

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2004.02.18	(73) Titular(es): ITALCEMENTI S.P.A.	
(30) Prioridade(s): 2003.02.18 IT MI20030291	VIA CAMOZZI, 24 24121 BERGAMO	IT
(43) Data de publicação do pedido: 2005.12.07	(72) Inventor(es):	
(45) Data e BPI da concessão: 2016.06.15 185/2016	LUIGI CASSAR	IT
	ROBERTO CUCITORE	IT
	CARMINE PEPE	IT
	(74) Mandatário:	
	LUÍSA MARIA FERREIRA GUERREIRO	
	RUA RAUL PROENÇA, 3 2820-478 CHARNECA DA	
	CAPARICA	PT

(54) Epígrafe: **BLOCOS DE PAVIMENTAÇÃO À BASE DE CIMENTO PARA PAVIMENTAÇÃO FOTO CATALÍTICA PARA A REDUÇÃO DE POLUENTES URBANOS**

(57) Resumo:

BLOCOS DE PAVIMENTAÇÃO PARA A PAVIMENTAÇÃO FOTO CATALÍTICA COMPREENDENDO PELO MENOS UMA CAMADA DE BASE EM MATERIAL DE CIMENTO E UMA CAMADA SUPERFICIAL COM BASE NUMA COMPOSIÇÃO DE CIMENTO COMPREENDENDO, PELO MENOS, UM LIGANTE HIDRÁULICO, UM FOTO CATALISADOR CAPAZ DE OXIDAR SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS E INORGÂNICAS POLUENTES PRESENTES NO AMBIENTE, NA PRESENÇA DE LUZ AMBIENTAL, AR E HUMIDADE EM, PELO MENOS, UM AGREGADO, ÁGUA E, OPCIONALMENTE, UM ADITIVO DE REDUÇÃO DE ÁGUA.

RESUMO

BLOCOS DE PAVIMENTAÇÃO À BASE DE CIMENTO PARA PAVIMENTAÇÃO FOTO CATALÍTICA PARA A REDUÇÃO DE POLUENTES URBANOS

Blocos de pavimentação para a pavimentação foto catalítica compreendendo pelo menos uma camada de base em material de cimento e uma camada superficial com base numa composição de cimento compreendendo, pelo menos, um ligante hidráulico, um foto catalisador capaz de oxidar substâncias orgânicas e inorgânicas poluentes presentes no ambiente, na presença de luz ambiental, ar e humidade em, pelo menos, um agregado, água e, opcionalmente, um aditivo de redução de água.

DESCRIÇÃO

BLOCOS DE PAVIMENTAÇÃO À BASE DE CIMENTO PARA PAVIMENTAÇÃO FOTO CATALÍTICA PARA A REDUÇÃO DE POLUENTES URBANOS

CAMPO DE INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um bloco de pavimentação à base de cimento para pavimentação foto catalítica para a redução de poluentes urbanos, mais especificamente, a um bloco de pavimentação compreendendo uma camada superficial com base numa composição de cimento com propriedades foto catalíticas capazes de diminuir os poluentes orgânicos e inorgânicos, tais como, polímeros de condensação aromáticos aldeídos, benzeno, negro de carbono equivalente a PM10, óxidos de azoto (NO_x) e de enxofre (SO_x), monóxido de carbono (CO) e uma camada de base da natureza do cimento.

TÉCNICA ANTERIOR

A poluição atmosférica é causada pela presença de uma, ou mais, substâncias indesejáveis ou estranhas no ar, em quantidades e por um prazo que modificam a salubridade do ar e criam um perigo para a saúde humana.

Ao considerar a quantidade de ar inalado a cada dia por uma pessoa (de 6 a 9 litros de ar por minuto em repouso, que é de cerca de 9-13 metros cúbicos de ar por dia), é fácil compreender a sua importância para a saúde e os riscos relacionados com a inalação de ar poluído.

Em geral, as principais fontes de poluição são formadas de emissões atmosféricas decorrentes dos processos de produção (indústrias e pequenas empresas) e processos de combustão (aquecimento e tráfego de veículos).

A principal fonte de poluição vem do tráfego de veículos. Este é responsável por emissões atmosféricas dos produtos de combustão de motores, para pós libertados através

do desgaste dos travões, pneus e a superfície da estrada e, finalmente, os hidrocarbonetos que são voláteis a partir dos tanques de combustível do veículo.

Os gases do escape dos veículos a motor, resultantes da combustão incompleta do combustível, incluem numerosas substâncias na forma de gases e pós.

Entre elas, as principais substâncias são: monóxido de carbono (CO); óxidos de azoto (NOx); óxidos de enxofre (SOx); compostos orgânicos voláteis (COV); partículas totais em suspensão (PTS) que contêm um grande número de poluentes: chumbo, cádmio, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, para citar apenas os mais importantes.

A grande contribuição do tráfego de veículos no sentido de emissões atmosféricas é, também, confirmada pelo facto de que a poluição em áreas urbanas não se limita, apenas, ao Inverno, mas tornou-se, com mais ou menos episódios agudos, uma constante ao longo de todo o ano. Os poluentes atmosféricos atrás referidos têm uma ação irritante nas mucosas, em especial as do trato respiratório. Para resolver estes problemas, foram propostas soluções diferentes; uma das mais interessantes relaciona-se com a utilização de materiais de cimento que contêm foto catalisadores que, aplicados nas paredes exteriores dos edifícios, são capazes de oxidar as substâncias poluentes presentes no ambiente, que entram em contacto com as superfícies destes componentes.

