

Таким образом, спектральный анализ кинематической погрешности позволяет разделять погрешности деталей и оценивать состояние элементов зацепления. На этой основе появляется возможность адаптивного управления параметрами технологического процесса изготовления передач с целью обеспечения наименьших значений их кинематической погрешности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по производственному контролю в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1974. – 676 с. 2. Ионак В.Ф. Приборы кинематического контроля. – М.: Машиностроение, 1981. – 128 с. 3. Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б., Кузьмин В.И. Прогнозирование количественных характеристик процессов. – М.: Сов. радио, 1975. – 400 с.

УДК 621.9

Е. Э. Фельдштейн

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В КОНТРОЛЕ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ОБОРУДОВАНИИ

*Политехника Зеленогурска
Зелена Гура, Польша*

Высокая стоимость современного машиностроительного производства способствует широкому использованию безлюдных технологий. Одним из факторов, определяющих дальнейшее развитие таких технологий, является автоматический контроль режущих инструментов с точки зрения возможности их дальнейшей работы. В настоящее время используются следующие виды контроля [1]:

- выключение (наиболее простой и радикальный способ);
- изменение управляющей программы (на станках с ЧПУ);
- коррекционные перемещения инструмента;
- замена работающей вершины инструмента;
- изменение подачи или частоты вращения шпинделя (на станках с адаптивным управлением);
- замена заготовки, непригодной для обработки.

Наиболее эластичным направлением в контроле режущих инструментов является их мониторинг (непрерывный контроль). При этом обеспечивается диагностика состояния инструмента (износ, в том числе катастрофический, предельная стойкость), формирования стружки, возникновения колебаний и т.д. Возмож-

ны такие варианты мониторинга, как сравнение уровня сигнала, воспринимаемого датчиком, с заранее заданным «пороговым» значением, а также раздельное слежение за текущим значением сигнала об износе инструмента и сигналом о катастрофическом износе [1].

Препятствия широкому промышленному использованию мониторинга связаны:

а) с отсутствием датчиков или систем датчиков, удовлетворяющих требованиям контролирующих систем;

б) со сложностью или невозможностью использования непосредственно на производстве примененных в исследованиях датчиков, поскольку они не выдерживают воздействия высоких температур, СОЖ, а также циклических контактов со стружкой;

в) с тем, что большинство исследований выполняется путем кратковременных испытаний, а не в реальных условиях обработки;

г) с отсутствием специализированных интерфейсов между измерительной системой и системой ЧПУ и соответствующего программного обеспечения.

Диагностика возможна как непосредственно в процессе резания, так и после его окончания (табл. 1).

Таблица 1

Классификация способов диагностики состояния режущего инструмента

Объект контроля	Контролируемый параметр
Режущий инструмент	Ширина площадки износа; вибрации; температура; остаточная радиоактивность; расстояние от вершины режущего инструмента до постоянной базы
Обрабатываемая деталь	Размеры; шероховатость обработанной поверхности; температура
Стружка	Форма; направление схода; температура; радиоактивность
Взаимодействие инструмента со стружкой и деталью	Положение инструмента относительно детали; длительность цикла обработки; силы резания; мощность резания; вибрации; акустическая эмиссия; ЭДС в зоне резания; электрическое сопротивление зоны контакта инструмент–деталь

Все методы диагностики состояния режущего инструмента можно условно разделить на методы прямого и косвенного контроля [1, 2]. К первой группе относятся:

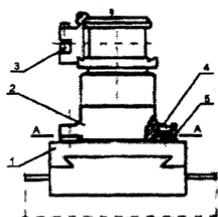
- оптические и оптоэлектрические, основанные на анализе изображения изношенной поверхности инструмента;

- контактные, основанные на применении измерительных зондов, используемых на ГПМ для контроля обработанной детали;
- индуктивные, аналогичные контактному, но использующие электромагнитные преобразователи (наиболее широко применяются для контроля поломок стержневых инструментов);
- радиационные, основанные на анализе интенсивности теплового излучения с изношенной поверхности инструмента.

