

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ И ПАСПОРТИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СТАНКА НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕГО ДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА

Игнатъев А.А., Добряков В.А., Игнатъев С.А.

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г.Саратов*

Ключевые слова: технологическая надежность, динамическое качество, металлорежущие станки, виброакустические колебания, автокорреляционная функция, интегральные оценки, система мониторинга технологического процесса, паспорт динамического качества станка.

Аннотация. Рассматриваются вопросы выбора рационального режима резания и паспортизации высокоточных станков на основе анализа виброакустических колебаний.

Сохранение во времени точностных показателей МРС определяет его технологическую (параметрическую) надежность, которая рассчитывается и закладывается в конструкцию станка на этапе проектирования, обеспечивается на этапе его изготовления и поддерживается на этапе эксплуатации [1,2].

В приложении к высокоточным МРС решение всех этих вопросов возможно только на основе системного подхода, который означает согласованный выбор альтернатив между современными конструкторскими решениями, технологическими возможностями и ценой; уровнем автоматизации, сложностью системы управления и программного обеспечения и надежностью функционирования МРС; гибкостью, точностью и производительностью, причем качество обработки рассматривается как целевая функция и ей подчинены все остальные характеристики станка.

Применение новых моделей станков, использование новых инструментальных материалов, и материалов заготовок, а также несовершенство методик расчета режимов приводят к тому, что в производственных условиях значения параметров режима обработки чаще всего занижаются, так чтобы гарантировать заданные значения параметров качества обработки. Указанное снижает эффективность эксплуатации МРС.

Одним из направлений обеспечения технологической надежности МРС является управление параметрами режима резания на основе информации о реальном протекании процесса обработки, получаемой при измерении тех или иных параметров технологической системы, что позволяет скорректировать или даже оптимизировать процесс резания по выбранному критерию [3,4].

Значительная информация о динамическом качестве станка, в том числе в процессе резания, содержится в виброакустических (ВА) колебаниях, зарегистрированных на элементах динамической системы МРС и оказывающих существенное влияние на качество обработки [2]. Фундаментальные исследования по анализу ВА колебаний в станках были выполнены в работе [5], причем в ней широко использовались понятия теории автоматического управления, в частности, передаточная функция и устойчивость динамической системы.

Дальнейшее развитие данного направления в динамике станков получило в СГТУ имени Гагарина Ю.А., где были выполнены исследования токарных и шлифовальных МРС [2], целью которых было выявление корреляционной связи между предложенными функционалами от зарегистрированных при резании ВА колебаний и качеством обработки (рисунок). Варьирование значениями параметров режима резания позволило обосновать целесообразный с точки зрения эффективности режим резания.

Из изложенного следует, что процесс обработки рассматривается как объект управления, основной целью которого является обеспечение технологической надежности станка. Для достижения поставленной цели реализуется разработанная и апробированная методика, включающая ряд этапов.

Этап 1. Поисковые исследования станка (обучающие эксперименты), в ходе которых устанавливаются точки контроля ВА колебаний, диапазон их изменения при варьировании параметрами режима резания, а также оценивается степень связи предложенных функционалов с качеством обработки.

Этап 2. Моделирование динамической системы станка, позволяющее обосновать связь изменения функционалов или других характеристик ВА колебаний с изменением динамического состояния МРС. Формирование критерия, на основе которого осуществляется управление динамическим качеством станка.

Этап 3. Контрольные эксперименты на МРС, в ходе которых окончательно обосновывается применимость предложенного критерия для назначения режима резания.

Этап 4. Разработка практических рекомендаций по использованию предложенного критерия для обоснованного назначения режима резания и апробация его в производственных условиях на станках различных моделей.

На основе результатов многолетних исследований в СГТУ имени Гагарина Ю.А. для оценки динамического качества токарных и шлифовальных МРС были апробированы функционалы в виде интегральных оценок спектральной плотности мощности (СПМ) и автокорреляционных функций АКФ ВА колебаний, а также запаса устойчивости динамической системы станка, вычисляемый в результате обработки ВА колебаний [2]. Критерием оценки целесообразного режима резания служат либо минимальные значения интегральных оценок СПМ и АКФ либо максимум запаса устойчивости, причем показатели качества обработки соответствуют заданным.

В процессе эксплуатации контроль точности МРС в той или иной форме выполняется после восстановления, которое осуществляется после аварийного или планово-предупредительного ремонта, а также при обслуживании станков по реальному техническому состоянию. Последнее в большинстве случаев более выгодно предприятию с точки зрения экономических затрат, однако требует внедрения системы мониторинга технологического процесса (СМТП) [2].

Динамическое качество станка особенно важно для шлифовальных станков, обрабатывающих кольца подшипников, так как уровень ВА колебаний динамической системы (ДС) существенно влияет на овальность, гранность и волнистость поверхности качения колец, а также в ряде случаев приводит к

неблагоприятному изменению структуры их поверхностного слоя, что снижает эксплуатационную надежность подшипников [2].



