

УДК 677.052

**Влияние параметров вибрационной обработки  
на шероховатость плоских колков**

**Чирков М.И., Гусев В.А.,**

**Костромской государственный технологический университет**

*В статье представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по оценке влияния режимов виброобработки на качественные показатели плоских колков, используемых для разволокнения текстильных отходов на разволокняющих машинах.*

На основании экспериментальных исследований нами установлено, что шероховатость поверхности  $Ra$  рабочих элементов технологической оснастки (колков) оборудования для переработки вторичных материальных ресурсов (ВМР), оказывает существенное влияние на процесс разработки материала, а именно на коэффициент разволокнения -  $K_p$ .

В настоящее время в отделочном производстве предприятий различных отраслей отечественной и зарубежной промышленности широкое распространение получил процесс вибрационной обработки однотипных изделий (ВиО), который осуществляется на станках для вибрационной обработки дебалансного типа с U-образной или кольцевой (тороидной) камерой.

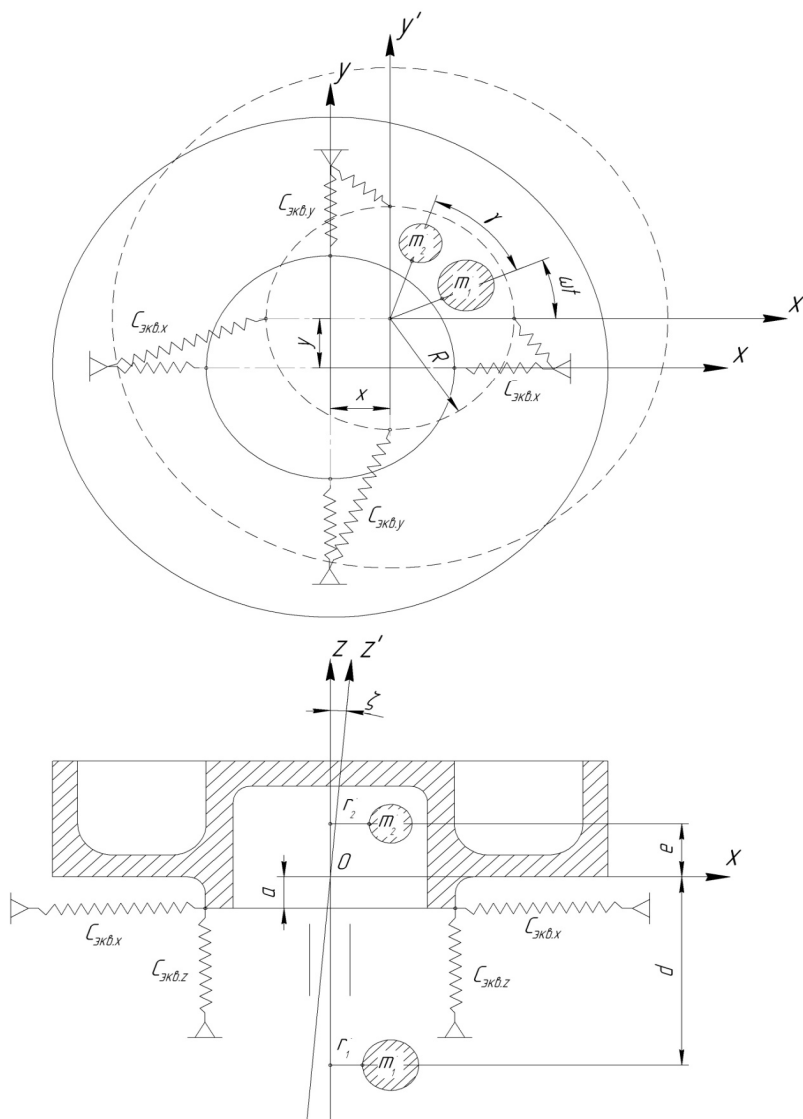


Рис. 1. Схема колебательной системы виброустановки

Рабочая камера такой установки опирается на стальные цилиндрические пружины, расположенные по окружности основания вибрационной установки. Под камерой, вдоль ее внутренней части (горловины), расположен вибратор с двумя дебалансными грузами на валу. Вертикальная ось рабочей камеры (тороидного кольца) и ось вала вибратора совмещены, путем регулирования угла сдвига верхнего и нижнего грузов достигается изменение амплитуды колебаний соответственно в горизонтальном и вертикальном направлениях. Во время работы установки верхний несбалансированный груз вызывает колебания в горизонтальной плоскости (по окружности), тогда как более тяжелый нижний груз создает вертикальные колебания. В результате возникают пространственные колебания, под действием которых частицы рабочей среды и обрабатываемые детали перемещаются по непрерывной спиральной траектории вокруг оси кольца рабочей камеры. Такая форма рабочей камеры способствует лучшему распределению деталей в рабочей среде, что повышает равномерность и качество их обработки.