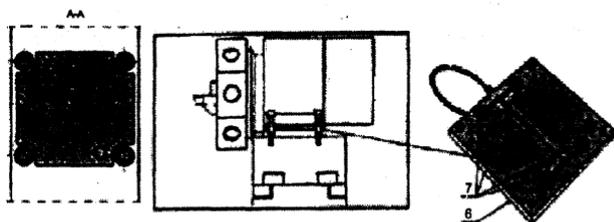
Ко второй группе относятся методы, базирующиеся на измерении:

- сил резания;
- акустической эмиссии;
- колебаний в зоне резания;
- мощности приводов главного движения и движения подачи.

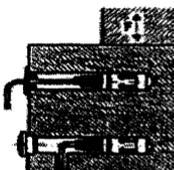
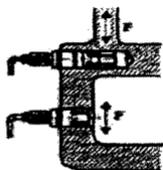
а)



б)



в)



г)

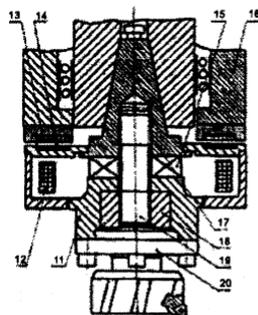


Рис. 1. Схемы измерения сил резания с помощью тензометрических (а) и пьезоэлектрических (б) датчиков, установленных под револьверной головкой; датчиков типа "штифт", установленных внутри и вне корпусных деталей станка (в); шпиндельной оправки (г): 1 – салазки; 2 – основание револьверной головки; 3 – резец; 4 – винт; 5 – разрезное кольцо с наклеенными тензодатчиками; 6 – плита; 7 – пьезоподкладки; 8 – измерительное устройство; 9 – пьезоэлектрический датчик; 10 – разжимная цанга; 11 – корпус; 12 – усилитель тока; 13 – антенна приемная; 14 – передающая; 15 – пьезоэлектрический преобразователь; 16 – шпиндель; 17 – хвостовик оправки; 18 – гайка; 19 – штилька; 20 – переходник для крепления инструмента.

В настоящее время наиболее широко для мониторинга используются способы, относящиеся ко второй группе. Так, согласно данным рабочей группы Международного института промышленных исследований (CIRP), за последние годы контролю акустической эмиссии посвящено 73 работы, сил и мощности резания – 59, колебаний – 14, температур и внешнего облика инструмента – 6. При этом в 83 работах анализировался текущий износ инструмента, в 39 – катастрофический износ и поломки, в 19 – стружкообразование и в 11 – колебания [3].

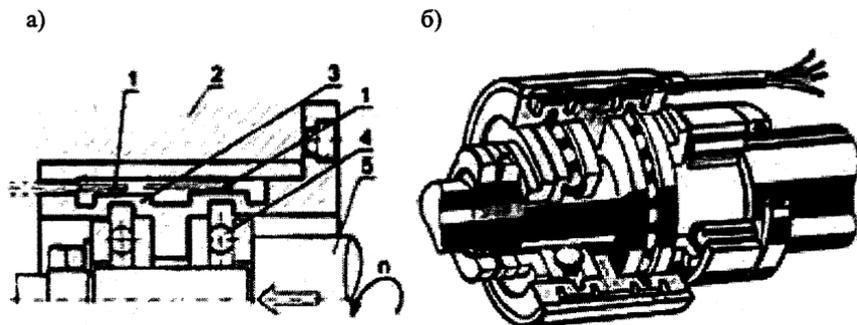


Рис. 2. Схемы измерения сил резания с помощью тензометрических датчиков, вмонтированных в шпиндельный узел (а) и шарико-винтовую пару (б): 1 – датчики; 2 – корпус; 3 – упругая втулка; 4 – подшипник; 5 – тяга зажимного устройства.

В ходе ряда исследований [1] установлено, что:

- выкрашиванию режущих кромок инструмента сопутствуют скачкообразные изменения осевой и радиальной сил резания;
- скалыванию режущего лезвия сопутствует внезапное возрастание, а затем падение силы резания;
- в обоих случаях силы резания остаются на новом уровне в течение одного оборота заготовки.