Рис. 1. Оценка технологической надежности автоматизированного станка на основе выявления связи его динамического качества со значениями параметров качества деталей

Для обеспечения эффективной работы автоматизированных станков технический персонал, обслуживающий оборудование при эксплуатации и восстановлении, должен иметь информацию индивидуально о каждом станке с момента ввода его в эксплуатацию, в которой содержатся сведения обо всех технических мероприятиях, включая данные об обрабатываемых деталях, инструменте, режимах резания, о техническом обслуживании и ремонте станка, сведения об операторах и наладчиках и т.п. Для этого целесообразно создание электронной документации станка, принцип построения и структура которой изложены в работе [6]. В СГТУ было рассмотрено создание паспорта динамического качества (ПДК) станка [7], в который заносятся данные об эталонных значениях ВА колебаний узлов ДС, полученные в ходе обучающего эксперимента на основе измерений на нескольких однотипных станках, и аналогичные данные, полученные в результате контрольных измерений в процессе эксплуатации (таблица).

В результате сравнительной оценки текущего динамического качества станков и точности обработки с эталонными значениями и в случае их существенного снижения, обслуживающий персонал принимает оперативное решение по ремонтно-профилактическим работам или корректировке режима обработки.

Создание базы данных по ПДК станков в структуре СМТП обеспечивает доступ к ней пользователей различного уровня: от цеха, до служб предприятия.

Указанное выше способствует принятию управляющего решения по повышению эффективности эксплуатации станков, а также позволяет снизить число бракованных изделий на всех уровнях управления предприятием.

Табл. 1. Фрагмент паспорта динамического качества шлифовального станка

Паспорт динамического качества круглошлифовального станка SWaAGL-50						
Дата контрольных испытаний					10.04.18	
Обрабатываемое кольцо					308/01	
Динамические характеристики						
	ШУ круга			ШУ детали		
	Передняя опора	Задняя опора	Двигатель	Передняя опора	Задняя опора	Двигатель
Частота вращения, об/ мин	1800			400		
Общий уровень вибрации, усл. ед.	270	280	330	300	320	360
Вибрации на частоте вращения усл. ед.	21	23		18	20	
Показатель колебательности	4,8					
Качество обработки дорожки качения						
Овальность, мкм					1,6	
Огранка, мкм					1,2	
Волнистость, мкм					0,5	
Шероховатость Ra, мкм					0,4	
Однородность поверхностного слоя, баллы					5	

Список литературы

1. Проников А.С. Программный метод испытания металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1985. 288 с.
2. Игнатъев С.А., Горбунов В.В., Игнатъев А.А. Мониторинг технологического процесса как элемент системы управления качеством продукции. Саратов: СГТУ, 2009. 160 с.
3. Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием. М.: Машиностроение, 1975. 304 с.
4. Рыжов Э.В., Аверченков В.И. Оптимизация технологических процессов механической обработки. Киев: Наукова Думка, 1989. 192 с.
5. Кудинов В.А. Динамика станков. М.: Машиностроение, 1967. 360 с.
6. Принципы построения интеллектуальной электронной документации станка / Г.В. Самодуров, А.К. Тугенгольд, Н.П. Юденков, Е.А. Лукьянов // СТИН. 2012. № 7. С. 15-20.
7. Игнатъев А.А., Гаврилова А.В., Шамсадова Я.Ш. Электронный паспорт динамического качества станков // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: сб. научн. тр. Саратов: СГТУ, 2018. С. 45-48.

Сведения об авторах:

Игнатъев Александр Анатольевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры "Технология и системы управления в машиностроении" (ТСУ), СГТУ, г.Саратов;
Добряков Владимир Анатольевич – к.т.н., доцент кафедры ТСУ, СГТУ, г.Саратов;
Игнатъев Станислав Александрович – д.т.н., профессор кафедры ТСУ, СГТУ, г.Саратов.

ASSESSMENT OF TECHNOLOGICAL RELIABILITY AND CERTIFICATION OF THE AUTOMATED MACHINE ON THE BASIS OF DETERMINATION OF ITS DYNAMIC QUALITY

Ignatyev A.A., Dobryakov V.A., Ignatyev S.A.

Keywords: technological reliability, dynamic quality, metal-cutting machines, vibroacoustic vibrations, autocorrelated function, integrated estimates, system of monitoring of technological process, passport of dynamic quality of the machine.

Abstract. Questions of the choice of the rational mode of cutting and a pasporitization of high-precision machines on the basis of the analysis of vibroacoustic vibrations are considered

References

1. Pronikov A.S. Program test method of metal-cutting machines. M.: Mechanical engineering, 1985. 288 p.
2. Ignatyev S.A., Gorbunov V.V., Ignatyev A.A. Monitoring of technological process as element of a control system of quality of products. Saratov: SGTU, 2009. 160 p.
3. Mikhelkevich V.N. Automatic control of grinding. M.: Mechanical engineering, 1975. 304 p.
4. Ryzhov E.V., Averchenkov V.I. Optimization of technological processes of machining. Kiev: Naukova Dumka, 1989. 192 p.
5. Kudinov V. A. Dynamics of machines. M.: Mechanical engineering, 1967. 360 p.
6. Principles of creation of intellectual electronic documentation of the machine / G.V. Samodurov, A.K. Tugengold, N.P. Yudenzov, E.A. Lukyanov // STIN. 2012. No. 7. P. 15-20.
7. Ignatyev A.A., Gavrilova A.V., Shamsadova Ya.Sh. The electronic passport of dynamic quality of machines // Automation and management in machine and instrument making. Saratov: SGTU, 2018. P. 45-48.