O requerente apresentou em seu nome dois pedidos de patente para materiais de cimento contendo foto catalisadores. O primeiro pedido, WO 98/05601, refere-se a materiais de cimento compreendendo partículas de TiO_2 , principalmente na forma de anatase, capazes de foto-oxidação das substâncias poluentes presentes no ambiente, a fim de prolongar a preservação da cor original do material, uma vez estabelecidas. Em especial, descreve cimento arquitetónico

capaz de manter o brilho inalterado e a quantidade de coloração ao longo do tempo, que contém partículas a granel de um foto catalisador capaz de oxidar substâncias poluentes na presença da luz, oxigênio e água.

O segundo pedido, WO 01/00541, em vez disso, refere-se ao uso de aditivos específicos para obtenção de uma tinta à base de cimento, com propriedades foto catalíticas.

A EP 919667 descreve um revestimento de estradas, em que uma camada de superfície está ligado a uma camada de asfalto e uma camada de base feita de betão ou de pedra que formam a estrada, o que é de facto, uma estrutura contínua sujeita ao congestionamento do tráfego.

São feitos blocos de pavimentação entrelaçados de cimento compactado de vibração caracterizado por diferentes geometrias que são geralmente definidas usando soluções de "mosaico". A pavimentação feita de blocos de pavimentação pode ser usada em ambientes residenciais e urbanos, onde são sujeitos a cargas leves, e para produzir superfícies sujeitas a cargas médias-pesadas, tais como passeios, zonas pedonais, zonas circundantes de edifícios, ciclovias, parques de estacionamento e estradas com tráfego lento de veículos.

A patente EP 786283 descreve blocos de pavimentação entrelaçados para a redução das emissões de NO_x contendo dióxido de titânio na camada superficial.

De acordo com este documento é, contudo, necessário usar quantidades de TiO₂ que variam de 5 a 50 por cento em peso em relação ao cimento, a fim de se obter uma atividade de degradação adequado dos óxidos de azoto. No entanto, estas quantidades de TiO₂ têm a desvantagem de aumentar o deslizamento do bloco de pavimentação, a qual pode ser reduzida por adição de uma quantidade adequada de areia à mistura. Portanto, foi sentida a necessidade de se obter um

bloco de pavimentação entrelaçado a qual a quantidade de TiO_2 é minimizada, não só por razões relacionadas com o custo, mas também para diminuir o deslizamento do bloco de pavimentação, sem reduzir a sua atividade foto catalítica. O bloco de pavimentação entrelaçado tem algumas particularidades que o tornam essencialmente diferente para pavimentação normal de estradas; na verdade, é caracterizado por um elevado grau de permeabilidade que permite uma ótima drenagem de água, é livre de manutenção e é facilmente removido e substituído.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A requerente verificou agora surpreendentemente que é possível obter blocos de pavimentação para a estrada e, também, para a pavimentação pedestre foto catalíticos capazes de diminuir os poluentes presentes no meio ambiente, compreendendo, pelo menos, uma camada de base, geralmente de material de cimento, e uma camada de superfície obtido a partir duma composição de cimento que compreende:

I. um ligante hidráulico

II. um foto catalisador baseado em TiO_2 capaz de oxidar substâncias orgânicas e inorgânicas poluentes presentes no ambiente, na presença de luz ambiental, ar e humidade

III. água

IV. pelo menos, um agregado

V. opcionalmente, um aditivo de redução de água

em que o foto catalítico baseado em TiO_2 está presente na camada de superfície a partir de 0,1% a 4,9% em massa em relação ao cimento ou ligante, e tem uma superfície

específica a partir de 60-290 m²/g, preferivelmente 105-250 m²/g.

Os blocos de pavimentação atrás referidos têm atividade foto catalítica em oxidar poluentes urbanos igual, ou até mesmo mais elevada, do que o descrito na técnica anterior, para os teores mais elevados de foto catalisador. A referida aplicação permite, também, que sejam obtidas consideráveis vantagens económicas, à medida que, a quantidade de foto catalisador pode ser reduzida. A utilização de tais doses baixas para a camada superficial permite que o deslizamento do pavimento seja reduzido, sem modificação das capacidades de drenagem.

A Requerente verificou, assim, um modo para produzir um tipo melhorado de blocos de pavimentação para a pavimentação foto catalítica, para a redução da poluição urbana, que compreende, pelo menos, uma camada de base, por exemplo constituída por um material de cimento, e uma camada de superfície, que permanece em contacto direto com o ambiente, com base numa mistura de cimento, contendo um foto catalisador baseado em TiO₂ com propriedades catalíticas, sendo os referidos blocos de pavimentação para a pavimentação foto catalítica capazes de diminuir os poluentes orgânicos e inorgânicos presentes no ambiente, tais como polímeros de condensação aromáticos, aldeídos, benzeno, negro de carbono equivalente a PM10, óxidos de azoto (NO_x) e de enxofre (SO_x).

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica dos dados experimentais da câmara de reação (1,5 L ou 3,5 L) contendo a amostra de foto catalisador, ou amostra catalítica, tendo a referida câmara uma janela ótica de Pyrex, tal como descrito no Exemplo 3.

Figura 2: Representação gráfica do diagrama I, como descrito no Exemplo 3, em que **A** é uma câmara de mistura, **B** é a câmara

de reação, **C** é o detetor de quimiluminescência NO_x , **P** é a entrada da câmara **A**, **1** e **2** são os caminhos percorridos pelo fluxo de gás.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Portanto, um objeto da presente invenção é um bloco de pavimentação para pavimentação foto catalítica capaz de diminuir os poluentes presentes no meio ambiente, compreendendo, pelo menos, uma camada de base, geralmente de material de cimento, e uma camada superficial com base numa composição de cimento compreendendo:

I. um ligante hidráulico

II. um foto catalisador baseado em TiO_2 capaz de oxidar substâncias orgânicas e inorgânicas poluentes presentes no ambiente, na presença de luz ambiental, ar e humidade

III. água

IV. pelo menos, um agregado

V. opcionalmente, um aditivo redutor de água

em que o foto catalítico baseado em TiO_2 está presente na camada de superfície a partir de 0,1% a 4,9% em massa em relação ao cimento ou ligante, e tem uma superfície específica a partir de 60-290 m^2/g , preferivelmente 105-250 m^2/g .

Numa forma de realização preferida da presente invenção, a camada superficial do bloco de pavimentação para pavimentação foto catalítica tem um volume vazio de 10-40% e/ou uma permeabilidade à água de, pelo menos, 0,01 cm/seg.

O foto catalisador baseado em TiO_2 presente na camada de superfície do bloco de pavimentação, que constitui o objeto da presente invenção, está contido na composição de cimento,

ou no seu precursor da pré-mistura seca correspondente, que constitui a base da camada de superfície, numa quantidade que varia de 0,1% a 4,9% em massa em relação ao cimento ou ligante.

Mais especificamente, a quantidade de foto catalisador baseado em TiO_2 presente na camada de superfície do bloco de pavimentação, que constitui o objeto da presente invenção, varia de 0,12% a 2,6% em massa em relação ao cimento ou ligante, de preferência, entre 0,25% e 2,5%, em massa, em relação ao cimento ou ligante, mais preferencialmente, entre 0,5% e 2,45%, em massa, em relação ao cimento ou ligante, o mais preferível, sendo de 1% em massa em relação ao cimento ou ligante; Em alternativa, a referida quantidade de foto catalisador varia de 2,6% a 4,9% em massa em relação ao cimento ou ligante, de preferência, entre 3% a 4,5% em massa em relação ao cimento ou ligante, mais preferencialmente, de 3,5% a 4% em massa relativamente ao cimento ou ligante. O foto catalisador preferido de acordo com a presente invenção é o dióxido de titânio (Ti_2), e mais tipicamente "óxido de titânio, pelo menos, parcialmente, na forma de anatase".

A expressão "óxido de titânio pelo menos parcialmente na forma de anatase" significa que as partículas de foto catalisador presentes no ligante hidráulico da presente invenção são partículas de dióxido de titânio (TiO_2), com estrutura de anatase, pelo menos, 5%, de preferência 25%, mais preferencialmente, pelo menos, 50% e ainda mais preferencialmente, pelo menos, 70%, em percentagem em massa em relação ao total de óxido de titânio (TiO_2).

Num aspecto particularmente preferido da invenção, as partículas de foto catalisador são 100% de partículas de anatase de óxido de titânio. As referidas partículas de óxido de titânio possuindo atividade foto catalítica e presente na composição de cimento, e do seu precursor da pré-mistura

seca correspondente, formando a base da camada de superfície do bloco de pavimentação que constitui o objeto da presente invenção, em qualquer caso, tendouma superfície específica variando a partir de 60-290 m²/g, preferivelmente 105-250 m²/g.

Num outro aspeto preferido da invenção, foi usado TiO₂ PC PC 105 e 500, comercializados pela "Millennium Inorganic Chemical".

A atividade foto catalítica pode, também, ser obtida em matrizes de TiO₂ dopadas com átomos adequados, tais como Fe (III), Mg (II), Mo (V), Ru (III), Os (III), Re (V), V (IV) e Rh (III).

Em particular, estes átomos podem substituir, ao nível atómico, o Ti (IV) presente na matriz de TiO₂ para, pelo menos, 0,5% em massa do total de dióxido de titânio (TiO₂).

O método para obter estes foto catalisadores está descrito na literatura, por exemplo em J. Phys. Chem. 1994, 98, 1127-1134, Angew. Chemie 1994, 1148-9 e em Angew. Chemie Int., Ed. 1994, 33, 1091 e na Patente WO 01/00541, da requerente.

A espessura da camada de superfície foto catalítica do bloco de pavimentação para a pavimentação que constitui o objeto da presente invenção, independentemente do tipo de argamassa, pode variar de valores de cerca de 0,1 mm a valores de cerca de 20 mm, sem modificar a sua atividade foto catalítica, de preferência de 5 a 12 mm e, ainda mais preferencialmente, de 7 a 10 mm.

A superfície da camada de superfície do bloco de pavimentação acima referido pode ser tornada áspera, a fim de aumentar a superfície específica em contacto com o ar e, ao mesmo tempo, aumentar a fricção. Este resultado pode ser obtido por meio da formulação adequada das cofragens ou atuando mecanicamente na superfície após a decapagem. No último caso,

pode ser tomada a ação manual ou automática, utilizando ferramentas adequadas, para produzir sulcos ou pequenas crateras distribuídas sobre a superfície da camada superior do bloco de pavimentação.

O termo "bloco de pavimentação para revestimento foto catalítico" significa um bloco de pavimentação para a estrada e destinado, também, à pavimentação de pedestres, por exemplo para pavimentos ou áreas pedestres, em geral, tendo, pelo menos, duas camadas; pelo menos, uma camada à base de material de cimento, e uma camada superficial com base numa composição cimentosa compreendendo foto catalisadores capazes de diminuir os poluentes orgânicos presentes no ambiente.

O termo "contaminantes orgânicos presentes no ambiente" significa, puramente a título de exemplo, poluentes orgânicos, tais como, polímero de condensação aromáticos, aldeídos, benzeno, negro de carbono equivalente a PM10, e os poluentes inorgânicos, tais como, os óxidos de azoto (NO_x) e de enxofre (SO_x) e monóxido de carbono (CO). Os blocos de pavimentação para a pavimentação foto catalítica, de acordo com a presente invenção, são definidos ou produzidos de acordo com normas comuns de boas práticas.

Os poluentes diminuídos através da ação foto catalítica da camada de superfície do bloco de pavimentação que constitui o objeto da presente invenção são, em seguida, removidos da referida superfície foto catalítica através da ação de limpeza da precipitação ou por lavagem periódica das estradas urbanas.

A produção ou colocação do bloco de pavimentação que constitui o objeto da presente invenção representa o elemento essencial do método para a redução dos poluentes orgânicos e inorgânicos presentes no ambiente.

Um outro objeto da presente invenção é, portanto, formado por um método para a redução dos poluentes orgânicos e inorgânicos presentes no meio ambiente que compreende a colocação de blocos de pavimentação para a pavimentação foto catalítica, como aqui descrito anteriormente.

Ainda um outro objetivo da presente invenção é formado por composições de cimento, e dos seus precursores das pré-misturas secas correspondentes, adequadas para preparar a camada de superfície dos blocos de pavimentação para a pavimentação foto catalítica, de acordo com a invenção.

Em particular, como uma outra forma de realização preferida da presente invenção, a composição de cimento, ou o seu precursor da pré-mistura seca, os componentes essenciais da camada superficial do bloco de pavimentação não incluem pelo menos um dos seguintes aditivos orgânicos:

a) pelo menos, uma resina de melamina, obtida a partir de melamina condensada com formaldeído; b) pelo menos, um éter de celulose; c') pelo menos, um polímero escolhido a partir de polímero de etileno, polímero acrílico e terpolímero, compreendendo como co monómeros, pelo menos, um éster de ácido acrílico com um álcool e, pelo menos, um éster de álcool vinílico com um ácido carboxílico ou, em alternativa ao componente c'), c") um látex escolhido a partir de látex acrílico, látex de estireno, látex de butadieno; d) pelo menos, um amido quimicamente modificado.

Em blocos de pavimentação para a pavimentação de acordo com a presente invenção, a composição de cimento, ou o seu precursor, a pré-mistura seca correspondente, o componente de base da camada de superfície do bloco de pavimentação para pavimentação pode, também, incluir materiais de enchimento de origem mineral, ou materiais de enchimento inorgânicos, sinónimo um do outro, de acordo com a presente

invenção. Exemplo de enchimentos de origem mineral são pozolanas, metacaulino, escórias, cinzas e fumos de sílica.

No presente texto "ligante" ou "ligante hidráulico" significa um material pulverizado no estado sólido, seco, que, quando misturado com água, proporciona misturas plásticas capazes de definir e endurecer, mesmo sob a água, por exemplo, um cimento.

"Pré-mistura a seco" significa uma mistura homogénea adequada a ser misturada com água e para fornecer as composições de cimento (por exemplo, argamassas e betões) compreendendo, pelo menos, um ligante de cimento, um, ou mais, aditivos para composições de cimento e, opcionalmente, um, ou mais, agregados. "Composição de cimento" ou "mistura de cimento" significa uma composição em que um ligante é misturado com água, opcionalmente, com agregados de granulometrias diferentes. Por conseguinte, as composições de cimento incluem tanto "pastas" de cimento, ou seja, misturas de ligante e água, sem agregados, e misturas, isto é, misturas compreendendo água, ligante e agregados.

Os "agregados", "materiais inertes" ou "agregados inertes", são sinónimos uns dos outros, de acordo com a presente invenção, podem ser agregados finos, tais como areia e materiais de enchimento, e são definidas na norma UNI EN 206.

Exemplos de misturas são argamassas (misturas com ligante, água e agregados finos), e betões (misturas com água, ligante, agregado fino e agregado graúdo).

O "clínquer" usado para preparar um ligante para a presente invenção é qualquer clínquer de cimento Portland, tal como definido de acordo com a norma UNI EN 197.1, que é um material hidráulico, pelo menos, dois terços em massa que são compostas por silicatos de cálcio (3CaO SiO_2) e (2CaO SiO_2),

sendo a parte restante constituída por Al_2O_3 , Fe_2O_3 e outros óxidos.

A definição ampla de "ligante hidráulico", de acordo com a presente invenção, inclui ambos os cimentos (branco, cinza ou pigmentado) definidos de acordo com a supracitada norma UNI EN 197.1 e os chamados cimentos para barragens de armazenamento, aglomerados de cimento e cal hidráulica como definido na lei italiana de 26 de Maio de 1965 No. 595 e silicatos inorgânicos.

A definição ampla de "aditivos redutores de água", de acordo com a presente invenção, inclui tanto aditivos de redução de água com eficácia normal e com elevada eficácia, a qual pode, respetivamente, ser chamada de agentes de "fluidificação" e de "super fluidificação", tal como definido na norma UNI EN 934-2.

De acordo com a presente invenção, a pré-mistura seca, ou as composições de cimento obtidas a partir dela podem, portanto, conter cimento branco, cinza ou pigmentado.

No presente texto, o termo massa indica que o foto catalisador é adicionado à massa do ligante, à mistura prévia seca ou a composições de cimento de acordo com a presente invenção e, portanto, é distribuída ao longo de toda a massa, que também está no interior e nas camadas mais profundas e não só na superfície.

As composições de cimento particularmente preferidas da presente invenção para produzir a camada superficial do bloco de pavimentação são argamassas e betões adequados para produzir, por meio de vibração-compactação, componentes pré-moldados contendo o foto catalisador atrás referido.

Estado seco significa o grau de humidade que não modifica significativamente a composição da mistura.

Pré-misturas secas, precursores das composições de cimento que formam a camada de superfície do bloco de pavimentação de acordo com a presente invenção, por conseguinte, incluem, pelo menos, um ligante hidráulico (por exemplo, um cimento), o catalisador anteriormente mencionado e, pelo menos, um agregado.

De acordo com formas de realização típicas da presente invenção, a pré-mistura seca, precursor das composições de cimento, contém os seguintes componentes inorgânicos: pelo menos, um ligante hidráulico (tipicamente um cimento); pelo menos, um agregado ou material inerte; opcionalmente, um agente de enchimento de origem mineral, ou um material inorgânico, sinónimo um do outro, de acordo com a presente invenção, o foto catalisador atrás referido e a água necessária. Os tipos e as quantidades preferidas de ligante hidráulico, agregado e, opcionalmente, material de enchimento de origem mineral são as mesmas como as a seguir especificadas para as composições de cimento.

Composições de cimento preferidas, e os seus precursores das correspondentes pré-misturas secas, da presente invenção, particularmente adequadas para preparar os blocos de pavimentação para pavimentação foto catalítica, de acordo com a presente invenção, em adição ao foto catalisador atrás referido, um ligante hidráulico (tipicamente um cimento), incluem os seguintes materiais inorgânicos: pelo menos, um agregado e, opcionalmente, um agente de enchimento de origem mineral ou material de enchimento inorgânico.

As composições de cimento, e os seus precursores das correspondentes pré-misturas secas, para produzir a camada de superfície dos blocos de pavimentação para a pavimentação foto catalítica, de acordo com a presente invenção, contém, por exemplo, as seguintes percentagens mássicas de

componentes inorgânicos, com referência à massa total da componentes inorgânicos no estado seco:

ligante hidráulico (tipicamente cimento): de 12% a 50% em massa, mais preferencialmente, cerca de 25% em massa;

agregado (tipicamente areia): de 50% a 88% em massa, mais preferencialmente, cerca de 75% em massa;

enchimento de origem mineral: até 10% em massa, mais preferencialmente, cerca de 5% em massa. O ligante hidráulico é tipicamente um cimento, preferivelmente, um cimento cinzento.

Por exemplo, é possível utilizar um tipo de cimento cinzento I de acordo com a norma UNI EN 197.1 (tais como o tipo de cimento cinzento I 52,5 R), mais particularmente, numa quantidade variando de 12% a 45%, mais preferivelmente, cerca de 25 % em massa do total dos componentes inorgânicos no estado seco, ou de tipo II (como o tipo de cimento II/BL, de acordo com a norma UNI EN 197.1), em particular, numa quantidade que vai de 15% a 50% em massa do total de componentes inorgânicos no estado seco.

O agregado é tipicamente areia, sílica ou calcária, tendo, por exemplo, partículas com dimensões que vão de 0,075 mm a 4 mm.

O material de enchimento de origem mineral aumenta a força e diminui a porosidade das composições de cimento que o contenham.

O material de enchimento de origem mineral é por exemplo escolhido de entre metacaulino ($Al_2O_3 \cdot SiO_2$) e fumos de sílica e suas misturas, preferencialmente, uma mistura destes.

O aditivo redutor de água permite que o conteúdo de água nas composições de cimento seja reduzido sem influenciar a sua coerência ou variar as suas propriedades reológicas sem influenciar o teor de água ou de ambos estes efeitos a serem produzidos simultaneamente. O aditivo redutor de água é, por exemplo, escolhido a partir de produtos à base de lignossulfonatos, naftaleno ou à base de melamina ou acrílica. A quantidade de aditivo redutor de água facultativamente utilizado em composições de cimento é a quantidade necessária para proporcionar a melhor consistência quando a mistura está fresca.

Em composições típicas de acordo com a presente invenção descrito aqui anteriormente, o dióxido de titânio é de preferência, 100% na forma de anatase.

As composições de cimento típicas e os seus precursores das correspondentes pré-misturas secas de acordo com a presente invenção têm as composições a seguir indicadas nos Exemplos 1 e 2.

As composições de cimento, e os seus precursores correspondentes das correspondentes pré-misturas secas, são, em particular, argamassas tendo razões de massa de ligante/agregado que variam de 1/4 a 1/1 ou relações de massa de betão que contêm ligantes/agregados que variam de 1/3 a 1/7.

A quantidade de água utilizada nas composições de cimento é a quantidade necessária para a reação de hidratação do ligante e para fornecer a melhor consistência quando a mistura está fresca. A proporção de água, ligante e, opcionalmente, agregados das composições de cimento podem variar dentro de amplos limites, e é uma função das propriedades e dos usos finais necessárias das argamassas e betões. Em termos gerais, a quantidade de água varia de cerca de 20% a 60% em massa em relação à massa do ligante.

O método de mistura pode ser qualquer método convencional. A temperatura à qual o ligante, e quaisquer agregados, são misturados com água está geralmente entre +5°C e 30°C e, de preferência, pelo menos, 20°C.

A forma como é adicionado o foto catalisador não é uma característica essencial da invenção; o foto catalisador pode ser simplesmente adicionado ao pó do ligante hidráulico ou aos componentes da mistura de aditivos, da pré-mistura ou das composições de cimento e misturado com qualquer um dos métodos da técnica anterior, quer usando uma misturadora automática ou manualmente.

O foto catalisador pode, também, ser apropriadamente misturado com a mistura sob a forma de suspensão aquosa. O facto do foto catalisador pode ser adicionado de maneira tão simples faz com que a utilização de pré-misturas seja particularmente preferida para implementar a presente invenção. Alguns exemplos, que devem ser considerados não limitativos, em relação à invenção descrita, são fornecidos a seguir.

EXEMPLO 1

Formulação à base de cimento com elevada atividade foto catalítica para a produção da camada superficial de blocos de pavimentação foto catalítica.

Mistura seca	n.	1	Optimal 1
Cimento cinzento tipo II/B-LL 42,5R	%	13÷17	15,4
Areia de sílica (0,25-4 mm)	%	82,5÷85,5	84
Dióxido de titânio	%	0,3÷0,9	0,6

A quantidade de água varia de 6 a 6,5%, em massa, dos materiais inorgânicos no estado seco.

EXEMPLO 2

Formulação à base de cimento com elevada atividade foto catalítica para a produção da camada superficial de blocos de pavimentação foto catalítica.

Mistura seca	n.	2	Optimal 2
Cimento cinzento tipo II/A-LL 42,5 R%		19÷23	20,6
Areia de sílica (0,25-4 mm)	%	77÷80	78,6
Dióxido de titânio	%	0,6÷1,0	0,8

A quantidade de água varia de 7 a 7,5% em massa dos materiais inorgânicos no estado seco.

EXEMPLO 3

Algumas amostras de blocos de pavimentação são preparadas compreendendo uma camada superficial com a composição descrita nos Exemplos 1 e 2, o NO_x diminuindo as propriedades dos quais são verificados.

Instrumentos

NO_x são analisados utilizando um instrumento Monitor Labs Modelo 8440E, que funciona segundo o princípio de deteção de quimiluminescência. O instrumento tem quatro faixas de sensibilidade:

de 0,2 a 5 ppm (partes por milhão); de 0,1 a 10 ppm; 0,05 a 5 ppm; 0,2-10 ppm.

Como uma função das gamas de sensibilidade escolhidas, a precisão do instrumento é de 4 ppb (partes por bilhão) de 100 ppb ou 2,5 ppb fora de 400 ppb.

Procedimento experimental

O diagrama I a seguir, como mostrado na Figura 2, descreve o método de medição do grau de redução de NO_x e NO_2 através da ação foto catalítica.

DIAGRAMA I

A - é uma câmara de mistura em que uma mistura de NO/NO_2 ou NO_2 é diluída em ar para fornecer a quantidade estabelecida de poluentes. O procedimento experimental adotado utiliza pequenos frascos (2-5 L) de NO e NO_2 puro que são utilizados para preencher uma linha de vácuo do gás puro. Por meio de frascos de amostragem adequados, as quantidades de gás necessárias são recolhidas a partir desta linha para serem diluídas no ar através da entrada P da câmara.

B - é a câmara de reação (1,5 L o 3,5 L) contendo a amostra de foto catalisador, os detalhes experimentais dos quais são mostrados na Figura 1.

C - no diagrama I é o detetor de quimiluminescência NO_x descrito anteriormente. A configuração mostrada no diagrama I pode operar tanto em condições de fluxo contínuo e com recirculação dos gases. O primeiro caso é mostrado no diagrama I: se o fluxo de gás segue o caminho **1**, a quantidade de NO_x pode ser medida à entrada do reator; em vez disso, com o caminho **2**, a quantidade de NO_x pode ser medida na saída após o gás entrar em contacto com o catalisador, tanto no escuro como sob irradiação.

Teste de redução de NO_x

As peças de teste com superfícies medindo 10 cm x 10 cm foram inspecionadas utilizando um microscópio ótico, a fim de excluir a presença de rachaduras que possam pôr em perigo a qualidade da análise de eficiência foto catalítica. O grau

de redução NO_x usando o layout do caminho 1 descrito na montagem experimental, foi avaliada como:

Grau de redução de NO_x (%) =

$$\frac{(\text{Concentração de NO}_x \text{ na entrada} - \text{concentração de NO}_x \text{ na saída}) \times 100}{\text{Concentração de NO}_x \text{ na entrada}}$$

Concentração de NO_x na entrada

Os valores são indicados na Tabela 1.