Шероховатостью поверхности деталей в процессе ВиО можно управлять за счет изменения режимов, которые обусловлены двумя факторами – амплитудой и частотой колебаний рабочей камеры. Наиболее существенные изменения шероховатости поверхности деталей происходят при варьировании величиной амплитуды колебаний – А.[1].

Задачей динамического расчета является выбор таких параметров установки, которые обеспечивают необходимую амплитуду и частоту колебаний рабочей камеры.

Для упрощения составления расчетной схемы одномассовой колебательной системы (рис.1.) примем ряд допущений:

1. Характер движения – гармонические колебания;
2. Жесткости связей равны между собой, их расположение симметрично относительно оси рабочей камеры и всей конструкции;
3. Центр тяжести всей системы расположен на вертикальной оси камеры;
4. Ось вращения дебалансов совпадает с осью симметрии рабочей камеры.
5. Влиянием гироскопического эффекта пренебрегаем.

Колебательная система образована телом массы  $M$  и упругими элементами подвески (рис.1), изображенными в виде параллельно соединенных пружин  $C_1, C_2$ , эквивалентная изгибная жесткость которых  $C_{Экв\ x}, C_{Экв\ y}$  при поступательных перемещениях, создает восстанавливающую силу, пропорциональную их деформации  $C_{Экв\ x}x, C_{Экв\ y}y$ . Колебательная система может совершать поступательные перемещения  $x, y$  в плоскости  $хоу$  и угловые  $\theta, \xi$  вокруг осей  $x, y$ .

Эквивалентная осевая жесткость упругих элементов, при угловых перемещениях вокруг осей  $x, y$  соответственно будет  $C_{Экв\ z}$ . (рис.1). Возбуждение колебательной системы осуществляется дебалансным вибратором с двумя дебалансами, масса и эксцентриситеты которых равны соответственно  $m_1r_1, m_2r_2$ . Угловая скорость вращения вала дебаланса  $\omega$ .

Расстояние от верхнего и нижнего дебалансов до центра масс колебательной системы  $O$  соответственно равны  $e$  и  $d$ . Расстояние от т.  $O$  до плоскости, в которой расположены точки подвеса рабочей камеры, –  $a$ . При работе вибратора дебалансы создают вращающиеся возмущающие силы  $m_1r_1\omega^2, m_2r_2\omega^2$ , и вращающиеся возмущающие моменты  $m_1r_1\omega^2e, m_2r_2\omega^2d$ .  $J_x, J_y$  – приведенные моменты инерции относительно осей  $x, y$ . Воспользуемся двумя системами координат – неподвижной  $xyz$ , и подвижной  $x'y'z'$ . Поместим начало неподвижной системы координат  $xyz$  в центре масс колебательной системы в положение ее статического равновесия на упругих связях, направив оси  $x$  и  $y$  в направлении экстремальных значений их жесткости, а ось  $z$  перпендикулярно плоскости  $хоу$ . Начало подвижной системы совместим с осью вращения дебалансов, т.о. чтобы она совпадала с осью  $z$ .

Определив потенциальную  $\Pi$  и кинетическую  $T$  энергию рассматриваемой колебательной системы и используя уравнения Лагранжа, получим линеаризованную

систему дифференциальных уравнений (1), которая позволяет проанализировать движения колебательной системы на холостом ходу (в отсутствие рабочих сопротивлений).

