осевыми вибрациями [1]

$$h_{\max} = \frac{2S_p \sin \varphi_n \sin \varphi_1}{\sin(\varphi_n + \varphi_1)} \quad (1)$$

При принятых в эксперименте  $S=0,3$  мм/об;  $\varphi_n=90^\circ$ ;  $\varphi_1=10^\circ$  выражение (1) приобретает следующий вид:

$$h_{\max} = 0,176 (S_p + 2A). \quad (2)$$

Сравнение расчетных и экспериментальных данных показывает, что различие между ними достаточно мало, причем фактическая высота микронеровностей меньше, чем расчетная. Различие между теоретическими и экспериментальными данными объясняется упругими и пластическими деформациями заготовки и инструмента, которые не учитывались при рассмотрении кинематики процесса.

Как видно из графика (рис. 2), повышение амплитуды колебаний вызывает ухудшение параметров шероховатости. Однако при возбуждении колебаний в направлении движения подачи с амплитудами  $A \leq 30$  мкм шероховатость поверхности несколько уменьшается по сравнению с обычным резанием. Следует также отметить, что поверхность, полученная при резании с направленными автоколебаниями амплитудой  $A=80-100$  мкм имеет рисунок расположения штрихов (фактуру) в виде ромбо-

видной сетки. Наличие таких ромбовидных рисок способствует лучшему удержанию смазки.

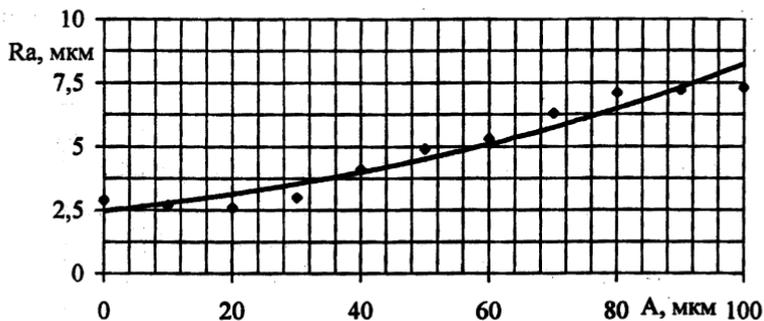


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности от амплитуды колебаний A.

Важным показателем качества обработанной поверхности является наклеп, влияющий на эксплуатационные характеристики деталей. Равномерный наклеп поверхностного слоя оказывает благоприятное влияние на предел усталостной прочности деталей, работающих при нормальных температурах, но у деталей, работающих при температурах выше 873 К, приводит к снижению предела длительной прочности и тем сильнее, чем больше степень наклепа. Наклеп приводит также к изменению коррозионной стойкости поверхности.

Картина получения наклепанного слоя при резании с вибрациями аналогична формированию шероховатостей [2]. По мере резания образуется переменная глубина наклепа, пропорциональная толщине срезаемого слоя. Однако при последующих проходах, так как распространение наклепанной зоны в глубь обрабатываемого материала значительно и имеется сдвиг фаз, зоны более глубокого распространения наклепа перекрывают одна другую. Поэтому значительной неравномерности распределения наклепа по длине и глубине обработанной поверхности ожидать не следует; при этом за счет некоторого циклического воздействия следует ожидать некоторого увеличения глубины.

Исследование степени наклепа поверхностного слоя в зависимости от амплитуды автоколебаний проводились при точении резцами с материалом режущей части ВК8 коррозионно-стойкой стали 12Х18Н9Т. Режимы резания  $S=0,08$  мм/об;  $V=60$  м/мин;  $t=1$  мм. Микротвердость измеряли с помощью прибора ПМТ-3 при увеличении  $500\times$  с нагрузкой 1Н. Степень наклепа рассчитывали по формуле:

$$N = \frac{HM' - HM}{HM} 100, \quad (3)$$

где  $HM'$ ,  $HM$  – соответственно микротвердости обработанного слоя и исходного материала соответственно.

