

УДК 621.982 + 921.839

**КИНЕТИКА ИЗМЕНЕНИЯ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ  
ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ**

Б.А. Гупалов, В.В. Закураев

Новоуральский технологический институт  
НИЯУ «МИФИ»  
E-mail: tm@nsti.ru**Гупалов Борис Алексеевич**,  
аспирант кафедры технологии  
машиностроения  
Новоуральского  
технологического института  
НИЯУ «МИФИ».E-mail: gupalov\_b@mail.ru  
Область научных интересов:  
технологическое обеспечение  
качества и надёжности  
высокоточных деталей машин.**Закураев Виктор****Владимирович**, канд. техн.  
наук, доцент, заведующий  
кафедрой технологии  
машиностроения  
Новоуральскоготехнологического института  
НИЯУ «МИФИ».

E-mail: tm@nsti.ru

Область научных интересов:  
оптимизация технологических  
процессов механической  
обработки, разработка моделей  
стойкости и исследование  
отказов режущего инструмента.

Рассмотрена методика и приведены результаты правки фрикционных дисков. Установлен оптимальный прогиб фрикционных дисков, при котором достигается снижение погрешностей, в частности – допускаемого отклонения рабочей поверхности диска от плоскостности.

**Ключевые слова:**

Правка фрикционных дисков, режимы нагружения, геометрические параметры деталей.

**Key words:**

Flattening of friction disks, loading conditions, geometric parameters of details.

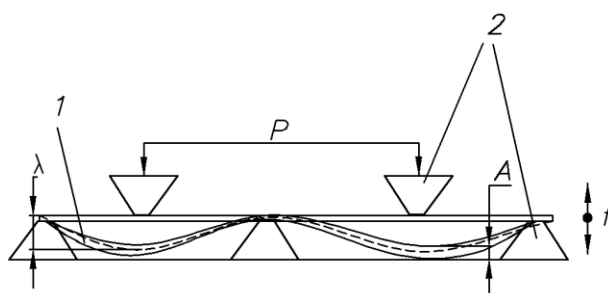
ОАО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» им. Ф.И. Дзержинского (г. Нижний Тагил) производит выпуск дорожной техники – тракторов, экскаваторов и др. Такие машины содержат элемент трансмиссии – фрикционные диски. К

фрикционным дискам предъявляются требования сохранения стабильной геометрической формы, качества поверхности и отклонения от плоскостности не более 0,15 мм. При освоении производственной программы возникли проблемы обеспечения данного допуска [1].

В Новоуральском технологическом институте НИЯУ «МИФИ» совместно с ОАО «Научно-производственной корпорацией «Уралвагонзавод» им. Ф.И. Дзержинского был предложен и активно прорабатывается новый способ вибрационной правки фрикционных дисков. Данный способ основан на явлении вибрационного старения [2] и включает следующую последовательность действий, рис. 1. Предварительно, измерив отклонения детали 1 – угловой или линейный шаг волны и величины амплитудных значений прогиба (деформации изделия), идентифицируют выступ или впадину волны деформации и относительно них устанавливают опоры – 2 для создания обратного перегиба изделия («заневоливания»). При таком нагружении в изделии создаются напряжения  $\sigma$  противоположного знака. Затем на нагруженное изделие накладываются механические колебания с частотой нагружения от 0,5 до 1,5 собственной частоты колебаний изделия.

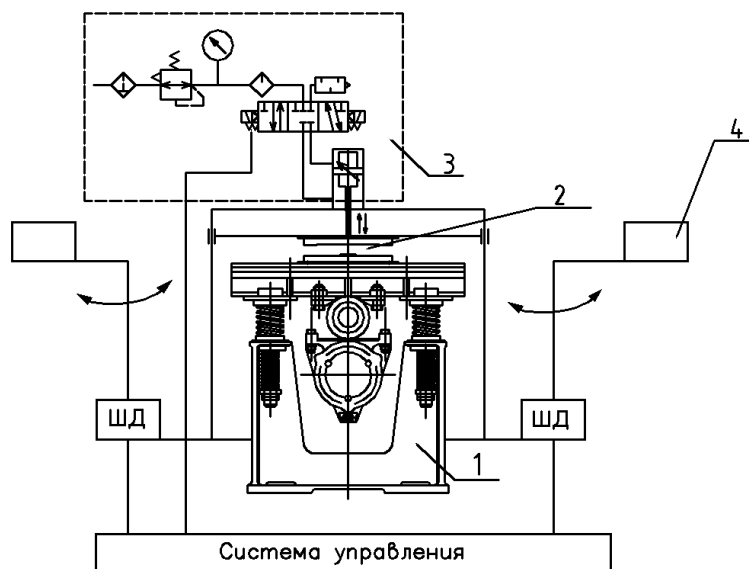
Для практической реализации предложенного способа необходимо установить режимные параметры процесса. В частности – усилия нагружения диска при «заневоливании», величины возникающей при этом деформации и времени протекания процесса виброправки.

