

бидов и карбонитридов титана, циркония, молибдена; оксида алюминия (Al_2O_3); композиционных покрытий на основе нитридов алюминия, титана, циркония, молибдена ((Ti AL)N; (Mo AL)N и т.п.

Эти покрытия обеспечивают повышение стойкости инструментов из инструментальной, быстрорежущей стали и твердых сплавов в 2-3 раза по сравнению с традиционными покрытиями при скоростях обработки, достигающих 10 м/сек.

В связи с развитием деревянного домостроения перспективно и направление создания новых видов дереворежущего инструмента, обеспечивающего получение качественных изделий из дерева и слоистых материалов. Разработаны специальные сборные твердосплавные инструменты (концевые, дисковые, торцовые фрезы) для обработки строительных деталей (дверей, окон и т.д.), а также фасадов мебели, позволяющие значительно повысить производительность и качество обработки изделий, а также фрезы, оснащенные алмазными пластинами для обработки торцевых поверхностей древесных плит, обеспечивающие при очень высокой производительности резания также высокое качество обрабатываемой поверхности.

Разработана технология, оптимизированы профили изделий и разработаны инструменты для сращивания по ширине большеформатной фанеры.

Наряду с созданием новых инструментов ВНИИИНСТРУМЕНТ проводит работы в области стандартизации инструмента, в т.ч. по гармонизации отечественных и "мировых" стандартов на инструмент. Институт располагает фондом ГОСТ, ГОСТ Р, СТО, ТУ на все виды режущего инструмента. В настоящее время институтом разрабатывается Технический регламент в ранге проекта Закона РФ «О требованиях к безопасности металлорежущего, деревообрабатывающего, алмазного, абразивного и слесарно-монтажного инструмента».

Значительным сегментом в сфере деятельности института является комплексная поставка под «ключ» технологических процессов металло- и деревообработки, инструментов всех видов, оснастки, обеспечение их рациональной эксплуатации у потребителей и сервисное обслуживание. Среди крупных партнеров института, для которых разрабатывается и комплексно поставляется инструмент различного назначения такие предприятия, как АвтоВАЗ, ФГУП им. Хруничева, ФГУП "Салют", Иркутское авиационное ПО и другие крупные предприятия.

Виброконтроль станочного оборудования и технологических процессов обработки металлов

к.ф-м.н., доц. Бражкин Ю.А.
МГТУ «МАМИ»

Исследована зависимость спектра виброакустических колебаний, возникающих в зоне резания на примере зубопротяжного инструмента от износа кромки резцов. На основе анализа спектра колебаний разработана методика и создано устройство контроля работы станочного оборудования. В устройстве производится частотная и корреляционная обработка сигнала с вибродатчика, закрепленного в месте расположения обрабатываемой детали. Увеличение износа резцов приводит к повышению аналогового выходного напряжения устройства контроля. Проведены испытания и контроль износа инструмента на действующем станочном оборудовании. Устройство фиксировало величину износа передней кромки резцов. Показания устройства и визуальное определение ширины передней кромки резца находились в хорошем соответствии.

В процессе обработки металлических заготовок на станках режущий инструмент изнашивается. Износ приводит к увеличению силы резания, повышается температура в зоне обработки детали, увеличивается высокочастотная составляющая в спектре виброакустических колебаний станка. Резание сопровождается нарушением поверхностного слоя металла. В месте обработки возникает трение режущей кромки инструмента о стружку и деталь, происходит упругое и пластическое деформирование материала. Обработка сопровождается сово-

купностью явлений зарождения, развития и слияния микротрещин [1].

По мере увеличения износа устойчиво наблюдается рост энергии излучения в высокочастотной области, сопровождаемый характерным «визгом и скрипом» инструмента. Поэтому при использовании виброакустического метода контроля износа инструмента применительно к круговому протягиванию необходимо иметь данные о характере вибраций зубопротяжного станка.

