

УДК 621.7.012

В.Л. Доброскок, профессор, д-р техн. наук,

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002,
omsroot@kpi.kharkov.ua*

А.Н. Шпилька, ст. преподаватель

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка,
Первомайский проспект 24, г. Полтава, Украина, 36011,
vstup@pntu.edu.ua*

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КРУГОВ

Рассмотрены особенности колебательных процессов, протекающих при алмазном шлифовании труднообрабатываемых материалов. Предложена схема мехатронного устройства для снижения вибраций при алмазном шлифовании кругами на токопроводящих связках путем формирования рациональной продольной волнистости на рабочей поверхности инструмента.

Ключевые слова: электроэрозионное шлифование, продольный профиль, снижение вибраций.

Постановка проблемы. Абразивно-алмазная обработка труднообрабатываемых материалов широко применяется как на промежуточных, так и окончательных стадиях изготовления деталей ответственного назначения. На современном этапе она характеризуется поиском путей повышения производительности и экономичности процесса, качества и точности обрабатываемых деталей. Одним из факторов, в значительной мере определяющим эффективность процесса шлифования, является его вибрационная стабильность. Вопросы повышения вибрационной стабильности приобретают особую важность в связи с развитием гибких автоматизированных производств в условиях безлюдной технологии. В инструментальном производстве развивается новая тенденция – разработка электромеханических устройств и технологического оборудования, которые по своим характеристикам и функциональным возможностям будут соответствовать современной компьютерной технике [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Стабильность процесса шлифования определяется постоянством выходных показателей обработки деталей в период всего времени работы. Одним из основных требований, обеспечивающих стабильность, является высокая режущая способность алмазных кругов. Она может обеспечиваться за счет управления режущим рельефом путем дозированного воздействия на связку круга в процессе шлифования. Это создает предпосылки для работы круга в режиме эквивалентном режиму самозатачивания при отсутствии непосредственного контакта связки с обрабатываемым материалом, что позволяет снизить силы резания и температуру шлифования. Однако в большинстве случаев самозатачивание круга является недостаточным для проведения высокопроизводительной обработки, так как не сохраняется геометрическая форма его рабочей поверхности. Вибрационная стабильность процесса шлифования зависит от сохранения кругом требуемого продольного профиля рельефа рабочей поверхности. Самопроизвольное возникновение волн на рабочей поверхности круга приводит к резкому ухудшению выходных показателей процесса шлифования [2]. С появлением волнистости повышаются вибрации системы резания, происходит ускоренный износ круга и ухудшается качество обработки деталей, особенно режущих кромок инструмента. При дальнейшем шлифовании высота волнистости увеличивается, достигая значений, определяемых амплитудно-частотной характеристикой системы резания.

Формулирование целей статьи. С учетом значимой корреляции между параметрами волнистости продольного профиля круга и колебаниями упругой системы резания возникают предпосылки разработки способа шлифования с направленным формированием рельефа рабочей поверхности инструмента [2] с параметрами, обеспечивающими снижение вибраций и непрерывное поддержание его режущих свойств.

Изложение основного материала. В качестве метода формообразования рабочей поверхности круга выбрано электроэрозионное разрушение металлической связки круга [3] по совмещенной схеме шлифования [2].

Рассмотрим вынужденные колебания линейной системы с одной степенью свободы и линейным трением, происходящие от действия силового возмущения вызванного пульсацией нормальной составляющей силы резания по гармоническому закону. Коэффициент динамичности системы μ , показывает во сколько раз амплитуда вынужденных колебаний при гармонической возмущающей силе

больше статического отклонения системы [4]. При подстановке параметров процесса шлифования в решение дифференциального уравнения зависимость μ имеет следующий вид:

$$\mu = \left\{ \left[1 - \left(\frac{V_K}{t_B f_C} \right)^2 \right]^2 + \left(\frac{\lambda}{\pi t_B f_C} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где V_K – скорость вращения круга, м/с; t_B – шаг волнистости продольного профиля рельефа рабочей поверхности, м; f_C – собственная частота колебаний системы, Гц; λ – логарифмический декремент колебаний, характеризующий интенсивность их затухания.