Циклическое взаимодействие обработанной поверхности с задней поверхностью инструмента возрастает прямо пропорционально квадрату амплитуды и частоты колебаний [3]. Возбуждаемые автоколебания с частотой  $f=1800-2100$  Гц и амплитудой  $A \leq 50$  мкм приводят к увеличению степени наклепа до 40% (рис.3).

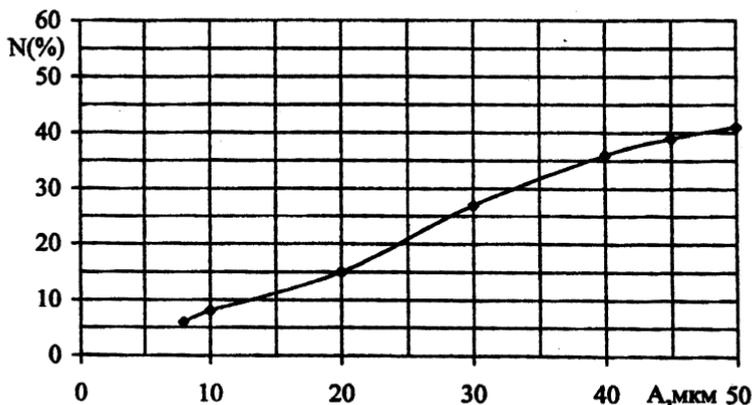


Рис.3. Зависимость степени наклепа  $N$  от амплитуды колебаний  $A$ .

Технологические остаточные напряжения, оказывают влияние на усталостную прочность деталей, статическую и динамическую прочность, коррозионную стойкость изделий. Вибрационное движение высокой частоты изменяет напряженное состояние в зоне резания [2].

Процесс пластической деформации срезаемого слоя определяется деформациями сдвига и сжатия; вследствие этого при резании инструментами с положительными передними углами происходит интенсивное растяжение материала, формирующего поверхностный слой, образование зоны растягивающих напряжений. На этот процесс накладывается явление накатки – уплотнение материала самого верхнего слоя, которое происходит при обычном резании только под действием определенного радиуса скругления режущей кромки. Характер взаимодействия обработанной поверхности с задней поверхностью инструмента при резании с вибрациями значительно повышает интенсивность этого явления прямо пропорционально частоте и амплитуде вибраций. При точении с высокочастотными колебаниями степень и глубина наклепа увеличи-

ваются, одновременно снижаются и остаточные растягивающие напряжения, образующиеся наиболее часто при обычном резании.

Следовательно, циклический характер взаимодействия задней поверхности инструмента с поверхностью резания при вибрациях, существенно повышая упрочнение поверхностного слоя, одновременно приводит к росту остаточных напряжений сжатия, которые увеличиваются с повышением амплитуды и частоты.

Таким образом, путем управления интенсивностью автоколебаний или рационального использования вынужденных колебаний можно изменить в нужном направлении эксплуатационные характеристики изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметшин Н.И., Гоц Э.М., Родинов Н.Ф. Вибрационное резание металлов. — Л.: Машиностроение, 1987. — 80с.
2. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. — М.: Машиностроение, 1970. — 350с.
3. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. — Л.: Машиностроение, 1986. — 184с.

УДК 621.9.048

В.Г. Куптель

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СТРУЖКОДРОБЛЕНИЕМ ПРИ ВВЕДЕНИИ В ЗОНУ РЕЗАНИЯ ОДИНОЧНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Проблема управления характером стружкообразования, т.е. формирования заданного вида и формы стружки, относится к числу трудноразрешимых проблем механообработки. Возможность получения стружки, которая легко удаляется из зоны обработки, часто является решающим фактором при автоматизации процесса резания. Образование сливной стружки существенно усложняет управление процессами механообработки как при диагностике выходных параметров, так и при адаптивном управлении. Поэтому стабильное формирование дробленой стружки следует рассматривать как фактор надежности технологических систем.

Одним из эффективных методов, направленных на решение данной задачи, является вибрационное дискретное резание, т.е. задание инструменту закона движения, обеспечивающего кратковременный импульс для дробления стружки с последующим выстоем инструмента, определяющим длину элемента стружки. С этой целью разработана система инст-