



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C23C 14/06 (2006.01); F16J 9/26 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016131087, 08.12.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.12.2014

Дата регистрации:
21.01.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
15.01.2014 DE 10 2014 200 607.4

(43) Дата публикации заявки: 20.02.2018 Бюл. №
5

(45) Опубликовано: 21.01.2019 Бюл. № 3

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 15.08.2016

(86) Заявка РСТ:
EP 2014/076866 (08.12.2014)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2015/106884 (23.07.2015)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Большая Спасская, д. 25,
строение 3, ООО "Юридическая фирма
Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

КЕННЕДИ, Маркус (DE),
ЦИННАБОЛЬД, Михаэль (DE),
ЭССЕР, Петер (DE)

(73) Патентообладатель(и):

ФЕДЕРАЛ-МОГУЛ БУРШАЙД ГМБХ
(DE)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: WO2012100847 A1, 02.08.2012. RU
2244856 C2, 20.01.2005. RU 2440441 C2,
20.01.2012. US 2012/0187435 A1, 26.07.2012.

(54) СКОЛЬЗЯЩИЙ ЭЛЕМЕНТ, В ЧАСТНОСТИ ПОРШНЕВОЕ КОЛЬЦО

(57) Реферат:

Изобретение относится к скользящему элементу, в частности поршневому кольцу. Скользящий элемент имеет по меньшей мере одну поверхность скольжения, снабженную покрытием на основе углерода и по меньшей мере на отдельных участках имеющую среднеквадратичное значение локальных углов наклона профиля $R\Delta_q$ шероховатости согласно

стандарту DIN EN ISO 4287, равное от 0,05 до 0,11 или от 0,08 до 0,1. Обеспечивается скользящий элемент, имеющий улучшенную комбинацию наименьшего возможного износа и наименьшего возможного трения в начале скользящего движения, в частности в двигателе. 12 з.п. ф-лы, 1 табл., 1 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C23C 14/06 (2006.01)
F16J 9/26 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

C23C 14/06 (2006.01); *F16J 9/26* (2006.01)

(21)(22) Application: **2016131087, 08.12.2014**

(24) Effective date for property rights:
08.12.2014

Registration date:
21.01.2019

Priority:

(30) Convention priority:
15.01.2014 DE 10 2014 200 607.4

(43) Application published: **20.02.2018** Bull. № 5

(45) Date of publication: **21.01.2019** Bull. № 3

(85) Commencement of national phase: **15.08.2016**

(86) PCT application:
EP 2014/076866 (08.12.2014)

(87) PCT publication:
WO 2015/106884 (23.07.2015)

Mail address:
**129090, Moskva, ul. Bolshaya Spasskaya, d. 25,
stroenie 3, OOO "Yuridicheskaya firma
Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**KENNEDI, Markus (DE),
TSINNABOLD, Mikhael (DE),
ESSER, Peter (DE)**

(73) Proprietor(s):

**FEDERAL-MOGUL BURSHAJD GMBKH
(DE)**

(54) SLIDING ELEMENT, IN PARTICULAR PISTON RING

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention relates to a sliding element, in particular a piston ring. Sliding element has at least one sliding surface provided with a carbon based coating and at least in some areas having a root-mean-square value of the local angles of inclination of the profile RA_q roughness according to DIN EN ISO 4287,

ranging from 0.05 to 0.11 or from 0.08 to 0.1.

EFFECT: providing a sliding element, having an improved combination of the least possible wear and the least possible friction at the beginning of the sliding movement, in particular in an engine.

13 cl, 1 tbl, 1 ex

Изобретение относится к скользящему элементу, в частности, к поршневому кольцу.

Для скользящих элементов вообще, и для поршневых колец в частности, существенным критерием является то, до какой степени во время работы возникают потери на трение. Для двигателей внутреннего сгорания, в которых используются поршневые кольца, как рынок, так и законодательство требуют снижения расхода топлива и тем самым выбросов диоксида углерода. Поскольку поршневые кольца ответственны приблизительно за четверть потерь на механическое трение, и тем самым примерно за 4% расхода топлива, исследования в значительной мере сосредотачиваются на мерах сокращения этих потерь на трение вообще, обусловленных поршневыми кольцами и скользящими элементами.

