

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ТОЧЕНИИ ВЫСОКОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Высокие требования, предъявляемые к точности размеров и геометрической формы деталей машиностроения, интенсификация режимов резания при токарной обработке, а также широкое применение высокопластичных сталей и сплавов выдвинули на первый план вопросы обработки металлов резанием, связанные с вибрациями. Так как вибрации оказывают влияние на основные показатели процесса резания: производительность обработки, стойкость режущего инструмента, качество обработанной поверхности, и, как правило, при их возникновении все перечисленные параметры ухудшаются. При этом можно выделить два направления, по которым идут исследования в этой области. Первое направление связано с применением средств, обеспечивающих высокую жесткость технологической системы станка, устойчивость движения резания и гашения вредных вибраций. Второе направление связано с освоением и внедрением методов и устройств вибрационного резания, которые основаны на использовании положительных свойств вибраций.

Одним из наиболее эффективных и перспективных способов дробления сливной стружки является вибрационное точение, при котором на обычно принятую для данной операции кинематическую схему накладывается дополнительное направленное вибрационное движение инструмента относительно заготовки, источником которого может быть как специальный вибропривод, так и автоколебания, возникающие непосредственно в процессе резания [1-3]. При технологическом обеспечении для конкретных условий обработки необходимого направления введения колебаний в зону резания и установление их оптимальной интенсивности использование вибрационного точения гарантирует стабильное дозированное стружкодробление, повышение производительности и улучшение условий труда, создаёт благоприятные возможности для автоматизации производства, а также возможность управления параметрами точности и качества обработанной поверхности.

Точность механической обработки при вибрационном точении определяется следующими группами факторов [1,2]. К первой группе относятся факторы, которые в одинаковой мере определяют её вне зависимости от того, осуществляется процесс резания с вибрациями или без них (погрешности, связанные с действием остаточных напряжений в материале заготовок и готовых деталей, а также неточности изготовления и установки инструмента, погрешности, связанные с установкой заготовки на станке и её деформациями при закреплении).

Ко второй группе относятся факторы, величина и характер изменения которых изменяются при резании с вибрациями, однако механизм воздействия их на точность обработки остаётся прежним. Сюда можно отнести погрешности обработки, вызываемые размерным износом инструмента, температурными и упругими деформациями упругой системы станка, а также погрешности, обусловленные геометрическими неточностями станка, приспособления и неточностями их настройки.

К третьей группе относятся специфические факторы, влияющие на точность обработки только при резании с вибрациями:

- погрешности, связанные с включением в динамическую систему станка нового элемента – возбудителя вибраций, а именно точность его изготовления и установки на станке, изменение упругих и динамических свойств системы, связанное с его установкой, точность задания направления и режимов вибраций;

- кинематические особенности резания с вибрациями, определяемые прежде всего соотношениями частоты задаваемых вибраций к числу оборотов заготовки f/n и соотношением амплитуды колебаний и подачи на оборот A/S_0 .

- специфические физические явления, связанные с вибрациями, и определяющие возникновение погрешностей (повышенная подвижность узлов станка под действием вибраций, приводящая к саморасклиниванию; демпфирование автоколебаний; периодичность явления наростообразования под действием вынужденных колебаний).

Обработка резанием существенно изменяет эксплуатационные свойства деталей за счет формирования определенного качества поверхностного слоя: волнистости, шероховатости, наклепа и остаточных напряжений [3]. Особенно это проявляется в процессе резания высокопластичных материалов при наличии вибраций технологической системы. Следовательно, обработка резанием должна рассматриваться не только как способ получения деталей определенной формы и размеров, но как эффективный способ управления эксплуатационными качествами деталей.

При обычном точении на черновых операциях шероховатость поверхности в первом приближении образуется как геометрический след рабочего движения резца относительно заготовки и определяется подачей и радиусом скругления режущей кромки. При чистовой обработке на шероховатость обработанной детали значительное влияние оказывают относительные колебания инструмента и заготовки в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности. При вибрационном точении, кроме этих факторов, большое значение имеет также кинематика движения, так как сложная траектория движения вершины инструмента развертывается на обработанной поверхности в виде шероховатостей различной высоты и направления. Поэтому наличие вибраций может приводить как к катастрофическому ухудшению макро- и микрогеометрии поверхности, так и сохранять ее почти неизменной или даже улучшать ее.

Важным показателем качества обработанной поверхности является наклеп, оказывающий значительное влияние на эксплуатационные характеристики деталей. 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 вглубь 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.

