

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 539.3

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

д-р техн. наук В.Е. АНТОНЮК
(Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск),
д-р техн. наук, проф. Э.М. ДЕЧКО
(Белорусский национальный технический университет, Минск),
В. В. РУДЫЙ
(РУПП «БелАЗ», Жодино)

Требования к современным конструкциям машин по снижению металлоемкости и повышению долговечности связаны с необходимостью изготовления деталей со стабильной геометрической формой, одним из направлений для этого является использование процесса динамической стабилизации. Применение динамической стабилизации позволяет улучшать геометрические параметры деталей, их долговечность и сократить технологические затраты при изготовлении.

Рассмотрены различные подходы в технологии машиностроения по группировке деталей различных форм, конфигурации и назначения. Предлагается конструкторско-технологическая классификация деталей применительно к процессу динамической стабилизации.

Нестабильность геометрических параметров деталей, вызванная остаточными напряжениями в процессе изготовления, приводит к снижению работоспособности изделий и дополнительным затратам для обеспечения требуемой точности. Для повышения точности изделий применяются различные технологические методы правки, которые в большинстве случаев основаны на нагружении деталей статической нагрузкой. Однако при такой правке не всегда обеспечивается сохранение стабильной геометрической формы изделий на протяжении длительного времени.

За рубежом применение получили методы стабилизации различных деталей машиностроения за счет использования знакопеременного нагружения [1]. Эти методы нагружения используются для правки деталей типа тонкостенных колец, длинных сплошных и пустотелых валов, полуосей и балок передней подвески легковых и грузовых автомобилей, валов и торсионов, орудийных стволов, деталей самолетов и реактивных двигателей, деталей из хрупких материалов. Во всех случаях отмечается высокая эффективность этих методов правки, так как достигается высокая точность размеров независимо от исходной погрешности, уменьшение внутренних напряжений, стабильность геометрической формы деталей при последующей обработке, сокращение операций термической обработки, увеличение срока службы деталей.

В Белоруссии в конце 80-х годов знакопеременное нагружение было использовано для создания установок для стабилизации дисков сцепления [2] и фрикционных дисков [3]. В настоящее время разработаны основные положения использования знакопеременного нагружения для стабилизации геометрических параметров, и процесс использования знакопеременного нагружения для стабилизации геометрических параметров было предложено называть динамической стабилизацией [4]. Применение динамической стабилизации при изготовлении фрикционных дисков позволило достичь отклонения от плоскостности в пределах до 0,25 мм для дисков диаметра 300...400 мм, в то время как для таких дисков зарубежные фирмы, специализированные на изготовлении фрикционных дисков, гарантируют отклонение от плоскостности в пределах 0,40 мм [5].