С этой целью проведены запись и анализ вибраций зубопротяжного станка 5С269 производства Саратовского завода тяжелых зуборезных станков. Для отработки методики определения износа с помощью технического средства определения износа (ТСОИ) и набора статистических данных процесс резания на станке 5С269 сводился к обработке зубчатых венцов из стали 30ХГСА твердостью HRC 32-35 с шириной венца 24 мм, модулем – 3 мм. Запись виброакустических сигналов резания производилась при увеличении износа режущих зубьев протяжки от 0,1 мм до 0,8 мм.

На рис. 1 приведены характерные спектры вибраций станка 5С269, получаемые с вибродатчика, расположенного в месте крепления заготовки. Запись вибраций производилась при работающем станке и увеличении ширины полосы износа одного из зубьев протяжки от 0,1 мм (сплошная линия) до 0,8 мм (пунктирная линия). Из анализа спектра виброакустических сигналов резания видно, что, несмотря на случайный характер спектра, сохраняется средняя или общая мощность виброизлучения в низкочастотной (НЧ) части спектра до 4 кГц, в которой уровень вибраций более устойчив. Вибрации в НЧ части спектра обусловлены, в основном, работой станочного оборудования. При увеличении износа инструмента растет уровень вибраций в высокочастотной (ВЧ) части спектра выше 4-5 кГц. Эти вибрации связаны с процессом металлообработки и возникают в зоне резания.

Полученные в ходе исследований результаты явились основой для разработки ТСОИ многолезвийного инструмента в процессе резания [2]. Принцип работы ТСОИ основывается на сравнении уровней виброакустических сигналов в ВЧ и НЧ областях спектра. Виброакустический сигнал, возникающий в зоне резания, принимается вибродатчиком. В разработанном устройстве производится спектральная обработка сигнала, поступающего с вибродатчика, и вырабатывается аналоговый сигнал, пропорциональный износу реза.

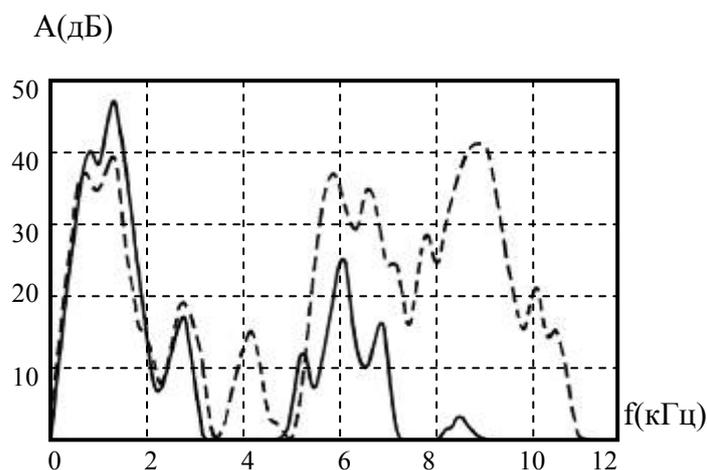


Рис. 1.

Экспериментальная отработка метода виброакустического контроля была проведена на Московском комбинате твёрдых сплавов. На комбинате изготавливаются твердосплавные накладки к инструменту, работающему в режиме ударного резания. При таких испытаниях визуально с помощью измерительного микроскопа контролировалась величина износа по задней кромке (ширина кромки) режущей пластины из твёрдого сплава по мере обработки вращающейся цилиндрической чугуновой заготовки в режиме ударного резания. При такой проверке на испытательном стенде периодически (циклически) прерывался режим резания, и с помощью микроскопа определялась ширина полосы износа по задней кромке. В месте

крепления резца устанавливался вибродатчик, к которому подключалось устройство ТСОИ.

В процессе испытаний определялось соответствие результатов визуальных измерений в миллиметрах и показаний разработанного ТСОИ в Вольтах, записываемых с помощью самописца (рис. 2). Практически эти показания полностью соответствовали данным визуальных измерений, но прибор работал автоматически и не требовал остановки станка.

