

УДК 65.018

АКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОПЕРАЦИЯХ МЕХАНООБРАБОТКИ

© 2018 В.Н. Козловский¹, А.Н. Чекмарев², А.В. Зятров¹, С.И. Клейменов¹

¹ Самарский технический университет

² Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

Статья поступила в редакцию 06.12.2018

В статье проводится анализ существующих подходов к оценке качества продукции механообработки с использованием приборов активного контроля, с актуализацией проблемы улучшения таких систем, путем совершенствования аппаратной части и программных средств статистического анализа данных.

Ключевые слова: качество продукции, производство, механообработка, автомобилестроение.

Современные условия конкурентоспособности предъявляют высокие требования к качеству выпускаемой продукции. Применительно к машиностроительной и автомобилестроительной отраслям, а также ряду смежных отраслей, и особенно при крупносерийном и массовом характере производства под качественной продукцией подразумевают продукцию, изготовленную с высокой размерной точностью, минимальной погрешностью формы, отсутствием каких-либо дефектов поверхности [7, 8]. Высокая точность изготовления отдельных деталей позволяет добиться правильного функционирования каждого узла, достичь высокой надёжности и долговечности эксплуатации готовой продукции. Размерная точность геометрических параметров и формы детали неуклонно возрастают со временем за счёт модернизации существующего и создания нового обрабатывающего оборудования, внедрения новых материалов, режимов обработки, а также совершенствования контрольно-измерительной и контрольно-управляющей техники [9, 10, 11]. При этом определяющую роль в плане достижения высоких качественных показателей играет не просто контроль уже обработанной детали, так называемый послеоперационный контроль, а контроль, выполняемый непосредственно в процессе изготовления детали – активный контроль. До сих пор большое число высокоточных деталей в машиностроительном производстве обрабатывается на металлообрабатывающих станках (шлифовальные и хонинговальные) в том числе

ведётся активное внедрение многоцелевых станков (так называемых обрабатывающих центров). Многоцелевые станки способны выполнять комплексную обработку деталей сложной формы, последовательно выполняя различные операции механической обработки, сочетающиеся со смежной режущего инструмента [1].

Приборы активного контроля (ПАК) разрабатываются довольно давно, с момента возникновения потребности получать серийно выпускаемую продукцию машиностроительного производства высокой размерной точности на операциях механообработки. ПАК устанавливается непосредственно на механообрабатывающем станке, измеряет размер обрабатываемой детали и по мере его изменения в процессе обработки выдаёт команды в систему управления станком для изменения режимов обработки, а по достижении требуемого размера он выдает команду на завершение обработки. Подобный принцип функционирования используется независимо от разнообразия процессов шлифования, особенностей конструкции конкретного шлифовального станка. В особых случаях (невозможность размещения датчиков в зоне обработки или высокая сложность вспомогательной оснасти, а, следовательно, и её повышенная стоимость, либо когда размер обрабатываемой детали обеспечивается фиксированной установкой обрабатывающего инструмента относительно детали) контроль детали осуществляется не во время обработки, а сразу после её окончания. По результатам контроля формируются команды на подналадку обрабатывающего инструмента.

При этом независимо от вида операции шлифования и используемого ПАК ко всем остальным составляющим технологического процесса обработки также предъявляют жёсткие требования:

- к обрабатываемому инструменту (шлифовальный круг), от которого зависит периодич-

Козловский Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор. E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

Чекмарев Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор.

Зятров Алексей Викторович, кандидат технических наук.

Клейменов Сергей Иванович, соискатель ученой степени кандидата технических наук, заместитель директора ООО «Бизнес-Консалт», г. Тольятти

ность правок при его затуплении, период его стойкости, длительность операции обработки;

- заготовкам (стабильность свойств материала, величина припуска перед обработкой), от которых зависит длительность операции обработки (при нестабильном диапазоне вариации размера заготовок даже в рамках небольшой партии);

- смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), от состава и температуры которой определяется эффективность отвода тепла от детали и качество её обработки;

- жёсткости технологической системы станка.

В этой связи достижение высоких показателей качества, при сохранении требуемой производительности, а также низкой стоимости для реализации подобных мероприятий является трудной задачей [1, 2, 4, 8].