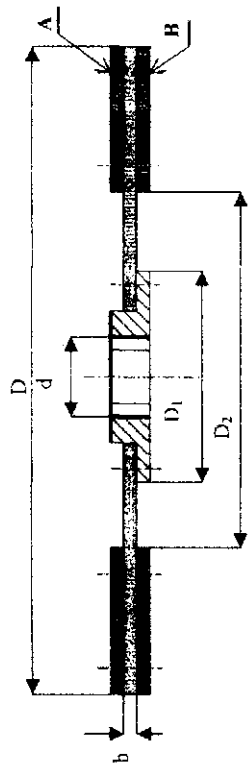
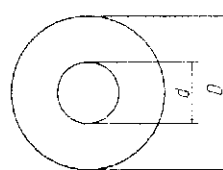
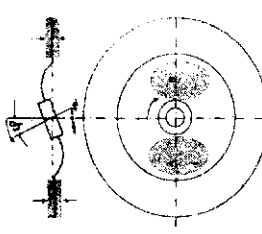
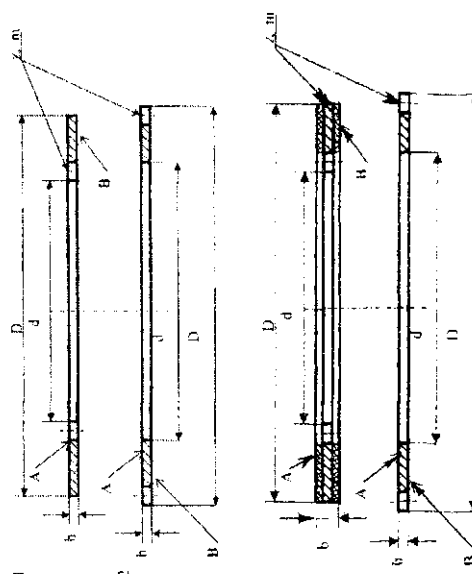
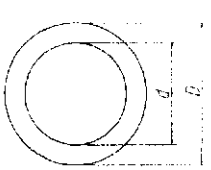
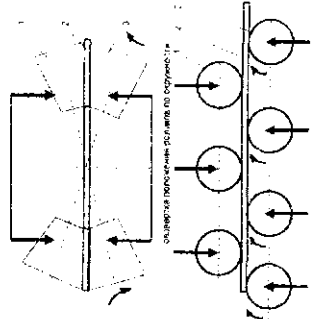
Для дальнейшего внедрения динамической стабилизации возникла необходимость разработки конструкторско-технологического классификатора деталей и рекомендаций по использованию различных схем нагружения для разработки конструкций установок динамической стабилизации.

Разработанные теоретические положения динамической стабилизации позволили наметить пути применения этого процесса. Для этих целей рассмотрены различные подходы в технологии машиностроения по группировке деталей различных форм, конфигурации и назначения [6] и предлагается конструкторско-технологическая классификация деталей применительно к процессу динамической стабилизации. Анализируются следующие группы деталей: диски, кольца, валы, балки, гильзы, трубы, орудийные стволы, рамы и др.

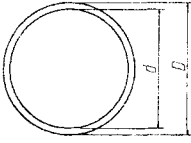
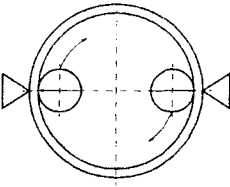

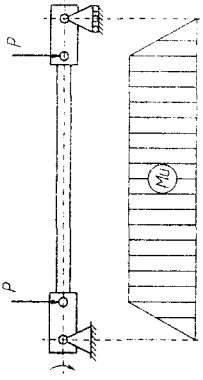

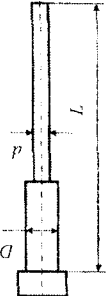
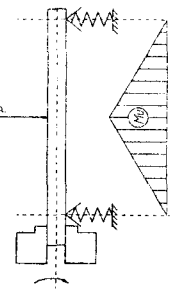

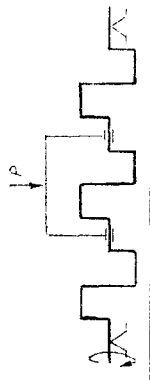
В зависимости от особенностей конфигурации деталей, их габаритов и соотношения размеров предлагается схематизация каждой из групп деталей и варианты нагружения для динамической стабилизации (табл. I).