Для этого, как было описано, например, в DE 44 19 713 A1, применяются покрытия из твердого сплава, которые обычно формируют методами PVD (физического осаждения из паровой фазы). С другой стороны, используются покрытия из аморфного алмазоподобного углерода (DLC), которые, однако, обычно могут быть нанесены только слоем толщиной в несколько мкм. Еще одной сложной задачей является создание экстремально твердых DLC-покрытий с достаточно низкой шероховатостью, чтобы избежать повреждения беговых поверхностей цилиндра или гильз цилиндров, а также износа. Различные системы TaC-покрытий, пригодные для этой цели, известны из DE 10 2008 022 039 A1 и EP 0 724 023 A1.

С учетом этой ситуации изобретение имеет задачей создание скользящего элемента и, в частности, поршневого кольца, которое улучшено в отношении комбинации наименьшего возможного износа и наименьшего возможного трения также в начале скользящего движения, в частности, в двигателе.

Эта задача решается с помощью скользящего элемента, описанного в пункте 1 формулы изобретения. Соответственно этому, скользящий элемент, который предпочтительно представляет собой поршневое кольцо, имеет поверхность скольжения (рабочая поверхность), снабженную покрытием на основе углерода, и по меньшей мере на отдельных участках, имеющую среднее квадратичное значение локальных углов наклона профиля $R\Delta_q$ шероховатости (далее называется просто как шероховатость $R\Delta_q$) согласно стандарту DIN EN ISO 4287, составляющее 0,05-0,11, предпочтительно от 0,08 до 0,1. Многочисленные испытания показали, что сравнительно низкие потери на трение при использовании покрытия на основе углерода обеспечиваются тем обстоятельством, что термически и/или механически возбужденно sp^3 -гибридизованные атомы углерода преобразуются в sp^2 -гибридизованные атомы углерода. Это имеет результатом очень тонкий и - по сравнению с расположенным под ним DLC-слоем - более мягкий верхний слой, который обуславливает снижение трения.

Согласно изобретению, это желательное преобразование в особенности благоприятно по тем соображениям, что средний наклон профиля в профиле шероховатости составляет величину, превышающую или по меньшей мере равную минимальному значению 0,05. Используемое в изобретении значение $R\Delta_q$ определяется именно указанным стандартом как среднее квадратичное значение локальных углов наклона профиля шероховатости (то есть как среднее квадратичный наклон фильтрованного профиля) относительно средней линии. Таким образом, низкое значение означает сравнительно «плоский» профиль, и высокое значение предполагает сравнительно «крутой» профиль. Испытания показали, что ниже значения $R\Delta_q$, равного 0,05, коэффициент трения становится выше 0,035, что лежит в нежелательном порядке величин. Поэтому при значениях $R\Delta_q$, превышающих или только равных 0,05, могут быть обеспечены очень низкие

коэффициенты трения, что объясняется тем фактом, что, хотя изобретение не должно ограничиваться этим, наклон профиля является достаточно крутым, чтобы вызвать многочисленные преобразования из sp^3 - в sp^2 -гибридизированные атомы углерода и тем самым обеспечить положительное влияние на коэффициент трения желательным образом.

В то же время было обнаружено, что при значениях RA_{dq} 0,1 или более, и, в частности, 0,11 или более, износ усиливается нежелательным образом, а именно лежит в порядке величин более 3 мкм. Объяснение этому, чем изобретение также не должно ограничиваться, состоит в том, что при сравнительно «крутом» наклоне профиля шероховатости возрастает контактное давление, что влечет за собой износ. Тем самым изобретение представляет предпочтительный баланс между благоприятными значениями износа и низкими коэффициентами трения. Что касается желательных значений RA_{dq} , то следует упомянуть, что они могут быть настроены подходящими процессами нанесения покрытия и, в частности, процессами обработки. Значения RA_{dq} обеспечиваются подходящим сочетанием процессов нанесения покрытия и выравнивания (придания гладкости). Способ нанесения покрытия представляет собой способ PA-CVD (стимулируемое плазмой химическое осаждение из паровой фазы) или PVD. Эти способы позволяют целенаправленно настраивать механические свойства, необходимые для достижения требуемых величин шероховатости. Параметром настройки является энергия осаждаемых ионов углерода. На эту энергию могут влиять изменения мощности испарения, магнитные поля, а также источник напряжения смещения. Процесс выравнивания (придания гладкости) является сверхчистой обработкой с использованием определенных содержащих алмазы выглаживающих инструментов, причем морфология алмазов, распределение связанных алмазов, а также сам инструмент подгоняются надлежащим образом.