Целью данной работы является определение оптимального прогиба фрикционных дисков, при котором достигается положительная кинетика изменения геометрических параметров фрикционных дисков при вибрационной правке.



**Рис. 1.** Схема вибрационной правки фрикционных дисков, где  $A$  – амплитуда колебаний диска в области выпуклостей и впадин;  $\lambda$  – созданный прогиб;  $P$  – усилие деформации диска;  $f$  – циклические колебания

В рамках данной работы были отобраны диски с «тарельчатостным» искажением геометрической формы с наложением волнообразной изогнутости на плоскость кольца с угловым шагом около  $90^\circ$  [1] и проведены исследования по влиянию прогиба диска («заневоливания») на снижение отклонений от плоскостности. Эксперименты проводились на установке, которая представлена на рис. 2 при частоте 50 Гц с амплитудой колебаний 0,6 мм и временем правки 3,3 мин. Исходные данные размаха  $\Delta_n$  отклонений от плоскостности дисков следующие: диск № 22 – 0,20 мм, № 28 – 0,42 мм, № 56 – 0,18 мм.



**Рис. 2.** Структурная схема установки для правки фрикционных дисков: 1) вибростенд; 2) рабочая зона; 3) пневмосистема; 4) загрузочно-разгрузочный механизм

За критерий оценки результатов вибрационной правки по предлагаемому способу принята разница между значением исходного отклонения  $\Delta_n$  и отклонением после вибрационной правки  $\Delta_k$ , т. е.  $\Delta_\Sigma = \Delta_n - \Delta_k$ , которую принято называть «исправляемость».

Далее были исследованы оптимальные прогибы дисков  $\lambda$ , при которых наступала наибольшая исправляемость  $\Delta_\Sigma$ . Данные изменения исправляемости дисков  $\Delta_\Sigma$  от величины прогиба  $\lambda$  представлены на рис. 3.

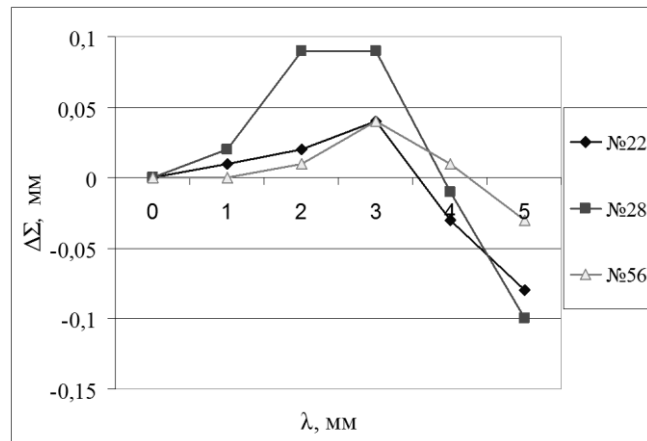


Рис. 3. Зависимость исправляемости  $\Delta\Sigma$  от прогиба диска  $\lambda$

По результатам экспериментов были сделаны выводы о том, что исправляемость наступает даже при небольшом прогибе дисков и достигает максимального значения при прогибе дисков около 3 мм, что соответствует изгибным напряжениям порядка 300 МПа. Если учесть [2], что наложение вибрации на предварительно «заневоленное» изделие приводит к снижению предела текучести (до двух раз) по сравнению с пределом текучести при статическом нагружении, то данный способ согласуется с физическими основами правки (динамической стабилизации) фрикционных дисков, которые достаточно глубоко проработаны В.Е. Антонюком [3].