Таблица 1

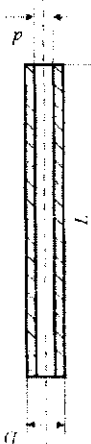

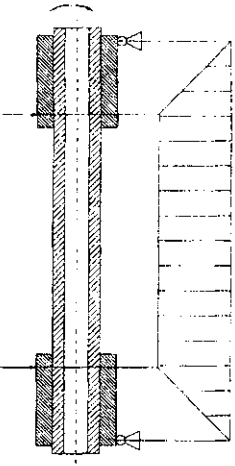
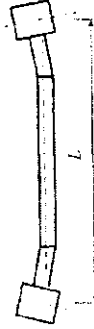
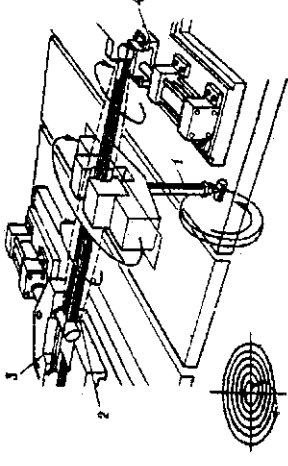
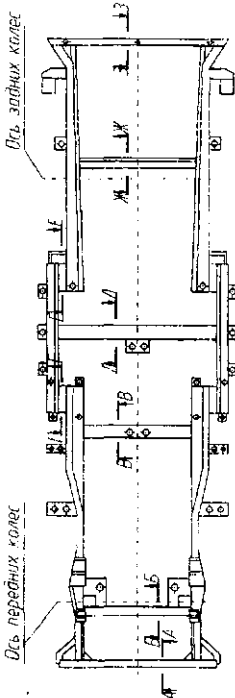
Технологическая классификация деталей применительно к динамической стабильности

I группа деталей	2 Схема детали-представителя	3 Соотношение параметров детали	4 Схема нагружения при динамической стабилизации
Диски	<p>Диски сцепления</p> 	<p>Отношение наружного диаметра D к диаметру отверстия d $D/d > 3$ при толщине диска $b < 6$ мм</p> 	<p>Нагружение за счет разворота и вращения центральной части диска</p> 
Кольца	<p>Фрикционные диски</p> 	<p>Отношение наружного диаметра D к диаметру отверстия d $D/d < 2$ при толщине кольца $b < 6$ мм</p> 	<p>Нагружение вращением диска между нижним и верхним рядом радиальных роликов</p> 

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
Кольца	<p>Венцы маховиков</p> 	<p>Отношение наружного диаметра D к диаметру отверстия d $D/d < 1,3$ при ширине $b > 10$ мм</p>	<p>Нагружение вращающимися роликами по отверстию кольца</p> 
	<p>Торсионные валы</p> 	<p>Отношение длины к рабочему диаметру $L/d < 10$</p>	<p>Нагружение изгибом с вращением вала</p> 
Валы	<p>Шлицевые валы</p>  <p>Полуоси</p> 	<p>Отношение длины к диаметру шлиц $L/D < 10$</p> <p>Отношение длины к большему диаметру $L/D < 10$ и к меньшему диаметру $L/d > 10$</p>	<p>Нагружение изгибом с вращением вала</p> 
	<p>Коленчатые валы</p> 	<p>Отношение длины к диаметру коренных шеек $L/D > 10$</p>	<p>Нагружение изгибом с вращением вала</p> 