Это позволяет получать достаточно достоверную информацию о состоянии режущего инструмента путем мониторинга сил резания. В качестве датчиков используются тензометрические, пьезокварцевые, индуктивные, магнитострикционные. При этом к ним предъявляются следующие требования:

- низкая чувствительность к помехам, вызванным повышением температуры и колебаниями;
- возможность установки датчика на станке без ограничений технологических возможностей последнего;
- отсутствие воздействий на статическую и динамическую жесткость узлов станка;
- высокая надежность работы, в том числе и в условиях критических нагрузок;

• простота и легкость установки датчика на станке, не требующая конструктивных изменений в последнем;

• возможность покупки (серийное изготовление фирмой-производителем).

Датчики могут крепиться непосредственно к инструментам [4], встраиваться в шарико-винтовые пары [5–7], револьверные головки [5, 8, 9], оправки [10, 11], а также крепиться к корпусным деталям станка (снаружи или внутри) [12, 13]. В настоящее время ведущие фирмы-изготовители режущих инструментов приступили к выпуску динамометрических оправок с конусностью 7:24 для крепления режущих инструментов в шпинделях многоцелевых станков и ГПМ [10, 11]. Примеры использования датчиков силы показаны на рис. 1, 2.

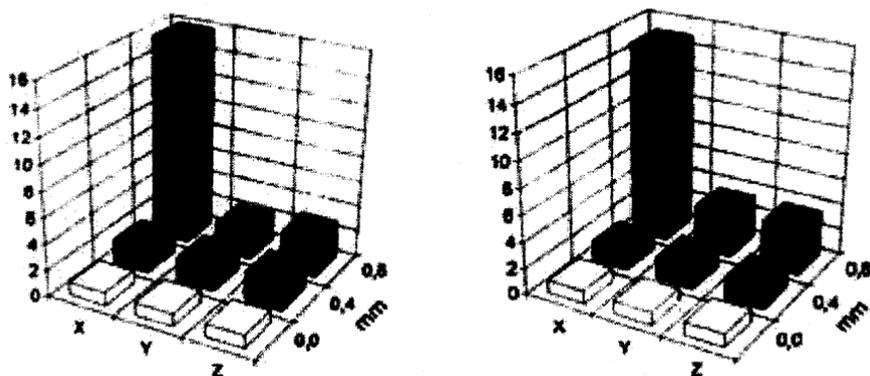


Рис. 3. Зависимость относительной амплитуды колебаний от их направления (X, Y, Z) и износа реза: а – $v = 90$ м/мин.; б – $v = 120$ м/мин.; $f = 7200$ Гц.

Вторым по перспективности направлением мониторинга режущих инструментов является использование акустической эмиссии. Под акустической эмиссией понимают возникновение упругих волн, генерированных в результате высвобождения внутренней энергии материала вследствие его деформаций, разрушения и фазовых превращений. Источниками акустической эмиссии в процессе резания могут быть срез и пластическая деформация обрабатываемого материала, образование микротрещин в обрабатываемом и инструментальном материалах, трение между поверхностями детали, инструмента и стружки, а также ломание стружки и ее удары о деталь [1]. Исследованный диапазон частот акустической эмиссии лежит в пределах 50 кГц...2 МГц, что значительно выше частот авто- и звуковых колебаний. Учитывая, что качество фиксации сигнала в значительной степени зависит от регистрирующей аппаратуры и положения

датчиков, современные исследования акустической эмиссии следует рассматривать скорее как качественные, а не количественные.

Среди датчиков акустической эмиссии представляют интерес пленочные, находящиеся непосредственно под режущей пластиной инструмента, а также воспринимающие сигнал от потока СОЖ.

Механические и звуковые колебания технической системы также широко используются для анализа состояния инструмента, поскольку, с одной стороны, износ значительно влияет на картину колебаний, с другой – колебания легко зафиксировать с помощью, например, широко доступных датчиков ускорений. При этом рассмотрены разные частоты (от 500 до 11000 Гц) и направления колебаний. Установлено [1], что наиболее интенсивно износ инструмента влияет на колебания в направлении подачи, причем для анализа лучше использовать не абсолютные, а относительные (отношение текущей амплитуды колебаний к амплитуде колебаний при работе инструментом, не имеющим износа) значения амплитуд (рис. 3). Кроме того, все полученные результаты применимы только для конкретных сочетаний элементов режима резания, а значит, для обработки конкретных деталей.

