



Керамические тормоза автомобилей Audi

Программа самообучения 441

В 2006 г. на Audi A8 в качестве дополнительного оборудования впервые появились тормозные механизмы с керамическими фрикционными дисками. На мощных и динамичных автомобилях они продемонстрировали убедительные преимущества по сравнению с обычными тормозными механизмами. Поэтому тормозные механизмы с керамическими фрикционными дисками стали устанавливаться и на другие модели. На Audi Q7 V12 TDI керамические тормозные механизмы впервые входят в стандартное оснащение. Настоящая программа самообучения способствует получению базовых знаний по этой интересной теме.



Оглавление

Введение

Армированные волокном композитные материалы в тормозных механизмах	4
Керамика типа C/SiC	6
Процесс изготовления керамического тормозного диска	7
Структура керамического тормозного диска	8

Керамические тормоза серийных автомобилей Audi

Техническая реализация.	10
Перечень моделей	13
Конструкция и маркировка керамических тормозных дисков	14

Техническое обслуживание

Общие указания по обращению с керамическими тормозными дисками	16
Последовательность работ при замене колёс	16
Визуальные признаки новых керамических дисков.	17
Критерии износа.	18
Определение износа	19
Повреждения	22
Предписания по обкатке тормозов	23

Программа самообучения содержит базовую информацию об устройстве новых моделей автомобилей, о новых автомобильных системах, компонентах и принципах их работы.

Она не является руководством по ремонту!

Указанные значения служат только для облегчения понимания и действительны на момент составления программы самообучения и выпуска соответствующего ПО.

Для проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту необходимо использовать соответствующую техническую литературу.

Ссылка



Примечание



Армированные волокном композитные материалы в тормозных механизмах

Армированные волокном композитные материалы всё больше используются в автомобильной технике. Причиной этого являются специальные свойства материала, которые делают его фаворитом в определённых областях применения. Особенно следует подчеркнуть высокую прочность при малом удельном весе, высокую термостойкость и превосходную износостойкость.

Армированные волокном композитные материалы из углерода (типа C/C* (углерод-углерод — на основе углеродной матрицы и углеродных волокон)) успешно используются на протяжении многих лет в автоспорте для изготовления тормозных дисков и колодок. Для изготовления тормозных колодок серийных автомобилей был разработан композит типа C/SiC* (углерод-карбид кремния). Более подробно этот материал будет рассмотрен в следующей главе.



Использование тормозных дисков из материала типа углерод-углерод в Audi R10 TDI

441_001

* Определение понятий

- CFK: пластик, армированный углеродным волокном.
- C/C: армированный углеродным волокном углерод.
- C/SiC: армированный углеродным волокном карбид кремния (карборунд).

В качестве материала для изготовления тормозных дисков керамика типа C/SiC имеет существенные преимущества по сравнению с используемыми обычно металлами, например серым чугуном:

– малая масса конструктивных элементов и тем самым уменьшение неподрессоренных и вращающихся масс (уменьшение массы составляет примерно 50% на колесо)

– высокая износостойкость — почти в четыре раза больший срок службы по сравнению с обычными тормозными дисками



441_002

– намного более высокая стойкость к резким перепадам температуры (стойкость к тепловому удару) — благодаря этому практически отсутствуют геометрические деформации тормозных дисков при изменении температуры

– высокая термостойкость и благодаря этому значительно меньшее снижение коэффициента трения между тормозным диском и колодками при увеличении температуры (снижение эффективности торможения)*

Керамика типа C/SiC

Керамикой типа C/SiC называют армированный углеродным волокном карбид кремния. Карбид кремния по своим свойствам схож с алмазом, то есть он имеет очень высокую твёрдость и благодаря этому очень высокую износостойкость, очень хорошую химическую и термическую прочность.

Чтобы иметь возможность использовать этот прочный, но хрупкий материал специально для тормозных дисков, в матрицу карбида кремния для усиления добавляется углеродное волокно. Таким образом достигают намного более высокую вязкость разрушения и благодаря псевдопластичному поведению материала получают более устойчивые к повреждениям детали и узлы.



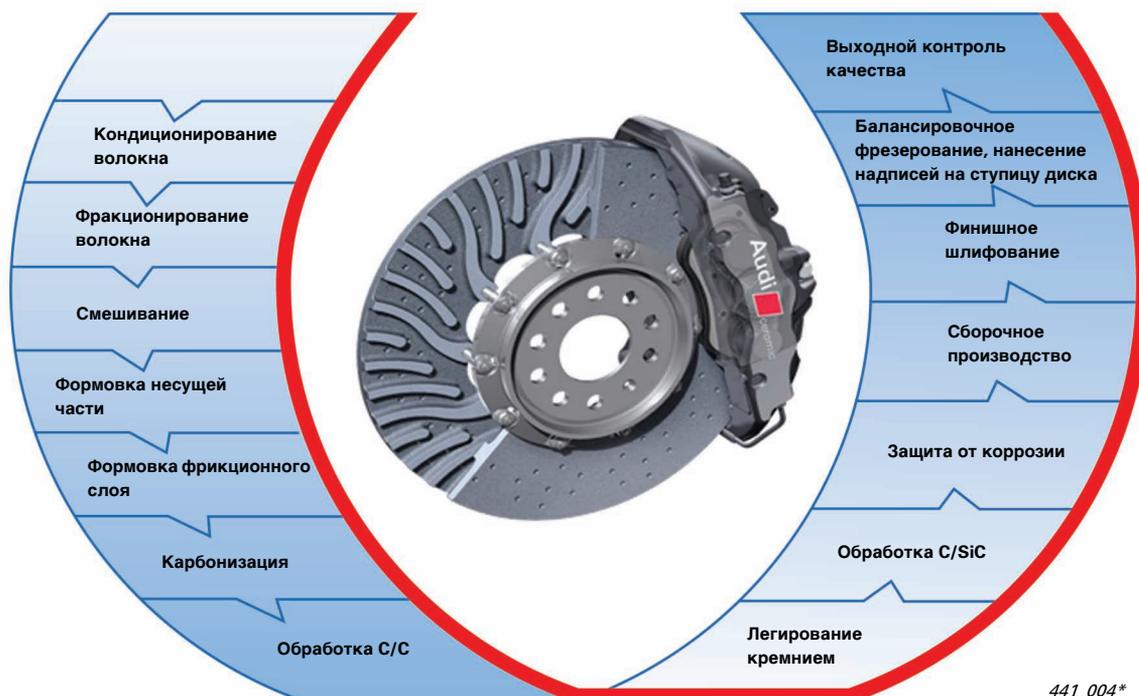
Сырьё: смесь из углеродного волокна, фенол-формальдегидной смолы и гранулированного кремния