Вибрационное движение высокой частоты изменяет напряженное состояние в зоне резания. Знак остаточных напряжений, образующихся в поверхностном слое обработанной резанием детали, определяется знаком напряженного состояния этой поверхности в процессе резания. 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 [2,3].

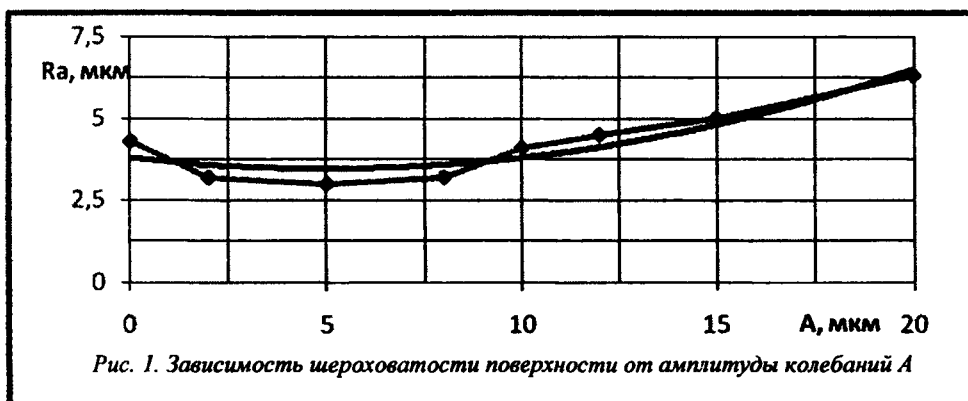
На этот процесс накладывается явление накатки – уплотнение материала самого верхнего слоя, которое происходит при обычном резании только под действием определенного радиуса скругления режущей кромки и контакта задней поверхности инструмента. Оно вызывает образование зоны сжимающих напряжений. Соотношение между размерами этих зон и действующими в них остаточными внутренними напряжениями определяется схемой обработки, режимами ее выполнения, а циклический характер взаимодействия обработанной поверхности с задней поверхностью инструмента при резании с вибрациями значительно повышает интенсивность этого явления прямо пропорционально частоте и амплитуде вибраций.

На кафедре «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета проводятся исследования по проектированию и разработке конструкций токарных инструментов вибрационного резания обладающих повышенной стойкостью, простых по конструкции и надежных в эксплуатации. В основу разработки положено использование акустических колебаний высокой частоты для повышения точности обработки и улучшения каче-

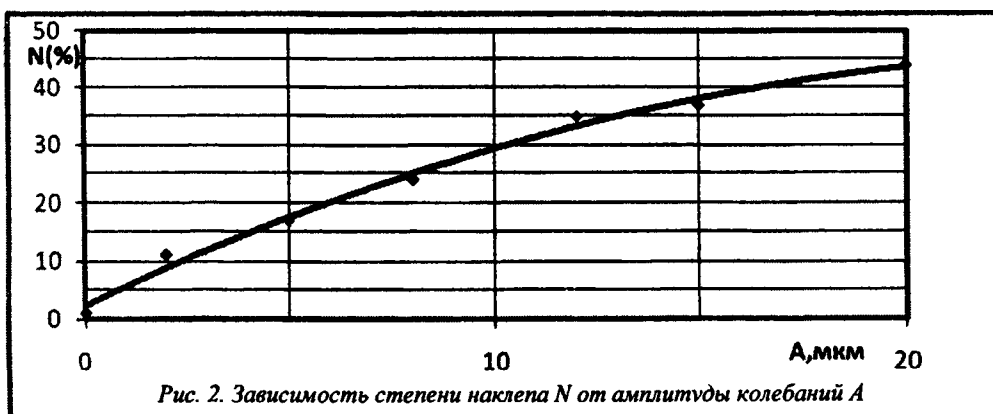
ства обработанной поверхности, а для управления формой и размерами образующейся стружки – ввод в зону резания направленных колебаний.

Испытания разработанных инструментов вибрационного точения проводились при обработке деталей из сталей марок 30, 40Х, 12Х18Н9Т на токарно-винторезном станке модели 16К20. В качестве инструмента использовались токарные резцы с материалом режущей части Т15К6, и следующими геометрическими параметрами: задний угол $\alpha=5^\circ$; передний угол $\gamma=-5^\circ$; главный угол в плане $\varphi=90^\circ$; радиус закругления режущей кромки $r=0,8$ мм. Обрабатывались заготовки диаметром 30-80 мм; длиной 400 - 600 мм, закрепленные в центрах при режимах резания: $t=0,5-2,5$ мм; $V=60-120$ м/мин; $S=0,05-0,35$ мм/об. В тех случаях, когда при обработке деталей обычными инструментами на принятых для данной технологической операции режимах резания возникала сливная стружка, и добиться ее дробления наиболее распространенными методами не удавалось, в резцедержатель станка устанавливались разработанные конструкции инструментов для вибрационного резания.