Анализ приведенной зависимости $\mu=f(f_C, \lambda)$ в диапазонах $f_C = 50 \dots 500$ Гц и $\lambda/\pi = 0,1 \dots 0,5$ показывает, что шаг волнистости t_B существенно влияет на коэффициент динамичности, а следовательно и на амплитуду колебаний системы (рисунок 1).

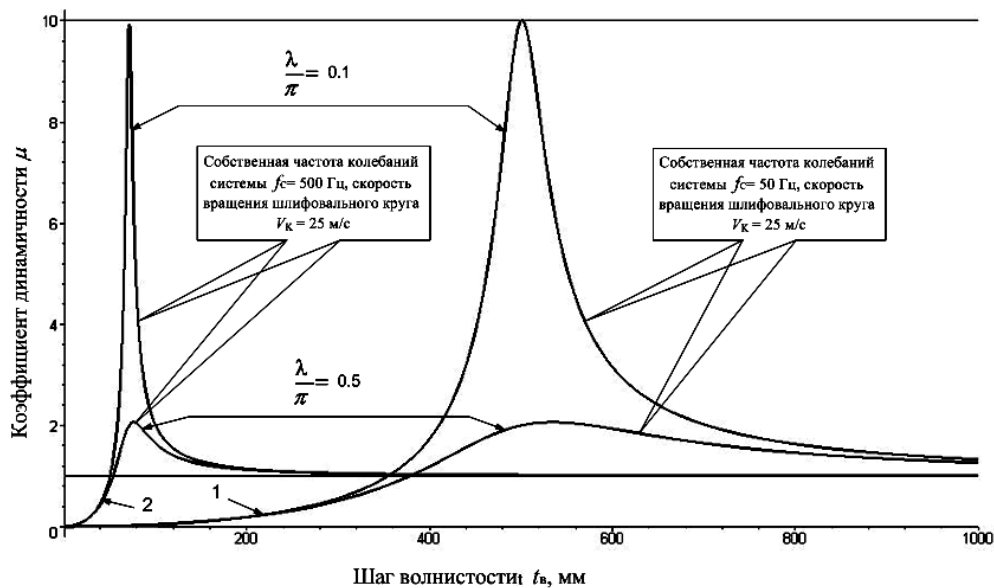


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента динамичности от шага волнистости продольного профиля рельефа рабочей поверхности круга

Уменьшение t_B в 10 раз ведет к уменьшению μ в 100 и более раз. Таким образом, при неизменной жесткости системы резания, обеспечив на рабочей поверхности круга волнистость с достаточно малым шагом t_B и уменьшив амплитуду пульсации нормальной составляющей силы резания, можно достичь существенного снижения амплитуды вибраций.

В процессе исследований был предложен способ снижения амплитуды колебаний системы резания, путем формирования заданной волнистости продольного профиля шлифовального круга. Рациональный шаг волнистости при заданных режимах шлифования должен обеспечивать дополнительную пульсацию возбуждающей силы с частотой, превышающей частоту собственных колебаний системы.

Для реализации предлагаемого подхода разрабатывается мехатронная система регулирования рационального продольного профиля рабочей поверхности кругов на токопроводящих связках. Блок-схема системы представлена на рисунке 2.

Шлифовальный круг электрически изолирован от станка. В процессе обработки в зону резания подается СОЖ. С источника импульсного тока подается напряжение между шлифовальным кругом и обрабатываемой токопроводной деталью. При этом происходит электроэрозионное воздействие на металлическую связку круга и деталь. Модулем измерения вибраций фиксируются амплитуда и частота колебаний шлифовального круга и генерируется аналоговый сигнал, который после оцифровки АЦП-ЦАП преобразователем m-DAQ12/DAC, посылается на компьютер и анализируется специальным программным модулем. Если значения величин амплитуды и частоты колебаний выходят за границы заданного диапазона, то программа генерирует управляющий цифровой сигнал, который с помощью m-DAQ12/DAC преобразуется в аналоговый. Он корректирует работу генератора для изменения силы тока и частоты управляющих импульсов. Модуль синхронизации обеспечивает заданное соотношение частоты подачи управляющих импульсов и вращения круга для достижения необходимого шага

волнистости продольного профиля. Уровень электроэрозионного воздействия на связку шлифовального круга должен обеспечивать значимую для влияния на колебательную систему резания высоту волнистости профиля и подбирается экспериментально.