$$\begin{aligned}
 M\ddot{x} + \sum_{i=1}^n C_i \varepsilon_k \varepsilon_x \cdot x &= m_1 r_1 \omega^2 \cos \omega t + m_2 r_2 \omega^2 \cos(\omega t + \gamma) \\
 M\ddot{y} + \sum_{i=1}^n C_i \varepsilon_k \varepsilon_y \cdot y &= m_1 r_1 \omega^2 \sin \omega t + m_2 r_2 \omega^2 \sin(\omega t + \gamma) \\
 J_x \cdot \ddot{\theta} + R \sum_{i=1}^n C_i \varepsilon_k \varepsilon_z \cdot \theta + \sum_{i=1}^n C_i \varepsilon_k \varepsilon_y \cdot a^2 \cdot \theta &= -m_1 r_1 \omega^2 e \sin \omega t + m_2 r_2 \omega^2 d \cos \omega t \\
 J_y \cdot \ddot{\xi} + R \sum_{i=1}^n C_i \varepsilon_k \varepsilon_z \cdot \xi + \sum_{i=1}^n C_i \varepsilon_k \varepsilon_x \cdot a^2 \cdot \xi &= -m_1 r_1 \omega^2 e \cos \omega t + m_2 r_2 \omega^2 \cos(\omega t + \gamma)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Система дифференциальных уравнений (1) представляет собой систему с постоянными коэффициентами, решение которой может быть найдено стандартными методами.

Целью данной работы являлось установление зависимости шероховатости плоских колков разволочняющих машин от параметров виброобработки, а именно: частоты приводного двигателя и угла между дебалансами. Эксперименты проводились в лаборатории кафедры ТХОМ и ТС КГТУ на неавтоматизированной вибрационной установке общего назначения модели УВГ-70, в конструкцию которой были внесены изменения, позволяющие бесступенчато регулировать частоту вращения электродвигателя за счет использования привода ЭПУ2-1-271Е с тиристорным управлением. Возможность установки угла между дебалансами предусмотрена конструкцией установки (рис.2.).



Рис.2. Экспериментальная вибрационная установка

Для указанной на рис.2. экспериментальной установки были найдены массоинерционные и жесткостные характеристики колебательной системы в целом и ее элементов, построены 3-х мерные модели отдельных деталей и их сборка (рис.3), что позволяет теоретически исследовать динамическую модель колебательной системы (1).

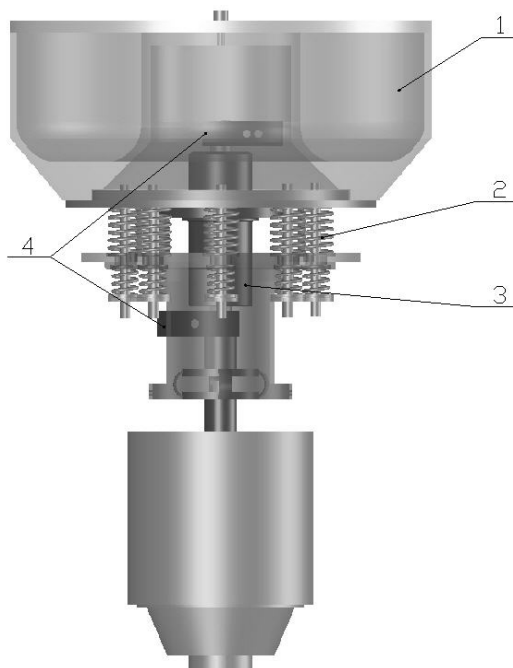


Рис.3. 3-D модель вибрационной экспериментальной установки  
1-рабочая камера, 2-цилиндрические пружины, 3-вибратор; 4-дебалансные грузы.

Эксперименты проводились с использованием плоских колков производства ОАО «Красная Маевка», после термообработки, которые не подвергались финишному полированию в галтовочных барабанах. Колки обрабатывались в вибрационной установке (рис.2.) при различных частотах приводного двигателя и углах между дебалансами. Всего проведено 35 опытов : при семи значениях частот вращения приводного электродвигателя от  $1500 \text{ мин}^{-1}$  до  $4250 \text{ мин}^{-1}$ , для пяти значений углов между дебалансами:  $0^\circ \dots 180^\circ$ . Объем партии колков в каждом опыте составлял 30шт, время обработки 60 мин. В качестве абразива использовался карбид кремния черный с зернистостью 500...1000 мкм (рис.4.).



Рис.4. Экспериментальные исследования влияния параметров  
виброобработки на шероховатость колков

Измерение шероховатости поверхности обработанных деталей производилось по пяти образцам на профилометре MarSurf PS1 (рис.5), значения которых затем усреднялись. Профилометр MarSurf PS1 с опорным датчиком является удобным в эксплуатации прибором для измерений шероховатости в условиях производства.