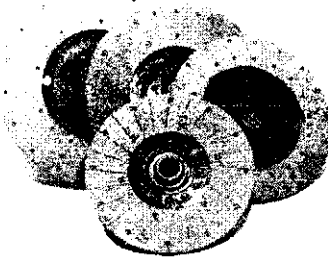
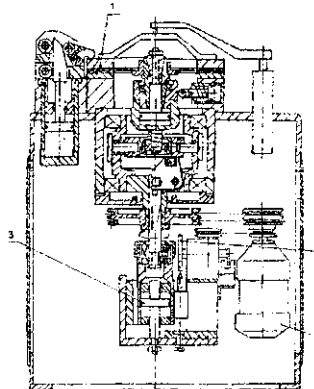
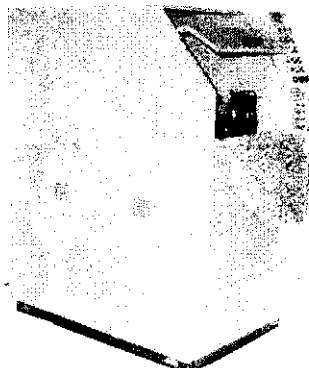
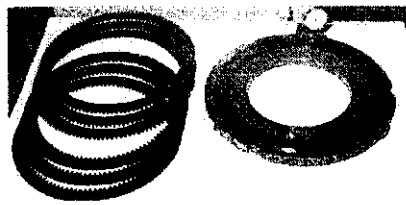
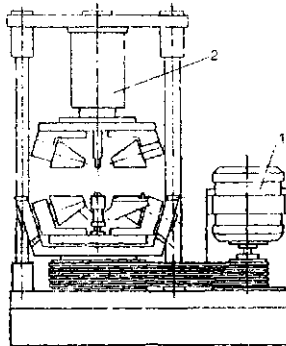
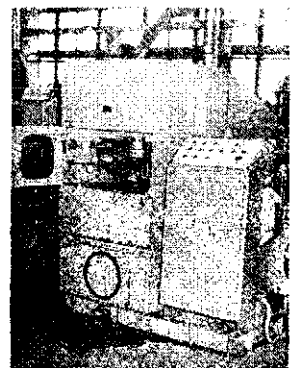
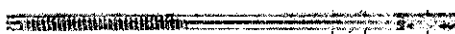
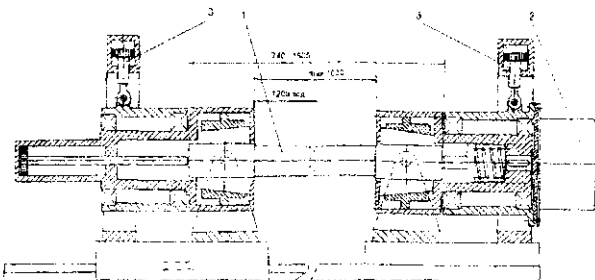
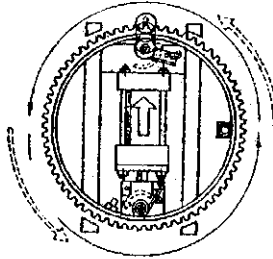
Продолжение табл. 1

1	<p>2</p> <p>Гидроцилиндры, трубы</p> 	3	4
Цилиндры	<p>Орудийные стволы</p> 	<p>Отношение длины к наружному диаметру $L/d > 10$</p>	<p>Нагружение изгибом с вращением</p> 
Корпусные детали	<p>Балки автомобилей</p> 	<p>Отношение длины к ширине сечения профиля $L/b > 10$</p>	<p>Нагружение знакопеременной нагрузкой попеременно в средней части и по концам детали</p> 
Корпусные детали	<p>Рама</p>  <p>Дать передних колес</p> <p>Дать задних колес</p>		

Для принятых вариантов нагружения предлагаются принципиальные схемы конструкции установок динамической стабилизации, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Типы установок для осуществления динамической стабилизации

Группы деталей	Схема установки для динамической стабилизации	Промышленное использование схемы динамической стабилизации
<p>Диски сцепления</p> 		
<p>Фрикционные диски</p> 		
<p>Торсионные валы</p> 		
<p>Венцы маховика</p>		

Рассмотрим возможности применения процесса динамической стабилизации на БелАЗе при изготовлении фрикционных дисков на БелАЗе и на Минском моторном заводе при изготовлении коленчатых валов.

Фрикционные диски на БелАЗе применяются в гидромеханических передачах и тормозных устройствах (табл. 3).

Таблица 3

Параметры фрикционных дисков, применяемых в карьерных самосвалах семейства БелАЗ

Материал дисков	Твердость поверхности дисков HRC	Размеры дисков, мм										Допускаемое отклонение от плоскостности, мм
		с наружным венцом					с внутренним венцом					
		D	d	b	m	z	D	d	b	m	z	
30XГСА 65Г	32...47 26...32	256	198	2,6	5	50	246	186	2,6	5	38	0,1
65Г	26...32	490	334	3	5	96	477	308	3	5	62	0,2
65Г	26...32	610	410	3	5	120	595	397	3	4	100	0,2
65Г	26...32	903	680	3	5	180	895	665	3	5	132	0,2

Как видно из таблицы 3, используемые фрикционные диски в карьерных самосвалах семейства БелАЗ имеют наружные диаметры до 900 мм, и ранее фрикционные диски таких габаритов в отечественных машинах не применялись. Поэтому разработка технологического процесса изготовления таких дисков является довольно сложной технической задачей.

По существующему технологическому процессу с использованием традиционных операций требуемая точность изготовления по отклонению от плоскостности рабочих поверхностей в полном объеме не обеспечивается. Для исправления отклонения от плоскостности после чистового шлифования рабочих поверхностей для части дисков на БелАЗе применяется повторная термообработка.

В результате проведенного анализа технологических процессов изготовления фрикционных дисков по всем технологическим операциям для устранения повышенного отклонения от плоскостности рабочих поверхностей фрикционных была разработана схема использования динамической стабилизации при изготовлении фрикционных дисков на БелАЗе. В отличие от ранее применяемой динамической стабилизации, только для окончательно изготовленных дисков рекомендуется применение динамической стабилизации и на промежуточных операциях. В таблице 4 представлено сравнение существующих технологических процессов изготовления фрикционных дисков с технологическим процессом с применением динамической стабилизации. Это дает возможность для фрикционных дисков с диаметром 600 мм снизить припуски пол черновое и чистовое шлифование, использовать заготовки толщиной 4 мм вместо 5 мм.

Таблица 4

Сравнение технологических процессов изготовления фрикционных дисков на БелАЗ

Существующая технология БелАЗ			Новая технология с применением динамической стабилизации		
Операции	Толщина диска, мм	Допуск на отклонение от плоскостности, мм	Операции	Толщина диска, мм	Допуск на отклонение от плоскостности, мм
Кислородно-плазменная вырезка заготовки	5		Кислородно-плазменная вырезка заготовки	4	
Ручная правка	5	1,0	Динамическая стабилизация	4	0,4
Закалка при нагреве 820 °С, выдержка 30...45 минут	5		Закалка при нагреве 820 °С, выдержка 30...45 минут	4	
Отпуск при 450 °С, выдержка в пакете 2...3 часа	5	1,0	Отпуск при 450 °С, выдержка в пакете 2...3 часа	4	0,6
			Динамическая стабилизация	4	0,3
Предварительная шлифовка торцев, припуск 0,75 мм	3,5		Предварительная шлифовка торцев, припуск 0,3 мм	3,4	
Токарная обработка	3,5		Токарная обработка	3,4	
Зубодолбежная наружный и внутренний зуб	3,5		Зубодолбежная наружный и внутренний зуб	3,4	
Отпуск 620...660 °С, выдержка 1,5...2 часа, охлаждение пакетом	3,5	0,5...1,0	Термофиксация 450...460 °С, выдержка 4...4,5 часа, охлаждение пакетом	3,4	0,5...0,8
			Динамическая стабилизация	3,4	0,20
Окончательная шлифовка торцев, припуск 0,25 мм	3,0	до 0,6	Окончательная шлифовка торцев, припуск 0,2 мм	3,0	до 0,3
Термофиксация при 450...460 °С, выдержка 1,5...2 часа, охлаждение пакетом	3,0	0,2...0,8	Динамическая стабилизация	3,0	0,20

Расчеты показывают, что по разрабатываемой технологии возможно снижение расхода материала примерно на 3 кг и времени шлифования на 0,3 н/часа на 1 диск. При этом следует ожидать повышение долговечности дисков за счет повышения точности.

Коленчатые валы в процессе изготовления неоднократно правятся, поэтому стабилизация геометрических параметров коленчатых валов в процессе их изготовления и последующего хранения является значительной проблемой для многих предприятий, изготавливающих коленчатые валы.