Изобретение главным образом основывается на вышеуказанных обнаруженных фактах относительно диапазона значений RA_{dq} , тогда как в отношении прочих параметров шероховатости было найдено, что эти параметры непригодны для ограничения заданных диапазонов, чтобы достичь предпочтительного баланса между величинами износа и значениями трения. В отношении вышеупомянутых измеренных значений следует сказать, что, как более подробно разъясняется ниже со ссылкой на таблицу, эти значения были определены в смешанных условиях трения, насколько они существенны во время реальной работы двигателей внутреннего сгорания. Здесь толщина смазочной пленки достигает по существу общей глубины шероховатости поверхности основной детали и сопряженной детали, то есть, например, поршневого кольца и гильзы цилиндра, так что нагрузки за счет непосредственного контакта вершин шероховатостей могут передаваться на партнера скольжения. В этой ситуации на характеристику трения влияет контакт твердых тел, что требует по возможности более гладких поверхностей. Даже малейшие неровности могут создавать срезающие силы, которые повреждают, в частности, покрытие на основе углерода, и могут приводить к отслоению покрытия.

Предпочтительные варианты исполнения скользящего элемента согласно изобретению описаны в зависимых пунктах формулы изобретения.

Поскольку скользящий контакт между, например, поршневым кольцом и гильзой цилиндра возникает, в частности, в области выпуклости (бочкообразность), то есть, выпукло изогнутой рабочей поверхности поршневого кольца, предпочтительно, чтобы шероховатость согласно изобретению формировалась по меньшей мере на участке

такой выпуклости.

Более того, было найдено, что описываемые значения $R\Delta_q$ должны иметь место в осевом направлении поршневого кольца на 10-90%, предпочтительно 25-75% поверхности скольжения (рабочая поверхность).

Покрытие предпочтительно представляет собой покрытие на основе углерода типа ТаС, чтобы быть в состоянии особенно хорошо использовать описываемые эффекты.

Что касается толщины слоя покрытия на основе углерода, то диапазон 0,5, предпочтительно от 10 до 30 мкм, проявил себя как особенно благоприятный. Дополнительно предпочтительный диапазон толщин слоя составляет от 0,5 до 10 мкм.

Равным образом это применимо для sp^3 -, то есть имеющего возможность преобразования в sp^2 , количества гибризованных атомов углерода по меньшей мере 40 ат. %.

Во время испытаний удалось дополнительно установить, что существует стабильная корреляция между значениями $R\Delta_q$ и износом, а также коэффициентами трения, в частности, для значений модуля Юнга от 180 до 260 ГПа, и величин твердости от 1600 до 2800 HV0,02. Оба параметра измеряются согласно методу Оливера и Фарра (O&P).

Что касается соотношения « sp^3/sp^2 », то предпочтительным является значение от 0,3 до 1,2.

Для прочной адгезии покрытия на основе углерода к подложке предпочтительным является металлсодержащий адгезивный слой, включающий хром и/или титан, между покрытием на основе углерода и подложкой.

Для толщины адгезивного слоя оказался благоприятным диапазон от 0,05 мкм до 1,0 мкм.

Описанные благоприятные эффекты в отношении как износа, так и коэффициента трения, могут быть установлены, в частности, для количества углерода в покрытии, которое составляет более 99% по всей толщине слоя.

Наконец, поршневое кольцо предпочтительно изготавливается из чугуна или стали.

ПРИМЕРЫ

Примеры согласно изобретению в форме реальных сегментов поршневых колец на действительном хонингованном участке рабочей поверхности цилиндра из серого чугуна в системе измерения «колебание-трение-износ» были испытаны в смешанных условиях трения при заданных условиях давления и температуры. Приведенная ниже таблица представляет соответственные значения $R\Delta_q$ в мкм, обозначенные как Rd_q , совместно с соответствующим износом кольца и коэффициентом трения. Как, в частности, очевидно из общей оценки, как износ кольца, так и коэффициент трения являются находяться в порядке («ОК») только в диапазоне значения $R\Delta_q$ от 0,05 до 0,11. Величины модуля Юнга и твердости были в вышеуказанных диапазонах, для которых удалось найти особенно стабильную корреляцию между значениями $R\Delta_q$ и износом кольца, а также коэффициентом трения.