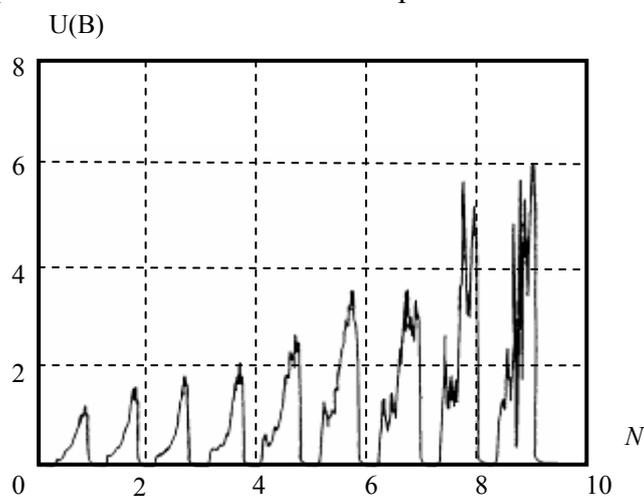


Рис. 2.

На рис. 2 второму циклу обработки ($N = 2$) соответствовала ширина полосы износа резца по задней кромке – 0,22 мм, четвёртому циклу ($N = 4$) – 0,30 мм, шестому циклу ($N = 6$) – 0,40 мм, восьмому ($N = 8$) – 0,5 мм, девятому ($N = 9$) – 0,55 мм.

Подобное соответствие данных измерений является обоснованием использования разработанного устройства для применения на металлорежущих станках, работающих в режиме ударного резания. Несмотря на сложный характер процесса обработки и нестационарный сигнал, возникающий в зоне резания, показания устройства контроля достаточно точно соответствовали величине износа режущих пластин. Данный метод контроля инструмента в процессе резания может быть использован как в ходе лабораторных исследований, так и при контроле в цеховых условиях.

Метод спектрального контроля по виброакустическому сигналу оказался особенно удобным для зуборезных станков, работающих сложным фасонным инструментом (круговыми протяжками).

Дальнейшие испытания на станках модели 726 “Глисон” (США) подтвердили возможности устройства виброакустической диагностики для контроля процессов зубонарезания на действующем оборудовании [3]. Изучались возможности использования ТСОИ для контроля отклонения твёрдости материала от допустимых значений, влияния смазочно-охлаждающей жидкости на уровень виброакустических сигналов, состояния технологической зажимной оснастки, контроля выкрашивания и повышенного износа режущих кромок протяжки.

На рис. 3 представлены аналоговые сигналы с выхода ТСОИ, характеризующие износ инструмента. Анализируется износ резцов зубопротяжного инструмента станка модели 726 “Глисон” при обработке шестерён дифференциала коробки передач легкового автомобиля. Здесь: N – число обработанных деталей (число циклов обработки), U (В) – показания прибора в Вольтах, пропорциональные износу инструмента. Из графика видно, что по мере увеличения числа обработанных деталей от $N = 0$ – 10 штук до $N = 800$ – 810 штук аналоговое напряжение на выходе устройства контроля износа увеличивается. Таким образом, осуществляется контроль инструмента в процессе резания.

Твёрдость обрабатываемых деталей также существенно влияет на процесс зубопротягивания, оказывая непосредственное воздействие на динамику износа режущих зубьев инструмента. На практике осуществить контроль твёрдости на глубине детали, где осуществляется съём материала режущими зубьями протяжного инструмента, не представляется возможным. Твёрдость и микроструктура материала обрабатываемой детали может изменяться даже

в пределах одной детали («пятнистая твёрдость»). Указанные факторы по характеру их проявления являются случайными, но в отдельных случаях проявляется их доминирующее воздействие на процесс зубопротягивания. В таких случаях возникает ситуация повышенной динамики износа инструмента, переходящая в стадию катастрофического износа режущих кромок инструмента. Поэтому в процессе зубопротягивания необходимо иметь информацию о характере протекания процесса обработки детали с учётом твёрдости материала и износа режущих кромок инструмента.