При этом контролировались диаметр и некруглость обработанных заготовок. Полученные данные сравнивались с точностью обработки, полученной на том же станке и при тех же режимах обработки, но без возбуждения направленных колебаний. В результате проведенных экспериментов установлено, что при продольном наружном точении с введением в зону резания направленных колебаний точность обработки повышается (изменение ожидаемого настроечного размера обрабатываемой поверхности уменьшается по диаметру с 0,06 – 0,08 мм при обычном резании до 0,03-0,05 мм); некруглость снижается на 0,004-0,006 мм, причем зависимость некруглости от амплитуды задаваемых колебаний имеет нелинейный характер.



Высоту микронеровностей поверхности определяли при обработке заготовок из стали 12Х18Н9Т с постоянной глубиной резания $t=1,0$ мм, подачей $S=0,15$ мм/об. С помощью профилографа-профилометра определяли параметр R_a . Как видно из графика (рис.1), повышение амплитуды колебаний вызывает ухудшение параметров шероховатости. Однако, при возбуждении направленных колебаний с амплитудами $A=2-10$ мкм шероховатость поверхности несколько уменьшается по сравнению с обычным резанием. Установлено также, что если скорость резания превышает некоторое значение, то при дальнейшем ее увеличении шероховатость поверхности значительно ухудшается.

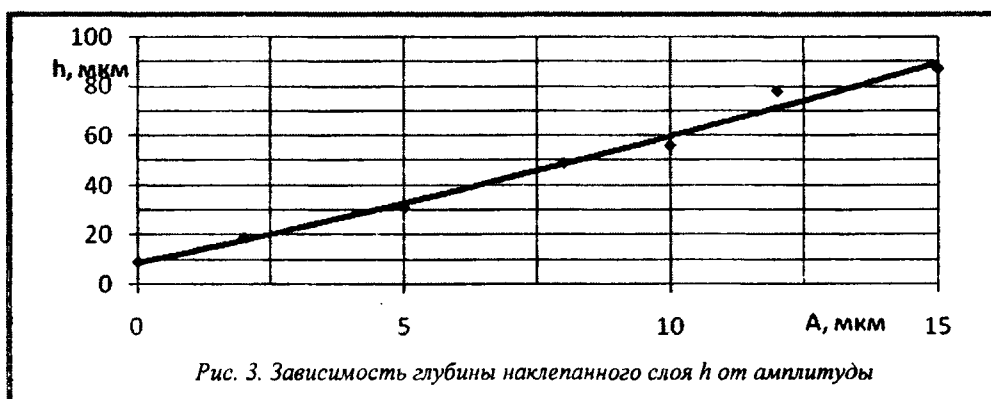


Исследование глубины и степени наклепа поверхностного слоя в зависимости от амплитуды направленных колебаний проводились при точении заготовок из стали 12Х18Н9Т. Режимы резания: $S=0,08$ мм/об; $V=60-80$ м/мин; $t=1$ мм. Определение глубины наклепа проводили по методу косых срезов (угол среза $\alpha_k=1^\circ30'$). Микротвердость измеряли с помощью прибора ПМТ-3 при увеличении $500\times$ с нагрузкой 1Н. Степень наклепа рассчитывали по формуле:

$$N = \frac{HM' - HM}{HM} 100,$$

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]. Вводимые в зону резания колебания с частотой $f=18-22$ кГц и амплитудой $A \leq 20$ мкм приводят к увеличению степени наклепа до 30% (рис.2) и глубины наклепа (рис.3).



Таким образом, 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. Образование в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений значительно увеличивают ресурс деталей, работающих при знакопеременных нагрузках.

Проведенные исследования показали, что посредством варьирования интенсивностью направленных колебаний создается возможность управления параметрами точности и качества обрабатываемых поверхностей при вибрационном точении высокопластичных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подураев, В.Н. Обработка резанием с вибрациями. - М.: Машиностроение, 1970. - 352 с.
2. Кумабэ, Д. Вибрационное резание: Пер. с яп. С. Л. Масленникова / Под ред. Портнова И. И., Белова В. В. - М.: Машиностроение, 1985. - 424 с.
3. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. - Л.: Машиностроение, 1986. - 184 с.