Исследованиями В.Е. Антонюка установлено, что процесс динамической стабилизации дисков протекает в зоне малоциклового усталостной прочности. В процессе динамической стабилизации диска происходит стабилизация (выравнивание) его плоскости в результате знакопеременных нагрузок с изменяющейся амплитудой нагружения. Уровень нагружения находится в диапазоне  $1 \dots 0,8\sigma_T$  – предела текучести материала. Установлено, что уровень предела текучести  $\sigma_T$  допускается не во всей зоне малоциклового усталостной прочности, а только в ограниченной стадии циклической микротекучести. Таким образом, оптимальным значением прогиба диска при его «заневоливании» следует принять  $\lambda = 3$  мм.

Далее были проведены эксперименты по влиянию оптимального прогиба фрикционных дисков (3 мм) на кинетику изменения геометрических параметров фрикционных дисков при вибрационной обработке. Исходные данные размаха  $\Delta_n$  отклонений от плоскостности исследуемых дисков следующие: диск № 1 – 0,26 мм, № 39 – 0,18, № 60 – 0,18 мм.

Результаты определения исправляемости  $\Delta\Sigma$  дисков после виброобработки представлены на рис. 4.

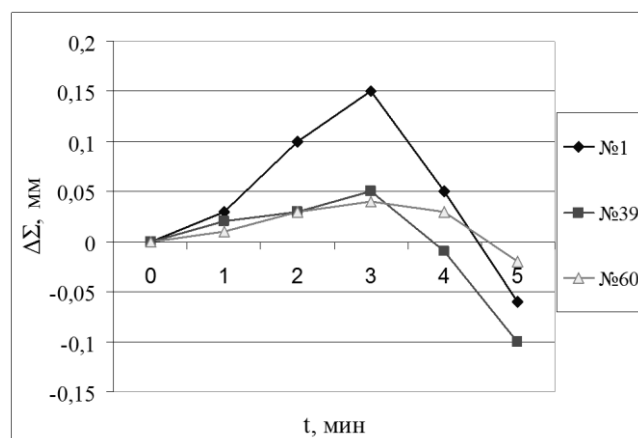


Рис. 4. Изменение исправляемости  $\Delta\Sigma$  фрикционных дисков от времени обработки  $t$

По результатам экспериментов были сделаны выводы о том, что исправляемость наступает уже при первых циклах нагружения. Таким образом, в результате проведенных испытаний вибрационной правки фрикционных дисков установлена оптимальная величина прогиба диска при его «заневоливании», обеспечивающая снижение погрешности плоскостности диска. Также был установлен период времени вибрационного воздействия на диск, обеспечивающий условия релаксации остаточных технологических напряжений при правке дисков. Этот факт подтверждают данные исследований В.Е. Антонюка [3]. То, что исправляемость достигает максимального значения при виброобработке около 3 мин. согласуется с результатами работы [2] и соответствует стадии циклической микротекучести материала.

Отличительной особенностью данного метода правки является то, что предварительные замеры величины и характера отклонений дисков от плоскостности позволяют целенаправленно воздействовать на изогнутые участки деталей и создавать условия релаксации остаточных технологических напряжений при минимальном уровне энергетического воздействия. Данное обстоятельство существенно (в 3...4 раза) снижает энергозатраты процесса вибрационной правки по сравнению со способом [3].

На основе установленных режимов вибрационной правки дисков создан алгоритм управления процессом правки и разработана конструкция установки вибрационной правки для различных типоразмеров фрикционных дисков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гупалов Б.А., Закураев В.В. Анализ возможности создания способа вибрационной правки деталей типа дисков // Состояние и перспективы развития сборочно-сварочного производства» материалы конференции посвященной 75-летию сварочного производства ОАО «НПК «Уралвагонзавод»: Сборник докладов междунар. научно-техн. конф. – Нижний Тагил: «НПК «Уралвагонзавод», 2011. – С. 203–205.
2. Рагульскис К.М., Стульпинас Б.Б., Толутис К.Б.. Вибрационное старение / под ред. К.М. Рагульскиса. – Л.: Машиностроение, 1987. – 72 с.
3. Антонюк В.Е. Динамическая стабилизация геометрических параметров деталей знакопеременным нагружениям. – Минск: УП «Технопринт», 2004. – 184 с.

Поступила 11.11.2011 г.