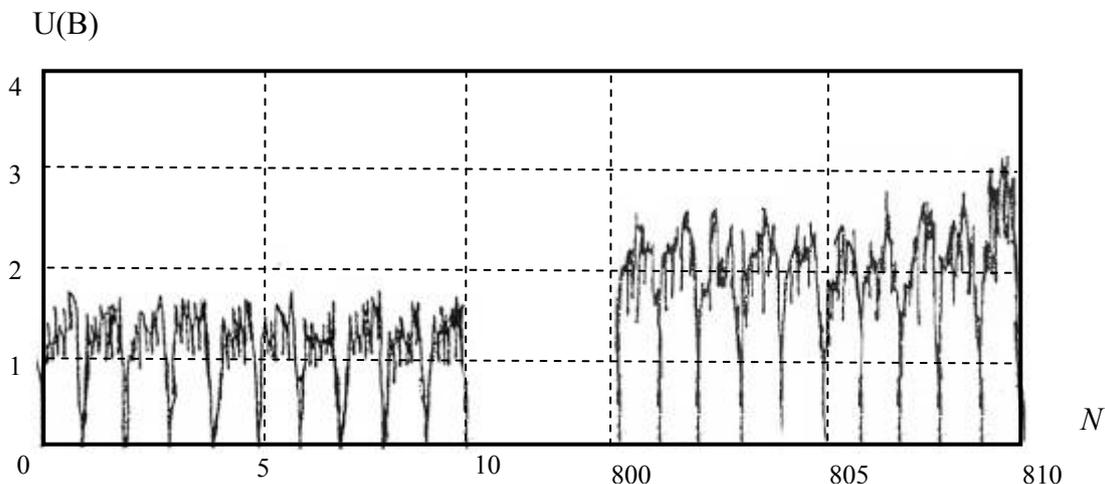


Рис. 3.

На машиностроительных предприятиях используется значительный парк зуборезных станков для нарезания методом зубопротягивания конических колёс с криволинейным зубом, в том числе и станки моделей 17, 27 фирмы «Эрликон» (Швейцария).

На станках этого типа проведён контроль обрабатываемости деталей в процессе их изготовления [4]. С помощью самописца регистрировались показания ТСОИ. На рис. 4 демонстрируются показания устройства в процессе работы станка. По горизонтальной оси отложено число обработанных деталей N . Видно, что в процессе работы показания прибора увеличиваются. Увеличение показаний ТСОИ является признаком ухудшения обрабатываемости материала или износа инструмента. Доминирующее воздействие каждого из этих факторов может быть определено в процессе адаптации устройства к условиям зубопротягивания на конкретном типе оборудования и инструмента. Это позволяет в процессе зубопротягивания контролировать обрабатываемость материала деталей, прогнозировать стойкость режущего инструмента и производительность оборудования.

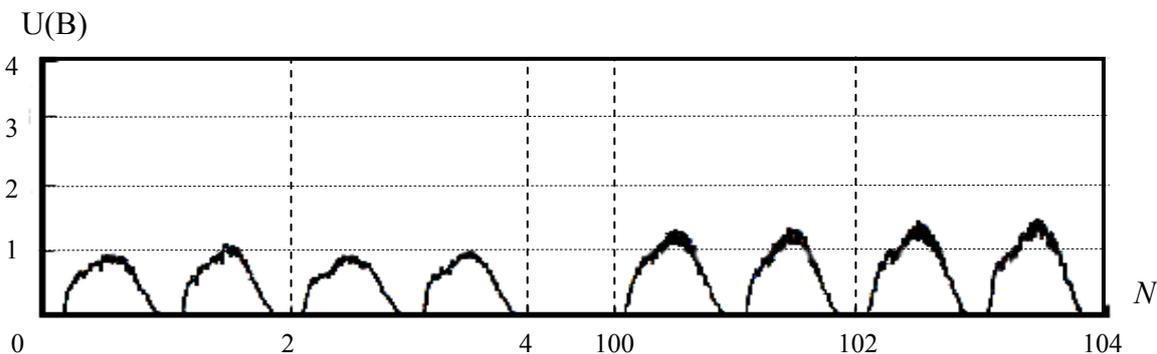


Рис. 4.