Одним из основных направлений, позволяющим добиться больших возможностей в области повышения эффективности механообрабатывающих операций, и в частности в шлифовании, является разработка новых средств активного контроля наряду с совершенствованием алгоритмов управления режимами шлифования.

Известно, что один из основных показателей качества выпускаемой продукции (по геометрическим параметрам), в частности размер деталей, в момент окончания обработки детали определяется величинами конечной скорости снятия припуска $V_{МК}$ и временем отвода шлифовального круга от обрабатываемой детали с момента срабатывания команды окончания обработки t_o :

$$L = f(V_{МК}, t_o). \quad (1)$$

Поскольку время отвода шлифовального круга меняется в сравнительно небольших пределах, его величину можно при некоторых допущениях принять постоянной, а саму величину скомпенсировать как систематическую ошибку. В таком случае погрешность размера обрабатываемой детали при переходе к небольшим приращениям может быть представлена в виде:

$$\Delta L = C_1 \Delta V_{МК}, \quad (2)$$

где C_1 – постоянный для конкретного оборудования коэффициент, характеризующий условия обработки [3].

Известно также, что и качество микрогеометрии (шероховатость) обработанной поверхности детали R_a является функцией конечной скорости снятия припуска $V_{МК}$:

$$R_a = C_2 V_{МК}^n, \quad (3)$$

где C_2, n – постоянные для конкретного оборудования коэффициенты, характеризующий условия обработки [3].

Из выражений (2) и (3) следует, что качество обработки детали, и в частности геометрические параметры и качество микрогеометрии, можно оценивать непосредственно в момент окончания

обработки детали на шлифовальном станке. По причине наличия возмущающих факторов, имеющих случайно-функциональный характер возникает погрешность при изготовлении. В итоге на выходе станка получают детали, размер которых варьируется в определённом диапазоне, тогда как оптимальным (в идеальном случае) является получение номинального размера – $L_{НОМ}$.

В этой связи отклонение размера детали от номинального – погрешность изготовления i -ой детали ΔL_i может быть представлена в виде:

$$\Delta L_i = L_i - L_{НОМ}, \quad (4)$$

где L_i – размер i -ой детали после окончания обработки;

$L_{НОМ}$ – номинальное значение размера детали.

Погрешность изготовления детали ΔL_i при этом обусловлена вариацией конечной скорости снятия припуска в момент окончания обработки детали шлифовальным кругом $\Delta V_{МКi}$:

$$\Delta V_{МКi} = V_{МКi} - V_{МКНОМ}, \quad (5)$$

где $V_{МКi}$ – конечная скорость снятия припуска в момент окончания обработки i -ой детали;

$V_{МКНОМ}$ – значение конечной скорости снятия припуска, при котором достигается номинальный размер детали [6].

Таким образом, используя выражения (2 – 5) можно получать информацию о качестве изготовленных деталей непосредственно в момент окончания обработки, предоставляя оператору станка данные об отклонении размера от номинального значения непосредственно в цикле обработки, а также величину шероховатости [5 – 7].

На рисунке 1 представлен типовой трёхинтервальный алгоритм управления поперечной подачей шлифовального станка, где заштрихованной зоной $V_M(S)$ показана траектория изменения скорости съёма металла в процесса обработки на разных этапах шлифования – черновой, чистовой и выхаживании в зависимости от величины припуска.

Как видно из рисунка, из-за наличия возмущающих факторов гамма траекторий скорости снятия припуска занимает определённый диапазон, что приводит в итоге к вариации окончательного размера и качества микрогеометрии по окончании обработки детали. При этом полученная информация на этапе контроля уже готовой детали может только подтвердить реальное значение размера изготовленной детали, т.е. информация об имеющем место отклонении размера от номинального значения поступает с запаздыванием. Это может приводить к выпуску деталей или даже небольшой партии с достаточно большой вариацией размеров.