441_003

Процесс изготовления керамического тормозного диска

диска является предельно сложным. Многие этапы процесса всё ещё производятся вручную и требуют очень больших затрат времени. Чтобы соответствовать высоким стандартам, требуются дорогие операции дополнительной обработки керамической заготовки тормозного диска.

Чтобы вникнуть во все подробности отдельных этапов процесса, пришлось бы перечитать огромное количество документации. На рисунке снизу представлены основные этапы изготовления керамического тормозного диска.



441_004*

Сырьём для производства керамического тормозного диска C/SiC является смесь из углеродного волокна различной длины и фенол-формальдегидной смолы. Эта смесь уплотняется и отверждается при высоком давлении и температуре, и таким образом получается материал CFK.

Затем эта заготовка подвергается температурной обработке при примерно 900°C без притока кислорода (карбонизации), при этом фенол-формальдегидная смола преобразуется в углерод, и получается так называемый материал типа C/C.

Только после промежуточной механической обработки производится инфильтрация в заготовку расплава кремния (легирование кремнием) в вакуумной печи при температуре более 1500°C, при этом матричный углерод при реакции с расплавом кремния преобразуется в карбид кремния, усиливающие углеродные волокна остаются в структуре.

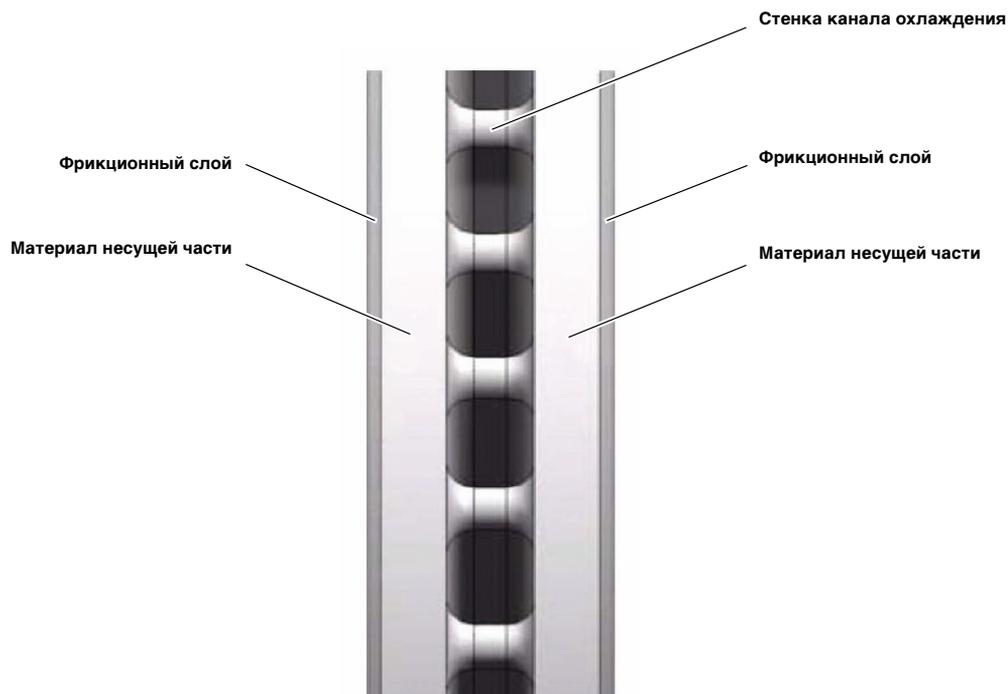
В результате этого процесса получается фрикционное кольцо из керамики типа C/SiC. Далее заготовку ещё раз обрабатывают, соединяют винтами с металлической ступицей и потом производят финишное шлифование.

* Предоставлено SGL Group Meitingen.

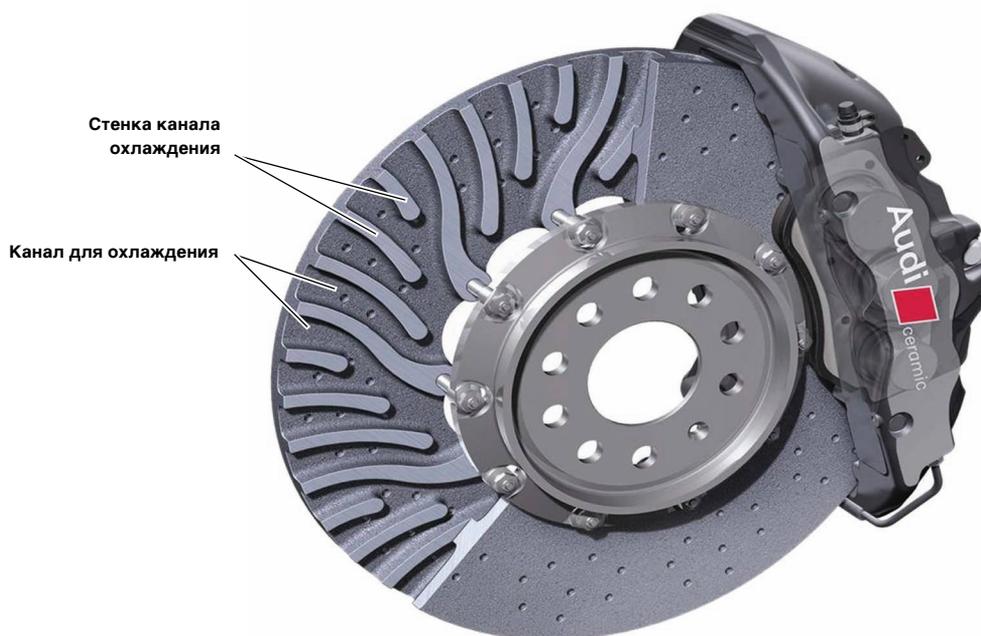
Структура керамического тормозного диска

Керамический тормозной диск имеет с обеих сторон фрикционные слои, свойства которых определяют трибологические характеристики тормозной системы. Эти фрикционные поверхности имеют несколько иной химический состав, чем скрытая под ними несущая часть, которая отвечает за прочность узла и восприятие энергии торможения.

Все используемые в серийных автомобилях Audi керамические тормозные диски вентилируются изнутри через специально разработанные каналы для реализации оптимального охлаждения при торможении.



441_005*

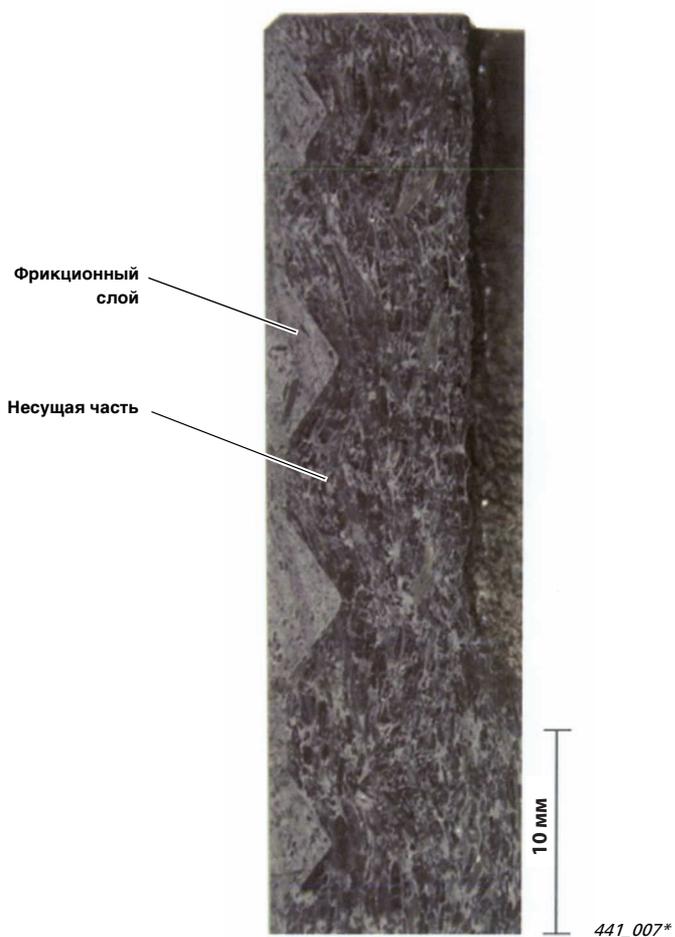


441_006

* Предоставлено SGL Group Meitingen.

Материал типа C/SiC тормозного диска в основном включает в себя три компонента. Матрица состоит из карбида кремния и свободного кремния, армирование производится за счёт расположенных в ней углеродных волокон. Во фрикционном слое доля керамики из карбида кремния намного выше, чем в несущей части, для обеспечения надлежащей твёрдости и износостойкости поверхности.

В несущей части, наоборот, соответствующим образом увеличена доля углеродного волокна для обеспечения достаточной прочности узла.



Структура керамического тормозного диска, состоящего из фрикционного слоя и несущей части (поперечное сечение)

* Предоставлено SGL Group Meitingen.

Керамические тормоза серийных автомобилей Audi

Техническая реализация

Впервые армированные волокном композитные материалы начали использоваться для производства тормозных дисков в автоспорте. Но требования, предъявляемые к используемым здесь узлам из материалов типа C/C, всё же значительно отличаются от требований для использования на серийных автомобилях. В то время как в автоспорте прежде всего важна реализация высокой мощности торможения даже в диапазоне высоких температур, в серийных автомобилях большую роль также играют такие критерии, как износостойкость, возможность дозирования, комфорт и стоимость.

В автоспорте тормозные диски и колодки из материалов типа C/C необходимо предварительно прогреть до определённой температуры, только после этого будет достигнут требуемый коэффициент трения и требуемая мощность торможения. Такие характеристики не приемлемы для серийных автомобилей. Поэтому на серийных автомобилях Audi используются тормозные диски из материала типа C/SiC, которые при всех условиях эксплуатации обеспечивают оптимальное торможение.

В серийных автомобилях Audi в системах керамических тормозов используются тормозные колодки из обычных органических композитных материалов. Для изготовления таких колодок в смесь добавляют немного больше цветных металлов, чем в смесь колодок для обычных тормозов, что позволяет реализовать более высокие температуры торможения. Стойкость покрытия сопоставима с обычными тормозными дисками.

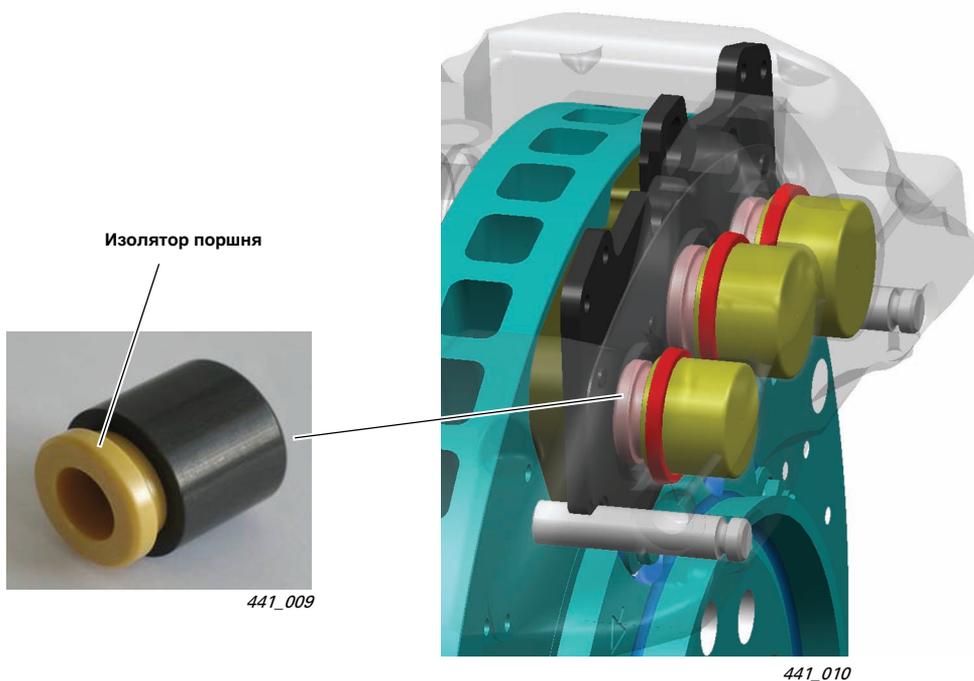


441_008

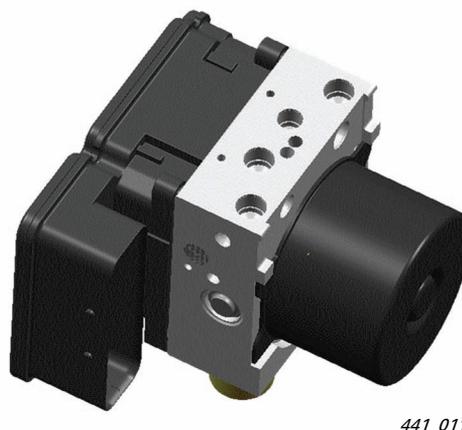
Тормозные колодки из органических материалов для керамических тормозов

Из-за возросших по сравнению с обычными тормозными механизмами максимальных температур тормозного диска и тормозных колодок возникла необходимость разработки специального тормозного суппорта. Необходимо обеспечить минимальную теплопередачу от тормозных колодок и цилиндра к тормозной жидкости, чтобы она не слишком сильно нагревалась.

Если тормозная жидкость закипит, то это может привести к образованию пузырьков пара и, следовательно, паровым пробкам в тормозной системе. Чтобы это предотвратить, некоторые производители (например, фирма Brembo) устанавливают между поршнем тормозного цилиндра и тормозной колодкой керамический изолятор из оксида циркония.

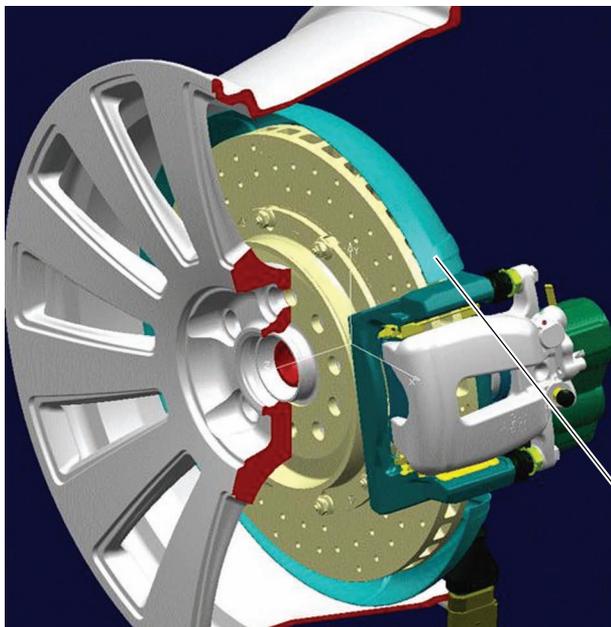


Керамические тормозные диски в отличие от обычных довольно значительно меняют свои тормозные свойства при наличии плёнки воды (при торможении в сырую погоду). Для всех автомобилей Audi, оборудованных керамическими тормозами, в системе ESP предусмотрена функция «удаления влаги с тормозных дисков». При сырой погоде тормозные колодки циклически прижимаются к диску, поверхность тормозного диска при этом высушивается и очищается.

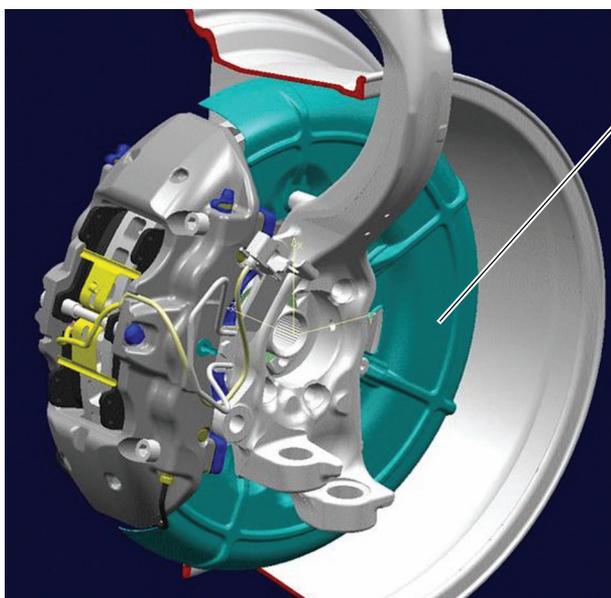


Керамические тормоза серийных автомобилей Audi

Техническая реализация



441_012



441_013

Дополнительно на автомобилях с керамическими тормозами используются защитные щитки большего размера.

Перечень моделей

В соответствии с текущим предложением на декабрь 2008 г. керамические тормоза могут быть установлены только на те автомобили Audi, которые приведены в данной таблице.

Модель	Комплектация	Устанавливаются
A8 W12	опция к базовой комплектации	на передние и задние колёса
S8	опция к базовой комплектации	на передние и задние колёса
A8 V8 (TDI и FSI)	опция к базовой комплектации, дополнительное оборудование	на передние и задние колёса
RS4 (универсал, седан, кабриолет)	опция к базовой комплектации	только на передние колёса
RS6 (универсал, седан)	опция к базовой комплектации	на передние и задние колёса
Q7 V12 TDI	стандартная комплектация	на передние и задние колёса
Q7 V8	опция к базовой комплектации	на передние и задние колёса
R8	опция к базовой комплектации	на передние и задние колёса



441_014

Керамические тормоза серийных автомобилей Audi

Конструкция и маркировка керамических тормозных дисков

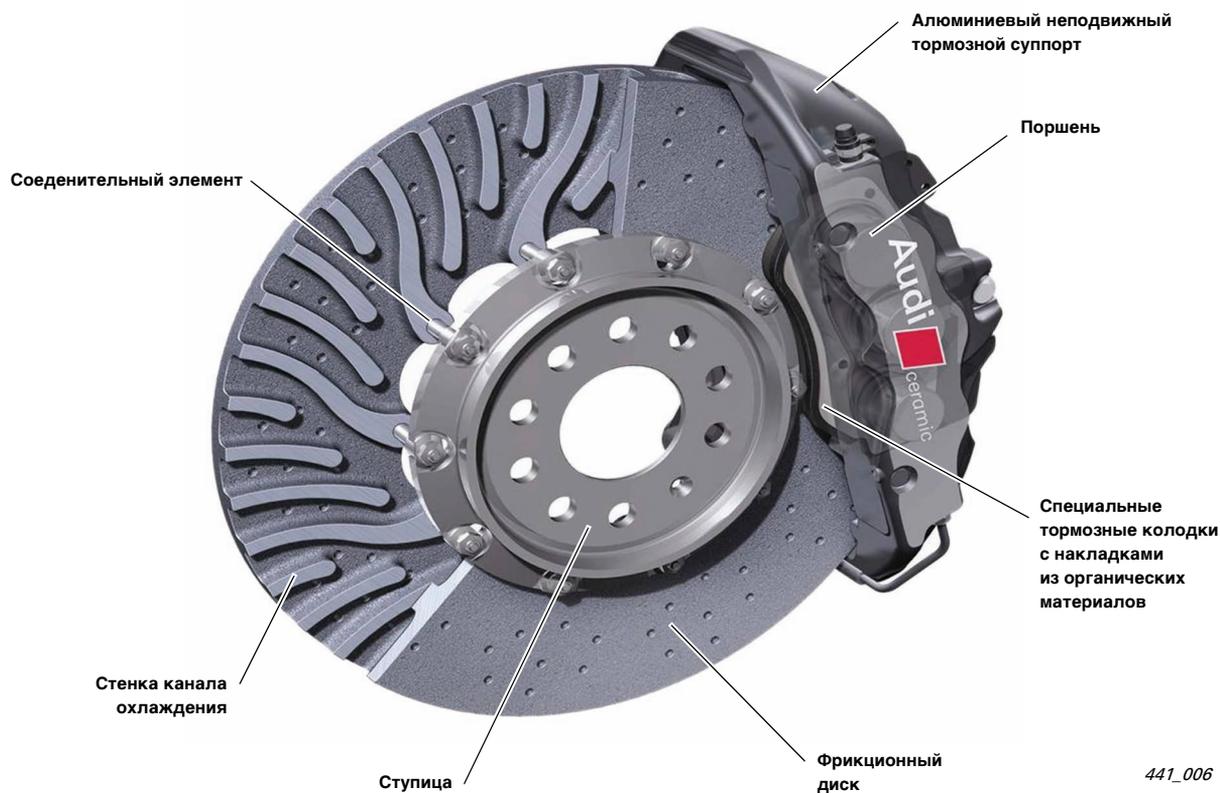
Керамический фрикционный диск прочно связан с металлической ступицей с помощью соединительных элементов. Ступица тормозного диска и соединительные элементы изготовлены из коррозионностойкого металлического сплава. У некоторых моделей автомобилей ступица тормозного диска имеет специальное покрытие. Во фрикционном диске прорезаются перфорационные отверстия и каналы охлаждения.

Надлежащее охлаждение обеспечивается только в случае правильной установки тормозных дисков. Поэтому необходимо обращать внимание на указание направления вращения, так как для правой и левой стороны автомобиля предусмотрены различные тормозные диски.

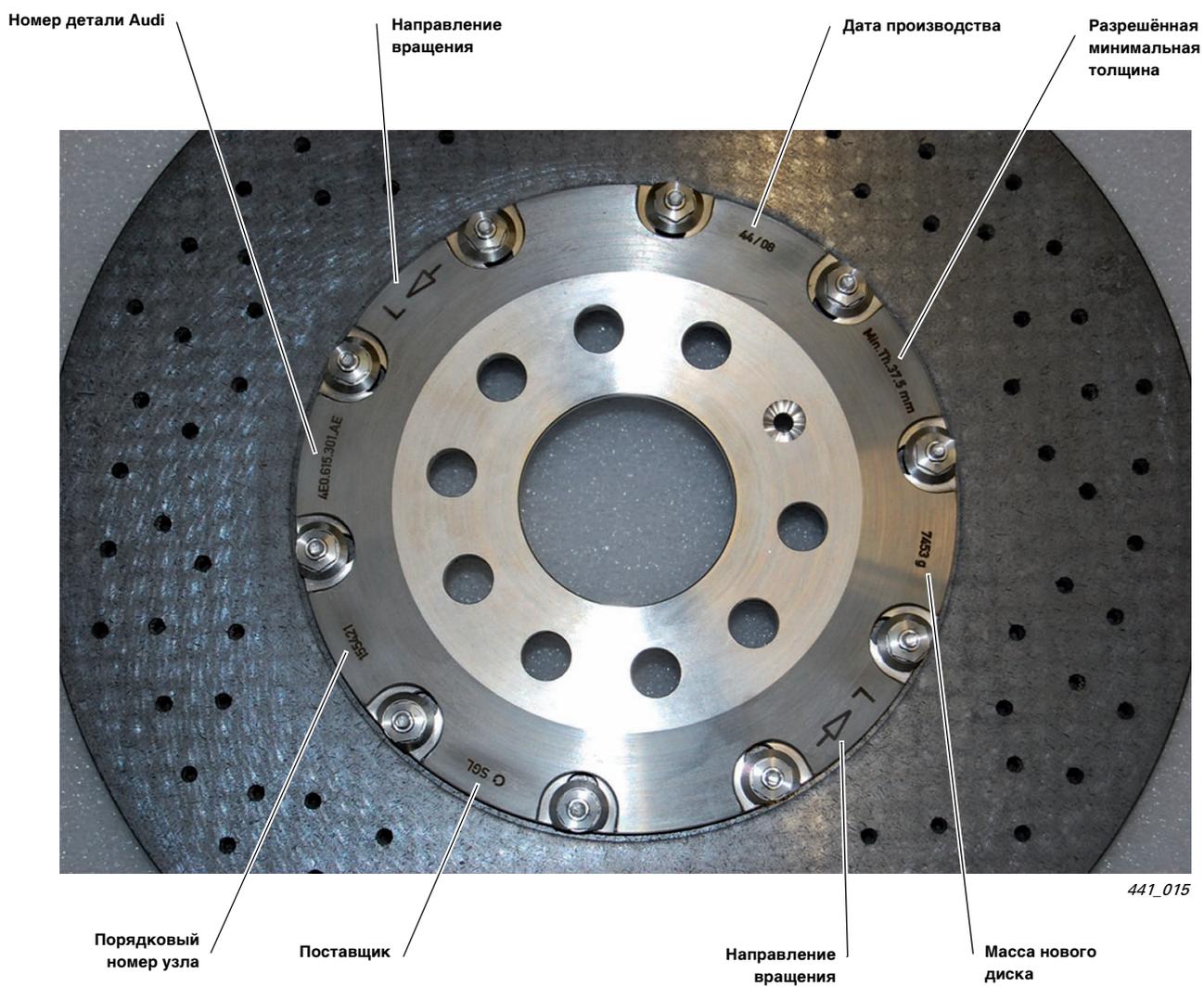
Примечание



Разборка этих соединений в условиях сервиса запрещена!



Основные данные выгравированы на ступице керамического тормозного диска.



Общие указания по обращению с керамическими тормозными дисками

При обращении с керамическими тормозными дисками необходимо обратить внимание на следующее.

- Избегать ударных механических воздействий на тормозной диск (например, нельзя бить по нему молотком при снятии тормозного диска со ступицы колеса).
- Механическое воздействие на керамические поверхности не допускается. В случае загрязнения тормозного диска чистка перфорационных отверстий аккуратно производится при помощи подходящего инструмента.
- Очистка тормозных дисков производится с помощью обычных средств для тормозов, парогенераторов или сжатого воздуха. Неисправные или изношенные тормозные диски должны быть отправлены обратно Audi AG.

Примечание



При использовании сжатого воздуха следует защитить органы дыхания!



Монтажный стержень из комплекта инструмента, прилагаемого к автомобилю

441_016

Последовательность работ при замене колёс

Чтобы при снятии колеса с автомобиля избежать удара колёсного обода по керамическому тормозному диску, в комплект инструментов, прилагаемый к автомобилю, входят дополнительные принадлежности. Это стержень, который удерживает колесо при снятии на таком расстоянии от тормозного диска, что соударение с тормозным диском исключается.



Ввинченный монтажный стержень

441_017

Примечание



Следует обязательно изучить положения руководств по эксплуатации и ремонту!

Визуальные признаки новых керамических дисков

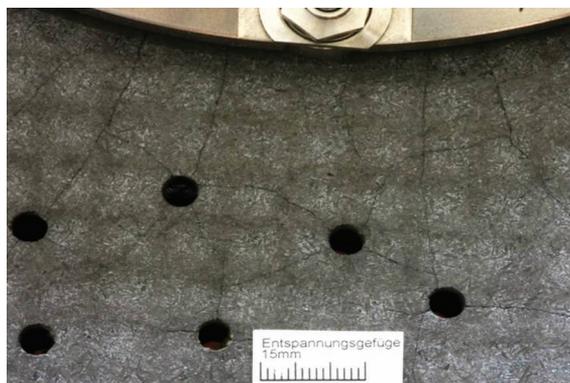
Необходимость замены тормозного диска определяется посредством объективной оценки износа и повреждений.

Для облегчения оценки необходимо знать, как выглядит тормозной диск в новом состоянии. Далее описаны важнейшие признаки.

1. Усадочная структура фрикционной поверхности

Фрикционная поверхность уже в новом состоянии имеет усадочную структуру различной выраженности. Отдельные усадочные трещины проходят вдоль некоторых перфорационных отверстий. Эти трещины бывают более заметны или на одной, или на другой стороне тормозного диска. Такая усадочная структура возникает в процессе производства диска и не является признаком дефекта.

Тем самым вид поверхности керамических фрикционных дисков значительно отличается от вида поверхности обычных тормозных дисков. Выглядящий таким образом обычный тормозной диск следовало бы заменить, для керамических тормозных дисков такое состояние не является неисправностью! Профилированная структура поверхности раздела между фрикционным слоем и несущей частью угадывается на наружной поверхности в виде решётчатой структуры.

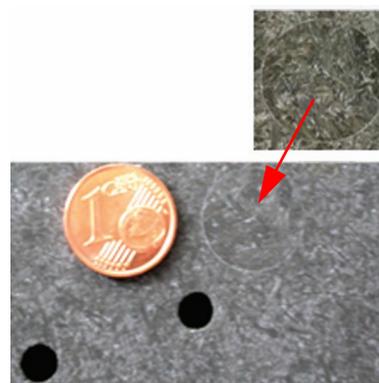


Типичная картина усадочных трещин и решётчатой структуры нового керамического тормозного диска

441_018

2. Индикаторы износа на фрикционных поверхностях

На каждой фрикционной поверхности нанесены три круглых индикатора износа, которые смещены друг относительно друга на угол 120° . Они служат для оценки износа керамических тормозных дисков после соответствующего пробега и/или восприятия сильных нагрузок. Об оценке износа с помощью индикаторов будет рассказано в следующей главе.

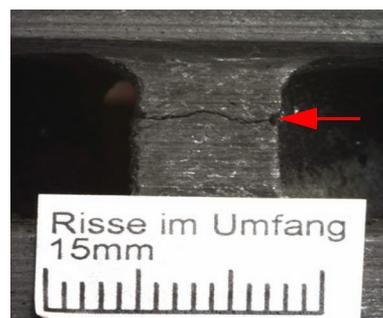


Индикатор износа нового керамического тормозного диска

441_019

3. Поверхностные трещины в стенках канала охлаждения

Поверхностные трещины в стенках канала охлаждения также обусловлены технологией производства и не являются признаками дефекта.



Трещина в стенке канала охлаждения нового керамического тормозного диска

441_020

Критерии износа

Для керамических тормозных дисков различают два вида износа.

1. Износ по толщине

Вследствие механического трения между тормозными колодками и фрикционным диском происходит уменьшение его толщины. Благодаря твёрдости поверхности износ по толщине у таких дисков значительно меньше, чем у обычных.



441_021

2. Уменьшение массы из-за окисления

Керамический тормозной диск подвергается термомеханическому износу и окислению. При нагреве тормозного диска до температур выше 400°C углеродное волокно окисляется под воздействием кислорода воздуха. Так как рабочая температура в течение длительного времени превышает 400°C, то это приводит к постоянному снижению массы тормозного диска и видимым поверхностным изменениям структуры материала из-за его выгорания и возникающей пористости.



Поверхность тормозного диска, не бывшего в употреблении

441_022a



Поверхность тормозного диска со следами выгорания

441_022b

Определение износа

Какой из видов износа окажется критическим в первую очередь, зависит в основном от условий эксплуатации керамического тормозного диска.

1. Измерение износа по толщине

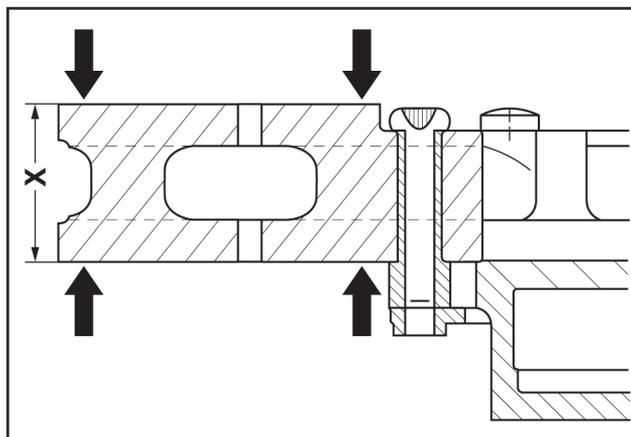
На ступице керамического тормозного диска выгравирована минимально допустимая толщина фрикционного диска

min. Th. («minimum Thickness») — гравировка с указанием минимальной толщины.



441_023

Толщину тормозного диска (размер **X**) необходимо измерять с помощью подходящего микрометра или измерительного калибра в области внутренних или наружных следов трения (см. стрелки на рисунке). Измерение толщины тормозного диска производится при каждой замене тормозных колодок, результаты измерений соответствующим образом документируются. Если размер $X = \text{min. Th.} + 0,2 \text{ мм}$, то необходимо провести обязательное взвешивание керамического тормозного диска (порядок взвешивания — см. п. 2).



441_024

Примечание



Дальнейшая эксплуатация диска после достижения им минимальной толщины недопустима. Тормозные диски должны быть сразу же сняты и отправлены в компанию Audi AG!

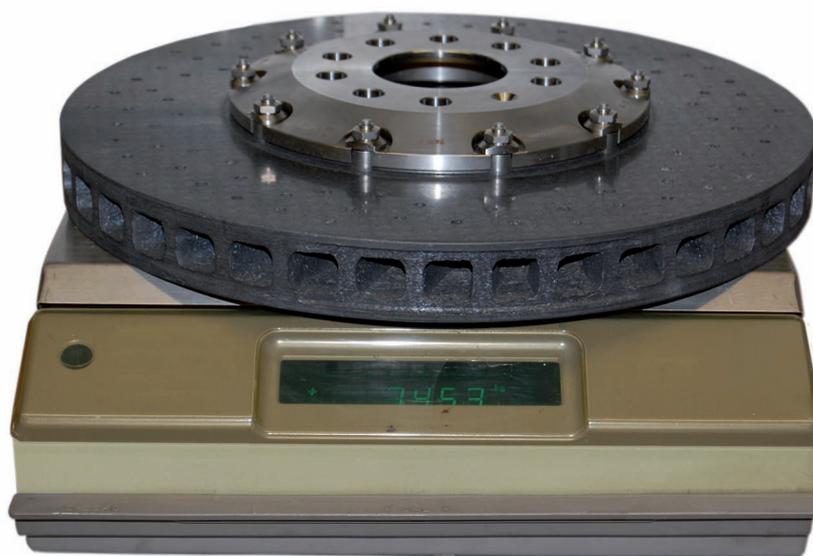
Определение износа

2. Определение износа взвешиванием

Из-за окисления углерода при высоких нагрузках у керамического тормозного диска постоянно уменьшается масса. Поэтому другой возможностью определения степени износа является взвешивание тормозного диска. Однако это возможно только при наличии весов с необходимой точностью измерений (± 1 г).

Исходная масса в новом состоянии выгравирована на ступицах тормозных дисков.

Предел измерений весов должен составлять 0-12 кг.



441_027

Предельно допустимые значения необходимо уточнять для каждого конкретного случая в руководстве по ремонту.

Примечание



Перед взвешиванием тормозной диск необходимо очистить и высушить, так как большое количество загрязнений и влаги сильно искажают результат измерения массы.

Для тормозных дисков с отчётливыми следами от прилипших частиц тормозных накладок на фрикционной поверхности сначала необходимо провести «очистительное торможение».

При достижении предельных величин диски необходимо заменить. Дальнейшая эксплуатация таких тормозных дисков недопустима! Снятые диски необходимо отправить в компанию Audi AG!

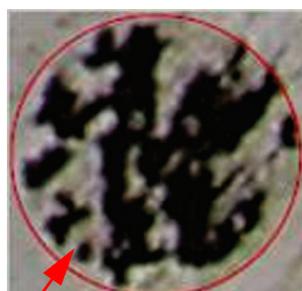
Определение износа

3. Оценка вида индикаторов износа

Индикаторы визуально отличаются от окружающей поверхности фрикционного диска благодаря несколько другому цвету. Другой цвет получается в результате более высокого содержания углерода, благодаря чему индикаторы изнашиваются быстрее, чем оставшаяся фрикционная поверхность.

Износ индикаторов проявляется в форме выгорания материала, которое можно узнать по углублениям тёмного цвета. Если износ отчётливо заметен, то необходимо провести измерение толщины тормозного диска (порядок измерения — см. п. 1). Это измерение необходимо проводить, если хотя бы один из имеющихся шести индикаторов показывает такую степень износа

Пример более 50% износа по площади индикатора



441_025



441_026

Повреждения

В рамках периодических технических осмотров и при предъявлении рекламаций необходимо провести также визуальную проверку на наличие повреждений. Визуальный контроль включает в себя осмотр ступицы тормозного диска и соединительных элементов, болтов, гаек и прижимной шайбы. Отсутствующие или неправильно установленные детали приводят к замене тормозного диска.

«Дотягивание» соединительных элементов категорически запрещено.

1. Трещины в области крепления

Керамические тормозные диски с трещинами, которые проходят от области крепления (болтового соединения со ступицей) внутрь фрикционной поверхности, необходимо заменить!



Недопустимая трещина в области крепления

441_028

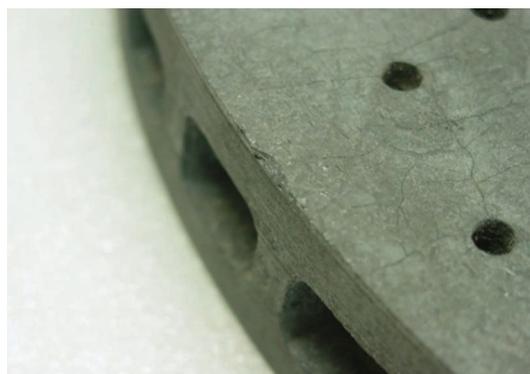
2. Отбитые края

Края отбиваются в результате механических повреждений.

Допускается:

- макс. допустимая ширина/глубина = 2 мм;
- макс. допустимая длина = 10 мм;
- максимум три повреждения края на одном тормозном диске.

При выходе за указанные пределы тормозной диск должен быть заменён.



Отбитый край

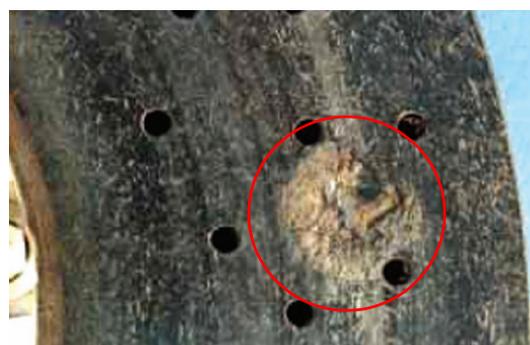
441_029

3. Сколы и вырывы на фрикционных поверхностях

Тормозные диски с вырывами материала на фрикционной поверхности

площадью более 1 см²

необходимо заменить!



Вырыв на фрикционном слое

441_030

Примечание



Тормозные диски необходимо заменять парами (на одной оси), если

- тормозные диски необходимо заменить по причине износа;
- новые тормозные диски имеют другое исполнение (это можно распознать по изменению номера детали)!

При этом тормозные колодки также необходимо заменить на новые с обеих сторон!

Заменённые керамические тормозные диски необходимо отправить в компанию Audi AG!

Трущиеся поверхности керамических тормозных дисков имеют более высокую износостойкость, чем у обычных дисков.

Новые тормозные диски сначала должны «притереться». В зависимости от того, насколько часто задействуются тормоза, этот процесс может занять больше времени, чем при установке обычных тормозных дисков.

Не отшлифованные должным образом тормозные диски могут служить причиной повышенного износа и поводом для рекламаций из-за ухудшившегося комфорта (шумы, вибрации).

Предписания по обкатке тормозов

После замены керамических тормозных дисков и/или тормозных колодок обязательно необходимо выполнить обкатку.

Новые колодки, новые тормозные диски

10 торможений со скорости примерно 80 км/ч до 30 км/ч с небольшим замедлением (соответствует осторожной предусмотрительной манере вождения с выполняемым загодя торможением, колебание автомобиля относительно поперечной оси («клевки») в процессе торможения не заметно, ремень не блокируется).

20 торможений со скорости примерно 100 км/ч до 50 км/ч со средним замедлением (с лёгким «клевком» автомобиля).

Необходимо избегать повторного торможения.

Между отдельными торможениями допускается охлаждение тормозов.

На это требуется примерно 30 минут.

Новые колодки, б/у диски

5 торможений со скорости примерно 80 км/ч до 30 км/ч с небольшим замедлением (соответствует осторожной предусмотрительной манере вождения с выполняемым загодя торможением, колебание автомобиля относительно поперечной оси («клевки») в процессе торможения не заметно, ремень не блокируется).

10 торможений со скорости примерно 100 км/ч до 50 км/ч со средним замедлением (с лёгким «клевком» автомобиля).

Необходимо избегать повторного торможения.

Между отдельными торможениями допускается охлаждение тормозов.

На это требуется примерно 20 минут.

Все права защищены.
С правом внесения
технических изменений.

Авторские права:
AUDI AG
I/VK-35
Service.training@audi.de
Факс: +49-841/89-36367

AUDI AG
D-85045 Ингольштадт
По состоянию на 12/08

Перевод и вёрстка
ООО «Фольксваген Груп Рус»
A09.5S00.59.75