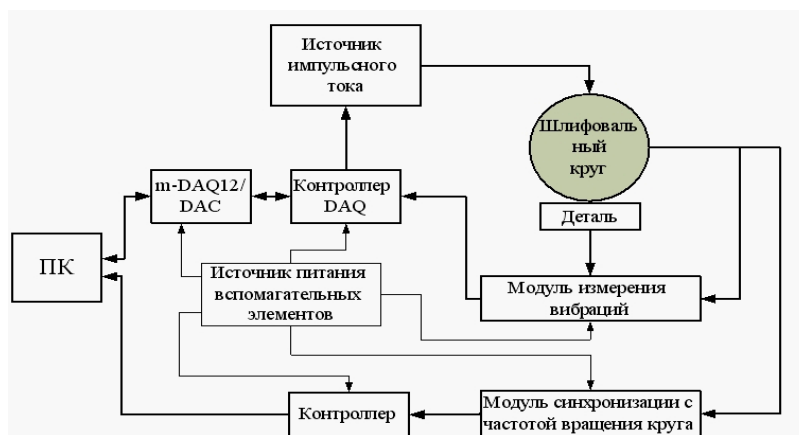


Рисунок 2 – Блок-схема мехатронной системы регулирования колебаний при шлифовании

На технические решения для реализации рассмотренного подхода получен патент Украины на полезную модель №70110.

Выводы. Формирование рациональной волнистости продольного профиля алмазных кругов создает предпосылки к снижению амплитуды колебаний системы резания. Это позволит повысить стабильность процесса шлифования, уменьшить износ инструмента, повысить размерную точность и качество поверхностного слоя обработанных деталей. Существующий уровень мехатроники позволяет реализовать задачу автоматического регулирования рационального уровня вибраций для заданных условий алмазного шлифования труднообрабатываемых материалов.

Библиографический список использованной литературы

1. Новиков Н.В. Проблемы производственной и социальной восприимчивости высоких технологий в области инструментального производства / Н.В. Новиков // Инструментальный світ. — 2003. — №4 (20). — С. 4 – 6.
2. Доброскок В.Л. Научные основы формирования рабочей поверхности кругов на токопроводных связках в процессе шлифования: дис ... д-ра техн. наук: 05.03.01 / В.Л. Доброскок. — Харьков, 2001. — 447 с.
3. Особенности шлифования кругами из сверхтвердых материалов при дополнительном электрофизическом воздействии на контактные поверхности круга и детали / В.И. Лавриненко, И.В. Лешук, О.О. Пасичный, А.А. Девицкий, В.В. Смоквина // Инструментальный світ. — 2012. — № 1 (53). — С. 36 – 41.
4. Доброскок В.Л. Влияние продольного профиля круга на характер динамических явлений при шлифовании / В.Л. Доброскок // Резание и инструмент в технологических системах: межд. научн.техн. сборник. — Харьков, 1998. — Вып. 52. — С. 234 – 236.

Поступила в редакцию 19.03.2013 г.

Доброскок В.Л., Шпилька А.М. Регулювання вібрацій при шліфуванні важкооброблюваних матеріалів шляхом формування раціонального поздовжнього профілю робочої поверхні кругів

Розглянуті особливості коливальних процесів, що протікають при алмазному шліфуванні важкооброблюваних матеріалів. Запропонована схема мехатронного пристосування для забезпечення зниження коливань при алмазному шліфуванні кругами на струмопровідних зв'язках шляхом формування раціональної поздовжньої хвилястості на робочій поверхні інструмента.

Ключові слова: електроерозійне шліфування, поздовжній профіль, зниження коливань.

Dobroskok V.L., Shpilka A.N. Regulation of vibrations at grinding the hard machined materials by formation of rational longitudinal profile of working wheels' surface

Peculiarities of oscillatory processes taking place at diamond grinding of the **hard machined** materials have been considered here. The diagram of the mechatronic application which is to provide vibrations decreasing at diamond grinding with wheels on conductive sheaves by way of formation of rational longitudinal sinuosity on a tool working surface is proposed.

Keywords: electroerosive grinding, longitudinal profile, lowering of vibrations.