Окончательная диагностика состояния режущего инструмента проводится компьютером на основе, например, метода нейронных сетей [1] в ходе комплексного анализа информации. Такие сети должны обеспечивать:

- способность к самообучению путем использования соответствующих механизмов поиска и кодирования информации;
- приспособление ко вновь возникшей информации;
- саморганизацию для создания оптимальных связей между входными и выходными параметрами;
- формирование новых знаний о явлениях, сопутствующих исследуемому;
- высокую скорость расчетов.

Несмотря на значительную стоимость, использование мониторинга режущих инструментов позволяет обеспечить высокую надежность работы современного технологического оборудования, повысить качество обработки, снизить финансовые затраты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adamczyk Z., Jemielniak K., Kosmol J., Sokołowski A. Monitorowanie ostrza skrawającego / Pod red. J.Kosmola. – Warszawa: FNKT, 1996. – 244 s. 2. Палей С.М. Состояние и тенденции развития способов прогнозирования периода стойкости лезвийного режущего инструмента. – М.: ВНИИТЭМР, 1985. – 44 с. 3. Dornfel D. Future Directions for Intelligent Sensors. Proc. Third Meeting of the CIRP Working Group on TCM. – Paris, 1994. – P. 52–57. 4. Адаптивное управление станками / Под ред. Б.С.Балакшина. – М.: Машиностроение, 1973. – 688 с. 5. Kosmol J. Automatyzacja obróbiarek i obróbki skrawaniem. – Warszawa: WNT, 1995. – 412 S. 6. Mess-system für die Produktionstechnik. Проспект фирмы «Promess». 7. Tool Monitoring System –

Vorschubkraftsensor. Проспект фирмы «Sangwik Coromant». 8. Tool Monitoring System. Multi-channel Tool Monitor Unit. C – 342TMS. Проспект фирмы «Sangwik Coromant». – 1984. 9. Tool Monitoring System. Проспект фирмы «Prometec GmbH». – Aachen, 1985. 10. Tool Monitoring System. IntelliTool. Schnittkraftüberwachung in Werkzeughalter. C – 342TMS. Проспект фирмы «Sangwik Coromant». 11. Stimiman J. Rotating Cutting Force Dynamometr. Проспект фирмы «Kistler Instrumente AG». 12. Kraftsensoren zur Werkzeug und Prozessüberwachung. Проспект фирмы «Prometec GmbH». 13. TMS – PMS: Werkzeug- und Prozessüberwachungssysteme zur Erkennung von: Werkzeugbruch, Werkzeugverschleiss, Maschinenkollisionen. Проспект фирмы «Prometec GmbH».

УДК 621.83.065

И. П. Филонов, Е. Б. Вериго

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И ПОЗИЦИОННОЙ ПОВТОРЯЕМОСТИ СБОРОЧНОГО ЦЕНТРА С ШАГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

*Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь*

Шаговый электропривод широко используется в автоматизированных сборочных центрах, измерительных машинах, установках для лазерной обработки материалов и др. Линейный шаговый привод является наиболее приспособленным к прямому цифровому управлению. Дополнительным преимуществом шагового электропривода является использование азростатических опор. Такие опоры позволяют проектировать автоматизированные системы без кинематических преобразователей движения, что снижает энергетические потери на трение и повышает надежность системы.

Точность позиционирования и позиционная повторяемость рабочего органа автоматизированного сборочного центра являются основными при организации автоматизированной сборки, поскольку они в значительной степени определяют собираемость сборочных комплектов и тем самым позволяют моделировать неопределенность результата сборочного процесса. Нами были проведены экспериментальные исследования точности позиционирования и позиционной повторяемости транспортирующей координаты Y сборочного центра СБ-001 по сборке роторов шаговых двигателей на базе линейного шагового электропривода.

Точность позиционирования определяется разностью между заданным и средним значением фактического положения рабочей точки манипулятора при повторных выходах в заданную позицию в соответствии с требованиями стандарта ISO/DIS 9283. Основные положения данного стандарта заключаются в следующем: