

УДК 629.91+629.11.04

Е.П. Мельникова, профессор, д-р техн. наук,

В.В. Быков, инженер

*Автомобильно-дорожный институт государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет»,
ул. Кирова 51, г. Горловка, Украина, 84627*

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ АВТОМОБИЛЕЙ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Статья посвящена повышению долговечности тормозных дисков автомобилей путем обеспечения геометрической точности и заданной шероховатости их рабочих поверхностей при обработке на мобильном токарном оборудовании в процессе эксплуатации. В результате исследований установлена взаимосвязь между влиянием геометрической точности и шероховатости рабочей поверхности тормозного диска на продолжительность эксплуатации при обеспечении эффективного торможения автомобиля, а также установлены параметры состояния рабочих поверхностей тормозного диска, при которых необходимо производить обработку тормозных дисков непосредственно на автомобиле для увеличения срока их службы.

Ключевые слова: технология, токарная двурезцовая обработка, геометрическая точность, шероховатость, долговечность, тормозные диски.

Развитие науки и техники ставит перед современным машиностроением многообразие задач, которые должны надежно обеспечивать технические характеристики изделий на период их «жизненного цикла», что в значительной мере зависит от условий эксплуатации. В процессе эксплуатации большинство деталей и узлов автомобиля подвергаются значительным динамическим, тепловым, статическим, вибрационным нагрузкам и влиянию агрессивной окружающей среды. Наиболее ответственными и наименее долговечными деталями автомобиля являются элементы тормозной системы – пара трения «тормозной диск – тормозная колодка», которые непосредственно влияют на эффективность и стойкость автомобиля в процессе торможения, что оказывает существенное влияние на безопасность дорожного движения. Как известно, тормозная эффективность автомобилей является предметом жесткого контроля. Ежегодно на дорогах Украины погибают тысячи человек, однако по объективным данным погибших могло бы быть значительно меньше, если обеспечить надлежащую систему контроля технического состояния автомобилей и внедрить современные технологии обработки в период «жизненного цикла» деталей тормозной системы. Поэтому совершенствование способов поддержания тормозной системы транспортных машин в технически исправном состоянии, путем обработки ответственных деталей (тормозных дисков) в процессе эксплуатации для обеспечения требований производителей является важной проблемой. Данная проблема может быть решена за счет совершенствования технологии обработки введением принципов управляемого резания при бездемонтажной механической обработке. Необходимо разрабатывать мобильное оборудование для возможности продления срока службы тормозных дисков и повышения параметров тормозных качеств. В связи с этим в работе решается актуальная научно-техническая задача совершенствования технологического процесса обработки тормозных дисков автомобилей, что позволит повысить их долговечность, безопасность и за счет этого снизить аварийность и себестоимость эксплуатационных затрат.

Целью работы является повышение долговечности тормозных дисков автомобилей за счет совершенствования технологии механической обработки в период их «жизненного цикла».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать дефекты, возникающие в процессе эксплуатации и оказывающие влияние на долговечность тормозных дисков автомобилей.
2. Провести анализ технологических возможностей двурезцовой токарной обработки, как метода обеспечения необходимых параметров точности и шероховатости тормозных дисков автомобилей.

Анализ статистических данных собранных на предприятиях автосервиса Донецкой области, в том числе и результаты тестирования тормозной системы 900 автомобилей различных марок и моделей в лаборатории диагностики кафедры технической эксплуатации ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет» показал, что 792 оказались технически неисправными согласно требованиям ДСТУ. Это составило 88% от общего количества проверенных автомобилей. Биение рабочих поверхностей тормозных дисков наблюдалась у 25% от общего количества автомобилей. Разнотолщинность – у 21% проверенных автомобилей (рисунок 1.). Из-за биения и разнотолщинности увеличивается тормозной путь, появляется вибрация на рулевом колесе и педали тормоза при торможении.

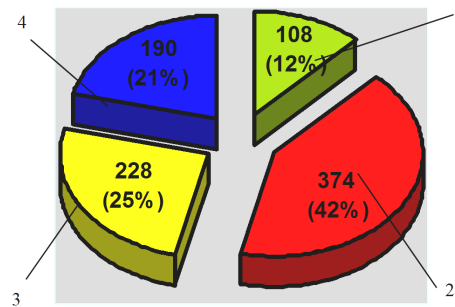


Рисунок 1 – Результаты тестирования тормозной системы 900 автомобилей различных марок и моделей:

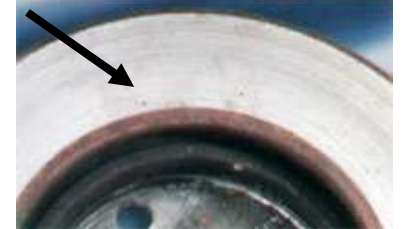
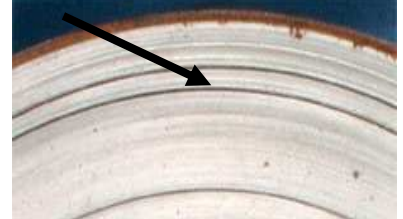
1 – исправные автомобили; 2 – неисправные автомобили; 3 – биение рабочих поверхностей тормозных дисков; 4 – разнотолщинность рабочих поверхностей тормозных дисков

Особенности конструкции тормозного диска вызывают его неравномерный разогрев от центра к периферии. Температурные деформации искажают форму тормозного диска, что приводит к неравномерному износу различных участков рабочей поверхности. При работе тормозного диска в режиме термоциклирования, когда происходит чередование состояний его нагрева и охлаждения, возникает нарушение геометрической точности. Опыт эксплуатации различных машин показал, что работоспособность детали зависит от состояния поверхностного слоя. Поверхностный слой оказывает существенное влияние на надежность работы детали, узла и машины в целом. При эксплуатации поверхностный слой подвергается наиболее сильному физико-химическому воздействию. Разрушение детали в большинстве случаев начинается с поверхности. Известно, что при механической обработке тормозного диска в нем сохраняются остаточные напряжения, способствующие впоследствии при эксплуатации появлению дефектов. Перегрев тормозного диска и микродеформации ступицы от постоянных ударов в процессе движения автомобиля приводят к биению тормозного диска и ступицы, что существенно снижает эффективность параметров тормозных качеств автомобиля. С помощью современных методов металлографического и микрорентгеноспектрального анализа установлено, что реальный процесс трения в паре «тормозной диск – тормозная колодка» делится на три составляющих: микрорезание, интенсивное окисление, перенос полимерного связующего и композитов материала тормозной колодки с продуктами, образующимися при работе в зоне контакта на поверхность тормозного диска [1]. Как следствие и различные условия эксплуатации приводят к появлению дефектов рабочих поверхностей тормозных дисков. Чаще всего проявляются эти дефекты в начальный период эксплуатации и до первой замены тормозных колодок. Наиболее часто встречающиеся дефекты приведены в таблице 1.

Таблица 1–Дефекты рабочих поверхностей тормозных дисков

№	Вид дефекта	Причина возникновения	Внешний вид дефекта
1	Абразивный износ рабочей поверхности.	Попадание на рабочую поверхность диска пыли и грязи	
2	Неравномерный износ рабочей поверхности	Радиальное биение тормозного диска	

Продолжение таблицы 1

3	Синие пятна на рабочей поверхности	Перегрев тормозного диска	
4	Коррозия рабочей поверхности	Агрессивная внешняя среда (соль, реагенты)	
5	Вмятины на рабочей поверхности	Неправильная очистка диска от загрязнений	
6	Волнистость рабочей поверхности	Низкое качество тормозных колодок	

Эксплуатация автомобиля с изношенными до металла колодками приводит к появлению задигов на рабочих поверхностях тормозных дисков. Состав тормозных колодок не является абсолютно однородным. Для достижения высоких фрикционных свойств и долговечности в него добавляют металлическую стружку, что приводит к неравномерному износу тормозного диска.

Производители жестко стандартизируют главные параметры тормозного диска. Нарушение плоскости диска не должно превышать 0,05мм, биение диска не более 0,025мм, а разница по толщине не более 0,05мм, твердость не ниже HB 180. В процессе эксплуатации осевое биение диска нередко превышает предельно допустимые значения, а износ диска по толщине превышает более 1 мм на каждую сторону. Новые диски в процессе производства сохраняют остаточные напряжения, способствующие впоследствии при эксплуатации появлению дефектов. Поэтому целесообразным является рассмотрение вопроса о механической обработке тормозных дисков непосредственно на автомобиле в процессе эксплуатации.

Основными факторами, оказывающими влияние на продолжительность «жизненного цикла» тормозных дисков автомобилей являются условия эксплуатации, а так же характеристики их рабочих поверхностей.

Если величина дефектов поверхностей трения достигает критических значений, то безопасная эксплуатация автомобиля становится невозможной. Критерием предельного состояния тормозных дисков являются: биение более 0,05 мм, износ более чем предельная толщина диска, установленная производителем.

Устранить данные дефекты можно следующим образом:

1. Заменой тормозных дисков на новые.
2. Проточкой рабочих поверхностей тормозных дисков на токарном станке путем снятия его с транспортной машины.
3. Проточкой рабочих поверхностей на мобильном токарном оборудовании без снятия тормозного диска с автомобиля.

Однако при замене тормозных дисков автомобилей не компенсируется биение ступицы, возникающее от постоянных ударов колеса о неровности дороги в процессе эксплуатации автомобиля. Это приводит к микродеформации ступицы, что требует обработки тормозного диска после установки его на автомобиль.

Для обработки рабочих поверхностей тормозных дисков применяется универсальное токарное оборудование. Обработка рабочей поверхности тормозного диска осуществляется путем механической обработки внутренней и наружной поверхности на токарном станке как со снятием тормозных дисков с автомобиля, так и без. Однако при демонтаже тормозного диска с автомобиля и установку его на соответствующее токарное оборудование невозможно выбрать удовлетворительную требованиям технологическую базу. Вследствие чего снижается действительная точность обработки тормозного диска. Это в свою очередь влечет дополнительные затраты времени и средств на демонтаж тормозного диска, замену смазки подшипников, особенно если это пара «тормозной диск – ступица».

Поэтому восстановление тормозных дисков путем механической обработки непосредственно на автомобиле актуально и его рекомендуют некоторые ведущие автопроизводители Audi, BMW, Ford, Toyota, Pejo и другие. Однако среди производителей автомобилей нет единого мнения по этому вопросу. Так, например фирма GM в техническом бюллетене для дилеров предлагает производить только замену тормозных дисков на новые при следующих условиях: биение тормозного диска превышает 0,08 мм, разнотолщинность превышает 0,025 мм, а также при наличии коррозии на тормозном диске. По их мнению, проточка тормозных дисков неоправданно быстро сокращает срок их службы и износостойкость. Поэтому есть необходимость рассмотрения и проведения исследования о возможности продления «жизненного цикла» тормозных дисков, путем восстановления рабочих поверхностей в период эксплуатации.

Технологическая система «станок-приспособление-инструмент-деталь» (СПИД) токарной обработки осуществляет взаимосвязь между заданными характеристиками действующих в процессе резания объектов и факторов, сложного физико-механического взаимодействия тормозного диска и резцов с результирующими параметрами обработки, определяющей эффективность и качественные показатели обработки. Оптимизация структуры и содержание заданных факторов при рациональной организации рабочего процесса резания способны обеспечить наилучшие результаты обработки. Комплексной характеристикой операции токарной обработки тормозного диска является надежное обеспечение установленных техническими требованиями параметров точности диска и качества поверхности. Двурезцовая токарная обработка позволяет значительно повысить точность точения в сравнении с однорезцовой. Однако значительное улучшение точности обработки сильно зависит от выставления резцов и конструкции оборудования.

Основным недостатком различных схем обработки является появление резонансных вибраций во время обработки рисунок 2.

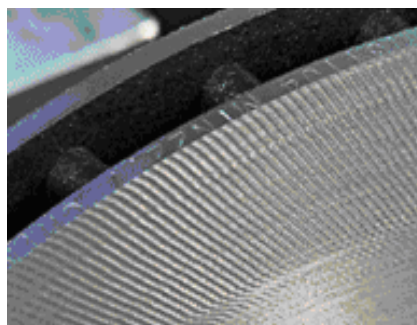


Рисунок 2 – Рабочая поверхность тормозного диска при появлении резонансных вибраций во время обработки

Экспериментальные исследования [2] показывают, что одновременная работа двух резцов не дает позитивных результатов относительно устранения вибраций. Напротив, в некоторых случаях они усиливаются, что объясняется тем, что невозможно совпадение полупериодов отталкивания детали от обоих резцов. Обобщая анализ конструкций, необходимо отметить, что главными их особенностями является непосредственное выравнивание радиальных сил резания путем осцилляций системы в радиальном направлении. В этом заключаются и основные недостатки таких конструкций, которые заложены в самом принципе такого выравнивания – копировании продольной кривизны детали и всех ее погрешностей, а также возникновении сильных вибраций в результате обработки.

Для устранения резонансных вибраций в современных конструкциях мобильного оборудования используются следующие способы: устранение вибраций за счет варьирования скорости вращения и

крутящего момента тормозного диска, применение прерывистой подачи для устранения спиральных канавок и установка звукоизолирующей ленты на тормозной диск для поглощения резонансной вибрации при обработке.

Однако существуют способы подавления вибраций с помощью адаптивного управления. По характеру воздействия на вибрации все способы адаптивного управления можно разделить на две группы. К первой группе можно отнести компенсацию отклонения величины относительного упругого перемещения детали и инструмента путем внесения поправки в размер статической настройки и стабилизацию величины относительного упругого перемещения регулированием величины продольной подачи. Ко второй группе относятся способы управления по возмущениям – по гашению колебаний с помощью виброгасителей.

Как уже отмечалось выше, перспективным с точки зрения повышения точности и качества двурезцово́й обработки является адаптивное управление процессом резания. Повышение точности обработки за счет применения систем адаптивного управления исследовалось, в частности, на примере двусуппортных токарных станков [2]. Предлагались три варианта такой регуляции: со стабилизацией силы резания на каждом резце; со стабилизацией суммарной тангенциальной составляющей двух суппортов; с индивидуальной стабилизацией тангенциальной составной силы резания на одном из суппортов. Усилия резания изменяли за счет изменения подачи. При этом для второго варианта управления удалось достичь надежной поддержки средней величины тангенциальной составляющей, отсутствия динамических нагрузок. Предложен и другой способ многорезцово́й токарной обработки [2], которая базируется на применении адаптивной системы управления. Равенство радиальных усилий на резцах обеспечивается адаптивной системой управления и исполнительным двигателем путем регулировки продольной подачи одного из суппортов. Применение такой системы позволяет в значительной степени избежать вредного влияния радиальной составляющей силы резания на деформацию и вибрации обрабатываемых деталей.

Упростить систему позволяет использование внутренних связей системы СПИД, осуществляемых непосредственно через процесс резания. Системы с внутренними связями содержат контур стабилизации силового процесса резания [2].

По литературным данным достаточно широко изучено влияние выше перечисленных технологических факторов на процесс обработки и степени их воздействия на качество и точность формируемой поверхности стационарными станками [2]. Однако такие исследования не проводились для мобильного токарного оборудования.

Поэтому существует потребность в разработке нового и модернизации существующего мобильного оборудования для обеспечения высокой точности и качества обработки тел вращения пониженной жесткости – тормозных дисков. В соответствии с поставленными задачами была разработана мобильная токарная установка с гидравлической стабилизацией сил резания, изображенная на рисунок 3.