Rd_q	R_z	R_k	R_{pk}	Износ кольца	Коэффициент трения μ	Оценка износа кольца	Оценка коэффициента трения	В целом
	(мкм)	(мкм)	(мкм)	(мкм)	()			
0,02	0,2	0,06	0,02	1,0	0,049	ОК	не ОК	не ОК
0,02	0,3	0,07	0,02	0,5	0,048	ОК	не ОК	не ОК
0,02	0,23	0,1	0,02	1,0	0,052	ОК	не ОК	не ОК
0,02	0,18	0,07	0,02	1,5	0,044	ОК	не ОК	не ОК
0,02	0,22	0,11	0,03	0,5	0,043	ОК	не ОК	не ОК

0,04	0,56	0,15	0,02	0,5	0,05	ОК	не ОК	не ОК
0,06	0,45	0,18	0,08	1,0	0,024	ОК	ОК	ОК
0,07	0,88	0,24	0,13	2,5	0,027	ОК	ОК	ОК
0,08	0,94	0,25	0,15	2,0	0,032	ОК	ОК	ОК
0,08	1,07	0,18	0,19	1,0	0,027	ОК	ОК	ОК
0,09	1,15	0,24	0,16	1,5	0,03	ОК	ОК	ОК
0,09	1,06	0,26	0,16	1,5	0,03	ОК	ОК	ОК
0,1	1,11	0,31	0,18	3,0	0,033	ОК	ОК	ОК
0,12	1,06	0,32	0,18	11,0	0,012	не ОК	ОК	не ОК
0,14	1,1	0,43	0,17	6,5	0,015	не ОК	ОК	не ОК
0,15	1,08	0,45	0,18	5,5	0,009	не ОК	ОК	не ОК

(57) Формула изобретения

1. Скользящий элемент, имеющий по меньшей мере одну поверхность скольжения, снабженную покрытием на основе углерода и по меньшей мере на отдельных участках имеющую среднеквадратичное значение локальных углов наклона профиля $R\Delta_q$ шероховатости согласно стандарту DIN EN ISO 4287, равное от 0,05 до 0,11 или от 0,08 до 0,1.

2. Скользящий элемент по п.1, отличающийся тем, что среднеквадратичное значение локальных углов наклона профиля $R\Delta_q$ шероховатости составляет от 0,05 до 0,1 по меньшей мере в области выпуклости скользящего элемента.

3. Скользящий элемент по п.1 или 2, отличающийся тем, что среднеквадратичное значение локальных углов наклона профиля $R\Delta_q$ шероховатости составляет от 0,05 до 0,1 в осевом направлении на 10-90%, предпочтительно 25-75% поверхности скольжения.

4. Скользящий элемент по п.1, отличающийся тем, что покрытие на основе углерода представляет собой покрытие типа Та-С.

5. Скользящий элемент по п.1, отличающийся тем, что толщина слоя покрытия составляет от 0,5 до 30 мкм, предпочтительно от 10 до 30 мкм.

6. Скользящий элемент по п.1, отличающийся тем, что покрытие на основе углерода имеет sp^3 -количество гибридованных атомов углерода по меньшей мере 40 ат.%.
7. Скользящий элемент по любому из пп.1, 4 или 6, отличающийся тем, что покрытие на основе углерода имеет модуль Юнга от 180 до 260 ГПа и/или твердость от 1600 до 2800 HV0,02.

8. Скользящий элемент по п.1, отличающийся тем, что покрытие на основе углерода включает кислород и/или водород, каждый в количестве менее 0,5 ат.%.
9. Скользящий элемент по п.1 или 6, отличающийся тем, что покрытие на основе углерода имеет соотношение « sp^3/sp^2 » от 0,3 до 1,2.

10. Скользящий элемент по п.1, отличающийся тем, что между покрытием на основе углерода и подложкой создан металлсодержащий адгезивный слой, включающий хром и/или титан.

11. Скользящий элемент по п.10, отличающийся тем, что адгезивный слой имеет толщину от 0,05 до 1,0 мкм.

12. Скользящий элемент по п.1, отличающийся тем, что доля углерода в покрытии на основе углерода составляет более 99% по всей толщине слоя.

13. Скользящий элемент по п.1, отличающийся тем, что скользящий элемент представляет собой поршневое кольцо, выполненное из чугуна или стали.