Наиболее устаревшим и не обеспечивающим требуемых результатов является широко применяемый до сих пор на многих предприятиях метод статической правки коленчатого вала на прессе. Более эффективным методом является виброправка, однако и виброправка не обеспечивает полного снятия остаточных напряжений.

Динамическая стабилизация была опробована на коленчатых валах автомобиля ГАЗ-51, для чего была спроектирована и изготовлена опытная установка по схеме нагружения (см. табл. 1), Коленчатый вал устанавливается на опорах на первой и четвертой коренных шейках; нагрузка на коленчатый вал передается через вторую и третью коренные шейки. После приложения нагрузки коленчатый вал приводился во вращение. Испытывались режимы стабилизации с различными величинами деформации и частоты вращения коленчатого вала. В результате проведенных исследований были подобраны режимы стабилизации, которые обеспечивали уменьшение первоначального биения коренных шеек от 1,6... 1,7 мм до 0,15... 0,2 мм. Частота вращения вала составляла 100 мин⁻¹.

Стабилизированные таким образом коленчатые валы сохраняли достигнутое биение без изменений в течение 240 часов, а через 500 часов выležивания было отмечено увеличение достигнутого биения в пределах 15...30 %.

Правленные коленчатые валы статическим изгибом через 500 часов выležивания имели увеличение достигнутого биения на 90...120 %,.

В процессе отработки режимов динамической стабилизации была достигнута точность по биению коренных шеек после стабилизации в пределах до 0,1 мм.

В зависимости от конструктивных особенностей конкретного коленчатого вала схема нагружения может быть уточнена, однако основные принципы динамической стабилизации могут быть применены к любым конструкциям и размерам коленчатых валов. Например, если бы динамическая стабилизация была использована в технологическом процессе изготовления коленчатого вала на Минском моторном заводе, то можно прогнозировать достижение точности коленчатого вала после динамической стабилизации по биению коренных шеек в пределах 0,15...0,20 мм, В этом случае можно уменьшить припуск на окончательную шлифовку коренных и шатунных шеек и соответственно уменьшить время шлифования, сократить количество шлифовальных станков. Это только прямой экономический эффект от применения динамической стабилизации, но при этом следует учитывать то, что применение динамической стабилизации обязательно скажется на увеличении долговечности работы коленчатого вала и в целом на улучшении показателей работы двигателя.

Выводы

1. Машиностроительные предприятия недостаточно используют метод динамической стабилизации для повышения точности геометрических параметров деталей типа дисков сцепления, фрикционных дисков, коленчатых валов, торсионных валов, дисковых пил, штоков, труб, гильз и ряда других жестких деталей. В процессе изготовления подобных деталей возникают значительные деформации, а для их исправления в основном применяются традиционные способы статической правки.

2. Применение динамической стабилизации позволяет улучшать геометрические параметры деталей, их долговечность и сократить технологические затраты при изготовлении.

3. Требования к современным конструкциям машин по снижению металлоемкости и повышению долговечности связаны с необходимостью изготовления деталей со стабильной геометрической формой и одним из направлений для этого является использование процесса динамической стабилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ракошиц Г.С., Кузьминцов В.И. Машинная правка проката, поковок и деталей, - М.: Высшая школа, 1983. - 199 с.
2. Правка ведомых дисков муфт сцепления методом «бегущей волны» деформации / В.Е. Антонюк, Р.Е. Игудесман, А.П. Самосейко, А.Г. Сосонкин. - Мн.: БелНИИТИ. 1989.-36 с.
3. Антонюк В.Е. Импульсная правка фрикционных дисков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2004,-№9. С. 44-46.
4. Антонюк В.Е. Динамическая стабилизация геометрических параметров деталей знакопеременным нагружением. - Мн.: Технопринт, 2004, - 184 с.
5. Hoerbiger Lamellenhandbuch. - HOERBIGER Antriebstechnik GmbH. - Schongau, 2004. - 24 с.
6. Филиппов Г.В. Режущий инструмент. - Л.: Машиностроение, 1981,-392 с.