Рис. 5. Профилометр MarSurf PS1 (Mahr GmbH)

Диапазон измерения благодаря индивидуальному преобразователю составляет максимум 350 мкм. Благодаря встроенному приводу перемещения датчика измерения во всех положениях прибора возможно без потери времени на подготовку. Максимальная длина трассирования составляет 17,5 мм. Кроме возможности выбора необходимых отсечек шага оператором, в приборе есть режим автоматического выбора отсечки шага. Действие прибора основано на принципе ощупывания неровностей поверхности алмазной иглой и преобразования возникающих при этом механических колебаний щупа (с помощью индуктивного первичного преобразователя) в изменения напряжения, пропорциональные этим колебаниям, которые усиливаются и преобразуются электронным блоком. Прибор способен запоминать результаты 20000 измерений и 15 записей профиля. MarSurf PS1 можно подключать непосредственно к компьютеру через USB порт. Он воспринимается как USB-модуль памяти и распознается без драйвера. Таким образом, можно переносить результаты измерений и профили в компьютер, чтобы например, анализировать их с помощью программы оценки MarSurf (рис.6). Расширенные возможности программы позволяют осуществить гибкое управление и документальное оформление результатов измерений.

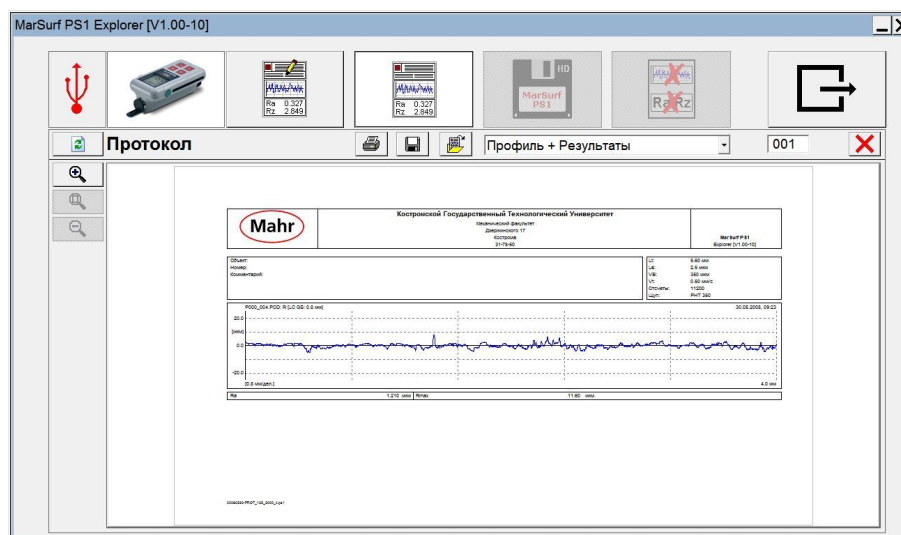


Рис. 6 Интерфейс программы MarSurf PS1 (Mahr GmbH)

На основании проведенных исследований были получены графики зависимости шероховатости плоских колков от параметров виброобработки (рис. 7.) и построена 3-х мерная модель (рис.8.).