Таким образом, дальнейшее совершенствование существующих систем ПАК связано с улучшением средств активного и послеопераци-

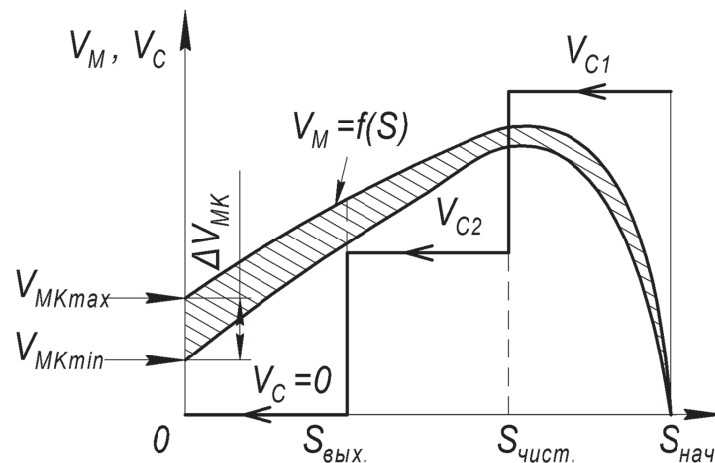


Рис. 1. Традиционный трёхинтервальный алгоритм управления поперечной подачей

онного контроля на основе двухконтурной системы активного контроля, а также реализации автоматизированных программных комплексов пересчета больших массивов статистических данных о ходе процесса механообработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Активный контроль размеров [под ред. С.С. Волосова]. М.: Машиностроение, 1984. 222 с.
2. Заятров А.В., Козловский, В.Н. Комплексная оценка качества и надёжности электрооборудования транспортных средств: монография. Самара: СамНЦ РАН. 2014. 176 с.
3. Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием. М.: Машиностроение, 1975. 304 с.
4. Решетов А.Г. Автоматизация шлифования и размерного контроля деталей. СПб.: Политехника, 2003. 193 с.
5. Максименко Н.Н., Юнак Г.Л., Шелемьев В.Д., Новиков С.Д., Конаш А.Б. Способ управления рабочим циклом поперечной подачи при шлифовании и устройстве для его осуществления. Патент на изобретение РФ №2454310. Кл. МПК-7: В24В 51/00. 27.06.12.
6. Решетов А.Г., Конаш А.Б., Новиков С.Д., Шелемьев В.Д., Короткевич А.З., Стахов С.В. Способ управления рабочим циклом поперечной подачи при шлифовании и устройство для его осуществления. Патент на изобретение РФ №2364494. Кл. МПК-7: В24В 49/00. 20.08.09.
7. Козловский В.Н. Обеспечение качества и надёжности системы электрооборудования автомобилей: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т). Тольятти, 2010.
8. Козловский В.Н., Заятров А.В. Проблема стратегического планирования улучшения качества и надёжности системы электрооборудования автомобилей // Электроника и электрооборудование транспорта. 2012. № 1. С. 44-47.
9. Ерисов Я.А. Исследование анизотропии механических свойств холоднокатаных листов из алюминиевого сплава 8011А // Производство проката. 2016. № 2. С. 45-47.
10. Ерисов Я.А., Гречников Ф.В., Оглодков М.С. Влияние режимов изготовления листов из сплава В-1461 на кристаллографию структуры и анизотропию свойств // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2015. № 6. С. 36-42.
11. Гречников Ф.В., Ерисов Я.А., Тихонова А.А., Пигарева М.Н. Влияние анизотропии заготовок на разнотолщинность стенки изделия при вытяжке // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 1-3. С. 581-585.

ACTUALIZATION OF THE PROBLEM OF ASSESSING THE QUALITY OF PRODUCTION AT MACHINING OPERATIONS

© 2018 V.N. Kozlovsky¹, A.N. Chekmarev², A.V. Zayatrov¹, S.I. Kleimenov¹

¹ Samara Technical University

² Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

The article analyzes the existing approaches to assessing the quality of mechanical processing products using active monitoring devices, with the actualization of the problem of improving such systems, by improving the hardware and software of statistical data analysis.

Keywords: product quality, manufacturing, machining, automotive.

Vladimir Kozlovsky, Doctor of Technics, Professor.

E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

Anatoly Chekmarev, Doctor of Technics, Professor.

Alexey Zayatrov, Candidate of Technics, Professor.

Sergey Kleimenov, Candidate for a Scientific Degree of Candidate of Technical Sciences, Deputy Director of Business Consult LLC, Togliatti