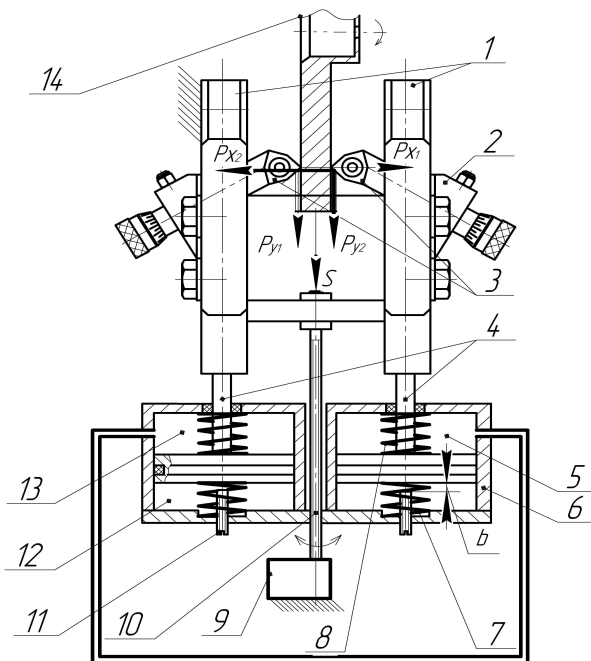


Рисунок – 3 Установка для обработки рабочих поверхностей тормозного диска: 1 – направляющая; 2 – резцедержатель; 3 – резец; 4 – шток; 5, 13 – полость гидроцилиндра с маслом; 6 – корпус; 7, 8 – пружина; 9 – привод подачи; 10 – винт подачи; 11 – регулировочный винт; 12 – полость; 14 – тормозной диск

Разработанная установка позволяет производить механическую обработку рабочих поверхностей одновременно с обеих сторон и в отличие от аналогов оснащена гидравлической системой стабилизации сил резания — что в условиях переменной жесткости технологической обрабатываемой системы позволяет получать поверхность заданной шероховатости, повысить геометрическую точность обработки. На эту разработку получен патент Украины на полезную модель № 65778.

В данной статье решена задача повышения долговечности тормозных дисков автомобилей при обработке на мобильном токарном оборудовании и обеспечение геометрической точности и шероховатости его поверхности в период эксплуатации.

Библиографический список использованной литературы

1. Болдырев Д.А. Повышение работоспособности и ресурса пары трения «тормозной диск — тормозная колодка»: дис. канд. техн. наук: 05.16.01 / Д.А. Болдырев. — 2004. — 137 с.
2. Луців І.В. Основи створення багатолезового оснащення з міжінструментальними зв'язками для обробки поверхонь обертання: дис... д-ра техн. наук: 05.03.01/ Луців Ігор Володимирович. — Тернопіль, 2006. — 448 с.
3. Патент на корисну модель № 65778 Україна. МПК В60S 5/00. Модуль для проточки робочих поверхонь гальмівних дисків /В.В. Биков. (Україна).— № u 201107805; заявл. 21.06.2011; опубл. 12.12.2011, Бюл. №23.— 4 с.

Поступила в редакцию 16.04.2012 г.

Мельникова О.П., Биков В.В. Підвищення довговічності гальмівних дисків автомобілів за рахунок вдосконалення технології механічної обробки

Стаття присвячена підвищенню довготривалості гальмівних дисків автомобілів шляхом забезпечення геометричної точності й заданої шорсткості їх робочих поверхонь при обробці на мобільному токарному обладнанні в процесі експлуатації. У результаті досліджень установлений взаємозв'язок між впливом геометричної точності й шорсткості робочої поверхні гальмового диска на тривалість експлуатації при забезпеченні ефективного гальмування автомобіля, а також установлені параметри стану робочих поверхонь гальмівного диску, при яких необхідно робити їх обробку безпосередньо на автомобілі для збільшення строку їх служби.

Ключові слова: технологія, токарна дворізева обробка, геометрична точність, шорсткість, довготривалість, гальмівні диски.

Melnikova O.P., Bykov V.V. The improvement of technology and environment-mechanical treatment processing of brake discs of transport vehicles to increase their long-eternity

Article is devoted increase of durability of brake disks of cars by maintenance of geometrical accuracy and the set roughness of their working surfaces at processing on the mobile turning equipment while in service. As a result of researches the interrelation between influence of geometrical accuracy and a roughness of a working surface of a brake disk on duration of operation is established at maintenance of effective braking of the car, and also parameters of a condition of working surfaces of a brake disk at which it is necessary to make processing of brake disks directly on the car for increase in term of their service are established.

Keywords: Technology, turning two chisels processing, roughness, durability, brake discs.