Доминирующее воздействие каждого из этих факторов может быть определено в процессе адаптации устройства к условиям зубопротягивания на конкретном типе оборудования и инструмента.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 06-02-16658-а.

Выводы

Разработанное и прошедшее испытания ТСОИ на действующем оборудовании может

быть использовано для автоматического контроля износа режущего инструмента на металлообрабатывающих станках, работающих в режиме ударного резания, в частности на зуборезных станках. Устройство контроля позволяет предотвратить катастрофический износ зубопротяжного инструмента, контролировать процесс зубонарезания и при необходимости остановить процесс обработки. Применение устройства повышает надёжность и качество информации о состоянии станочного цехового оборудования [5]. Включение устройства в общецеховую систему дистанционного контроля станков даёт возможность оператору следить за технологическими процессами в реальном времени.

Литература

1. В.Н.Подураев. Резание труднообрабатываемых материалов. М.: Высшая школа, 1974. 587 с.
2. Ю.А.Бражкин, А.М.Васильев, А.Н.Иванников, Н.В.Терехов. Устройство для контроля износа режущего многолезвийного инструмента. Авторское свидетельство СССР № 1.509 187, Кл. В 23 В 25/06, 21.01.87. // Бюллетень №35, 23.09.89.
3. Н.В.Терехов, Ю.А.Бражкин, Е.П.Гавриков. Вибродиагностика нарезания зубчатых колёс. // Автомобильная промышленность. 1994. №5. С.25-26.
4. Н.В.Терехов, Ю.А.Бражкин. Контроль обрабатываемости деталей при зубопротягивании в машиностроении. // Тез. Российской (с международным участием) конференции “Неразрушающий контроль в науке и индустрии-94”. М.: 1994. С.110-111.
5. Ю.А.Бражкин. Акустический контроль металлорежущего инструмента на зуборезных станках. // Материалы Международной конференции и Российской научной школы “Системные проблемы надёжности, качества информационных и электронных технологий”. Ч.2. Москва, 2004. С.76-77.

Компьютерное моделирование метода роботизированной сборки на основе пассивной адаптации с использованием виброколебаний

д.т.н., проф. Вартанов М.В., д.т.н., проф. Божкова Л.В., Кольчугин Е.И.
МГТУ «МАМИ»

В статье приводятся результаты моделирования процесса сборки цилиндрических деталей на основе низкочастотных колебаний виброопоры с базовой деталью и упругого закрепления устанавливаемой детали. С использованием разработанного программного комплекса определено влияние технологических режимов и конструктивных параметров схвата, в частности жесткости закрепления детали.

Роботизированная сборка (РС) – относительно молодое направление технологии машиностроения. Несмотря на это, к настоящему времени разработано достаточно много различных методов РС, призванных повысить производительность и качество сборки, расширить ее технологические возможности, упростить и удешевить оборудование.

Для выполнения соединений с помощью промышленных роботов, имеющих большую погрешность позиционирования, применяют активную и пассивную адаптацию. Методы активной адаптации предполагают устранение ошибки за счет силовой обратной связи. При этом необходимая оснастка является весьма дорогостоящей. Кроме того, активную адаптацию трудно применять для тяжелых деталей. Методы пассивной адаптации предполагают наличие элементов направленной жесткости, деформация которых приводит к возникновению упругих сил, компенсирующих погрешность взаимной ориентации собираемых деталей. Вследствие этого оборудование на основе пассивной адаптации легко переналаживается, может применяться для массивных деталей и значительно дешевле.

Нами предложен метод роботизированной сборки цилиндрических соединений типа «вал–втулка» с применением пассивной адаптации и вибрационных колебаний. Мы предполагаем, что виброколебания базовой детали помимо обеспечения направленного совмещения центров масс деталей позволят исключить влияние взаимного перекоса на процесс сопряжения, т.к. это чаще всего приводит к заклиниванию деталей.

Поставленной задаче соответствует следующая кинематическая схема процесса сборки