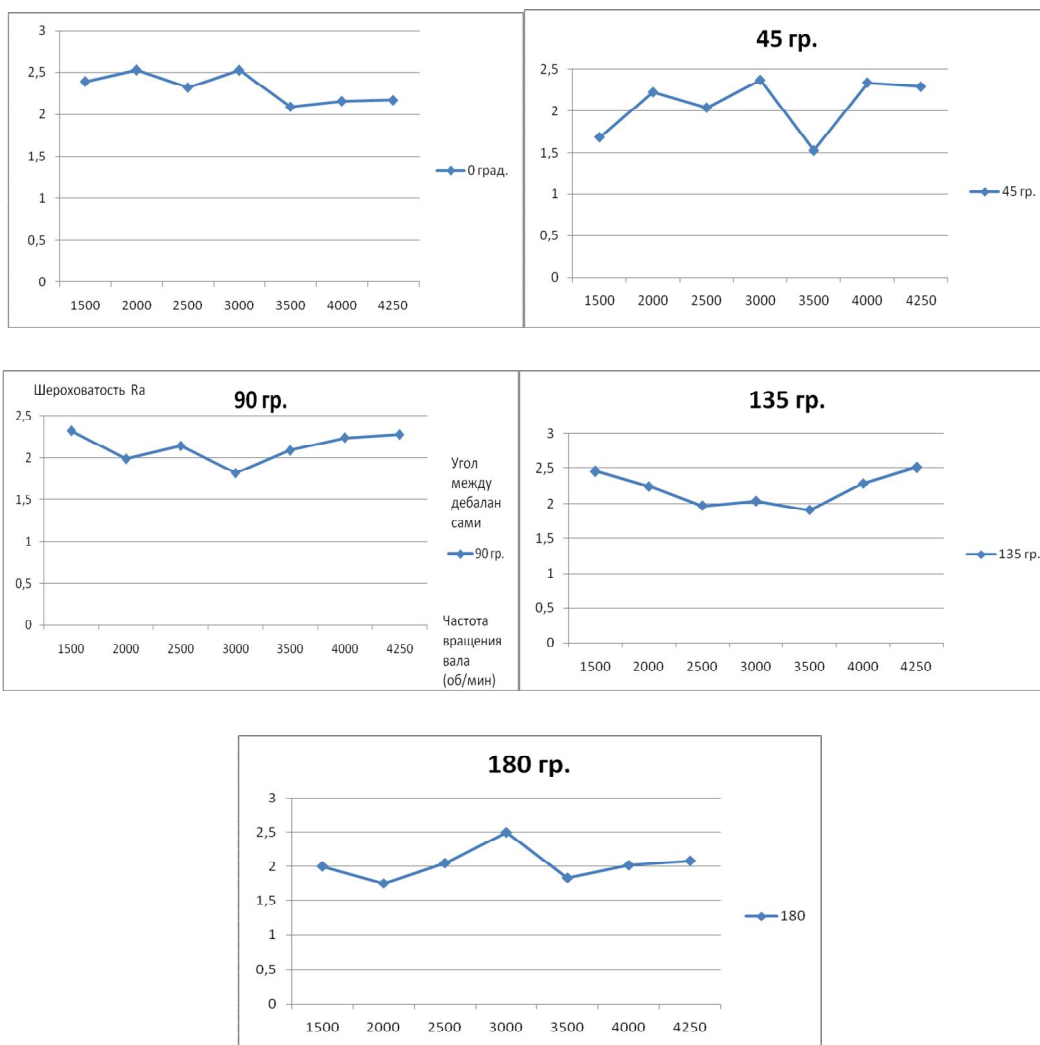


Рис.7.

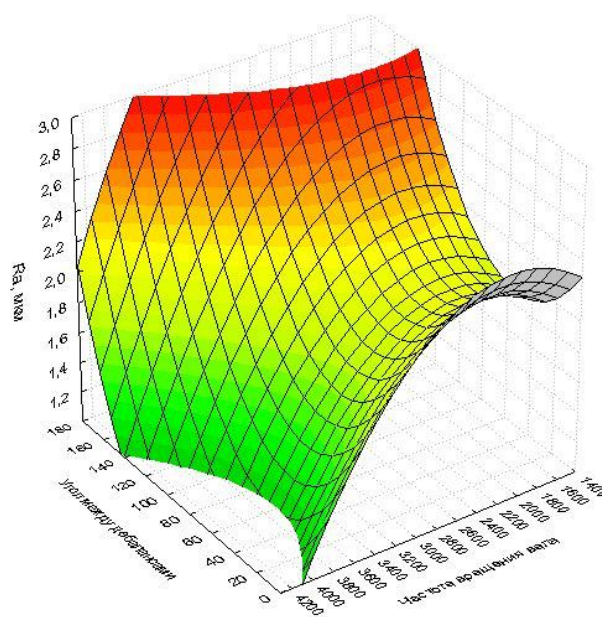


Рис. 8. Зависимость шероховатости поверхности плоских колков  $R_a$  от частоты вращения приводного вала и угла между дебалансами

На основании результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Вибрационная обработка деталей является современным и перспективным способом обработки деталей текстильного назначения, которая позволяет добиваться различного качества поверхности обрабатываемых деталей, путем подбора соответствующих технологических параметров оборудования.
2. Установлено, что шероховатость поверхности однотипных деталей (колков) существенно зависит от параметров работы виброустановки, а именно: от частоты возмущающей силы и угла между дебалансами.
3. Разработана математическая модель, описывающая движения рабочей камеры в зависимости от заданных параметров, что позволяет теоретически исследовать процесс и установить оптимальные режимы обработки с целью получения требуемой шероховатости поверхности.

Литература:

1. Бабичев А. П. Вибрационная обработка деталей. М., 1974.