TABELA 1

Percentagem de NO _x oxidado através de peças de teste de blocos de pavimentação com diferentes tipos de TiO ₂ na camada superficial				
Identificação de TiO ₂	% de TiO ₂ em comparação com cimento	área de superfície de TiO ₂ (m ² /g)	Após 20 min de recirculação no escuro	Após 20 min de recirculação à luz
AT1*	3	<15	79,5	84,3
AT1*	10	<15	80,1	90,0
PC 105	3	60	78,6	91,5
PC 500	3	290	83,0	94,5
*) para comparação				

Na prática, observou-se que a atividade é mais elevada, se é utilizado o TiO₂ com uma área superficial de 60 a 290 m²/g; TiO₂ com uma área de superfície inferior a 15 m²/g doseados a 10% em peso, em relação ao ligante atua como o TiO₂, que recebeu doses de 3% com uma área de superfície maior. A utilização de TiO₂ de acordo com as indicações da presente invenção permite a redução da sua percentagem em peso em relação ao ligante, sem penalizar a atividade foto catalítica da camada de superfície do bloco de pavimentação. Isto faz com que seja possível reduzir o custo unitário da mistura de cimento utilizado para a camada superficial do bloco de pavimentação que constitui o objeto da presente invenção e, ao mesmo tempo, reduzir o deslizamento da referida camada.

EXEMPLO 4

A fim de verificar a eficácia do sistema foto catalítico dos blocos de pavimentação da invenção, foi analisado o teor de água de lavagem dos blocos de pavimentação. A ação foto catalítica provoca oxidação do NO em NO₂ e conseqüente formação de ião nitrato que permanece adsorvido na matriz de cimento. A Tabela 2 mostra a proporção da distribuição do NO₂⁻/NO₃⁻ detetada nas águas de lixiviação depois de se terem lavado as peças de ensaio com água desnaturada. A lavagem é considerada completa depois de cerca de 90% do NO₂ adsorvido ser recuperado.

TABELA 2

Proporção da Distribuição de NO ₂ ⁻ /NO ₃ ⁻ detetada nas águas de lixiviação depois de se terem lavado as peças de ensaio com água desnaturada °)				
Identificação de TiO ₂	% de TiO ₂ em comparação com cimento	Área de superfície de TiO ₂ (m ² /g)	% de NO ₂ ⁻ /NO ₃ ⁻ no escuro	% de NO ₂ ⁻ /NO ₃ ⁻ na luz
AT1*	3	<15	63,0/37,0	57,5/42,5
AT1*	10	<15	63,5/36,5	18,8/81,2
PC 105	3	60	62,4/37,6	17,8/82,2
PC 500	3	290	68,3/31,7	13,0/87,0

*) para comparação

Como pode ser observado na Tabela 2, a relação entre os iões de nitrito e nitrato move-se a quantidades crescentes de nitrato após a exposição à luz.

Também neste caso, a atividade do foto catalisador com área superficial de 60 a 290 m²/ g é decididamente mais elevada do que a atividade do foto catalisador com a área de superfície <15 m²/g.

EXEMPLO 5

Seguindo essencialmente as preparações descritas nos exemplos 1 e 2, duas outras composições foram preparadas

caracterizadas por componentes secos equivalentes, como a seguir indicado:

Mistura seca	n.	3
Cimento Branco Tipo I 42,5R%		19
Areia de sílica (0,25-4 mm) %		80,2
Dióxido de Titânio AT 1	%	0,80

Mistura seca	n.	4
Cimento Branco Tipo I 42,5R%		19
Areia de sílica (0,25-4 mm) %		80,2
Dióxido de Titânio AT 1	%	0,80

Seguindo essencialmente o procedimento descrito no Exemplo 3 e o teste de redução relativa de NO_x , foram testadas as composições aqui descritas anteriormente.

TABELA 3

Composição	% de NO_2 reduzido
3	X
4	XX

Avaliação da % de NO_2 reduzido é expressa qualitativamente, indicado como X = mínimo, XX = alto.

EXEMPLO 6

Os testes foram realizados em amostras de blocos de pavimentação que contêm na camada superficial de cimento 3%

de TiO₂ com uma área de superfície de 60 (m²/g) (amostras B e C). As experiências foram realizadas em condições de recirculação dos gases (NO₂ + ar). Amostra A não tem TiO₂. Os resultados estão resumidos na Tabela 4.

TABELA 4

Amostra	ppm inicial	ppm (60 min)	ppm residual (%)
A* (escuro)	0,5	0,18	36
A (luz)	0,48	0,20	40
B (luz)	0,45	0,05	11
C (luz)	0,48	0,06	12,5

As duas amostras B e C comportaram-se de forma análoga à luz.

REIVINDICAÇÕES

1. Bloco de pavimentação para estradas e, também, pavimentação pedestre foto catalítica capaz de diminuir os poluentes presentes no meio ambiente, compreendendo, pelo menos, uma camada de base, geralmente em material de cimento, e uma camada de superfície obtida a partir de uma composição de cimento compreendendo:

- I. um ligante hidráulico
- II. um foto catalisador baseado em TiO_2 capaz de oxidar substâncias orgânicas e inorgânicas poluentes presentes no ambiente, na presença de luz ambiental, ar e humidade
- III. água
- IV. pelo menos, um agregado
- V. opcionalmente, um aditivo redutor de água,

em que o foto catalítico baseado em TiO_2 está presente na camada de superfície a partir de 0,1% a 4,9% em massa em relação ao cimento ou ligante, e tem uma superfície específica a partir de 60-290 m^2/g .

2. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que o foto catalisador baseado em TiO_2 tem uma superfície específica a partir de 105-250 m^2/g .

3. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que a camada de superfície do bloco de pavimentação para pavimentação foto catalítica tem um volume vazio de 10-40% e/ou permeabilidade à água de, pelo menos, 0,01 cm/seg.

4. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que o foto catalisador é o óxido de titânio, pelo menos, parcialmente, na forma de anatase.
5. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 4, em que as partículas de dióxido de titânio (TiO_2) têm uma estrutura de anatase, pelo menos, 5%, de preferência de 25%, mais preferencialmente de, pelo menos, 50% e ainda mais preferencialmente de, pelo menos, 70%, como percentagem em massa do total de óxido de titânio (TiO_2).
6. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 4, em que as partículas de dióxido de titânio (TiO_2) têm uma estrutura de anatase a 100% em massa do total de óxido de titânio (TiO_2).
7. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que a espessura da camada de superfície foto catalítica varia de cerca de 0,1 mm a cerca de 20 mm, de preferência, de 5 a 12 mm e mais preferivelmente, de 7 a 10 mm.
8. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que a composição de cimento também inclui agentes de enchimento de origem mineral, ou materiais de enchimento inorgânicos, materiais de enchimento de origem mineral, sendo de preferência pozolanas, metacaulino, escória, cinzas voláteis e fumos de sílica, com maior preferência, o agente de enchimento de origem mineral, sendo escolhido de entre metacaulino ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) e os fumos de sílica e suas misturas, ainda mais preferencialmente, uma mistura destes.

9. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que o ligante hidráulico é escolhido a partir de um cimento ou um clínquer.
10. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 9, em que o cimento é escolhido a partir do grupo que consiste em: cimento branco, cinzento ou pigmentado ou suas misturas.
11. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 10, em que o cimento é um cimento cinzento.
12. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que o material de cimento que forma a camada de base é argamassa ou betão.
13. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 12, em que o material de cimento é uma argamassa com uma proporção de massa ligante/agregado que varia de 1/4 a 1/1, ou de betão tendo uma relação de massa ligante/agregado compreendida entre 1/3 e 1/7.
14. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que a composição de cimento da camada superficial contém as seguintes percentagens em massa de componentes inorgânicos, com referência à massa total dos componentes inorgânicos no estado seco: - ligante hidráulico (tipicamente cimento): de 12% a 50% em massa, mais preferencialmente, cerca de 25% em massa; - agregado (tipicamente areia): de 50% a 88% em massa, mais preferencialmente, cerca de 75% em massa; - material de enchimento de origem mineral: até 10% em massa, mais preferencialmente, cerca de 5% em massa.

15. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 14, em que o ligante hidráulico é um cimento cinzento.
16. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 15, em que o cimento cinzento é um cimento cinzento de tipo I de acordo com a norma UNI EN 197.1 (tal como o cimento cinzento do tipo I-52,5 I), mais particularmente, numa quantidade que varia entre 12% a 45%, mais preferencialmente, cerca de 25% em massa do total dos componentes inorgânicos no estado seco, ou de tipo II (como o cimento de tipo II/BL, de acordo com a norma UNI EN 197.1), em particular numa quantidade que vai de 15% a 50% em massa, do total dos componentes inorgânicos no estado seco.
17. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que o agregado é tipicamente areia, sílica ou de calcário, com partículas com dimensões que vão de 0,075 mm a 4 mm.
18. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que a quantidade de água na composição de cimento da camada de superfície varia de cerca de 20 a 60% em massa em relação à massa do ligante.
19. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que o aditivo redutor de água é escolhido a partir de agentes de "fluidificação" e de "super fluidificação", tal como definido na norma UNI EN 934-2.
20. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 19, em que o aditivo redutor de água é escolhido a partir de produtos à base de

lignossulfonatos, naftaleno à base de melamina ou acrílica.

21. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 1, em que o foto catalisador baseado em TiO_2 , o Ti (IV) é dopado com átomos selecionados a partir de Fe (III), Mg (II), Mo (V), Ru (III), Os (III), Re (V), V (IV) e Rh (III).
22. Bloco de pavimentação, tal como é reivindicado na reivindicação 21, em que o Ti (IV) é dopado para, pelo menos, 0,5% em massa do total de dióxido de titânio TiO_2 .
23. Método para a redução de poluentes orgânicos e inorgânicos presentes no ambiente compreendendo aplicar blocos de pavimentação para a pavimentação foto catalítica como reivindicado na reivindicação 1.
24. Utilização de uma composição de cimento compreendendo:
 - I. um ligante hidráulico
 - II. um foto catalisador baseado em TiO_2 capaz de oxidar substâncias orgânicas e inorgânicas poluentes presentes no ambiente, na presença de luz ambiental, ar e humidade
 - III. água
 - IV. pelo menos, um agregado
 - V. opcionalmente, um aditivo de redução da água,para a preparação de uma camada de superfície de pavimentação de blocos para a pavimentação foto catalítica como reivindicado na reivindicação 1.
25. A utilização de uma pré-mistura seca compreendendo:
 - I. um ligante hidráulico
 - II. II. um fotocatalisador baseado em TiO_2 capaz de oxidar substâncias orgânicas e inorgânicas

poluentes presentes no ambiente, na presença de luz ambiental, ar e humidade

III. pelo menos, um agregado

IV. opcionalmente, um aditivo de redução de água

para preparar a camada da superfície de pavimentação de blocos para a pavimentação foto catalítica como reivindicado na reivindicação 1.

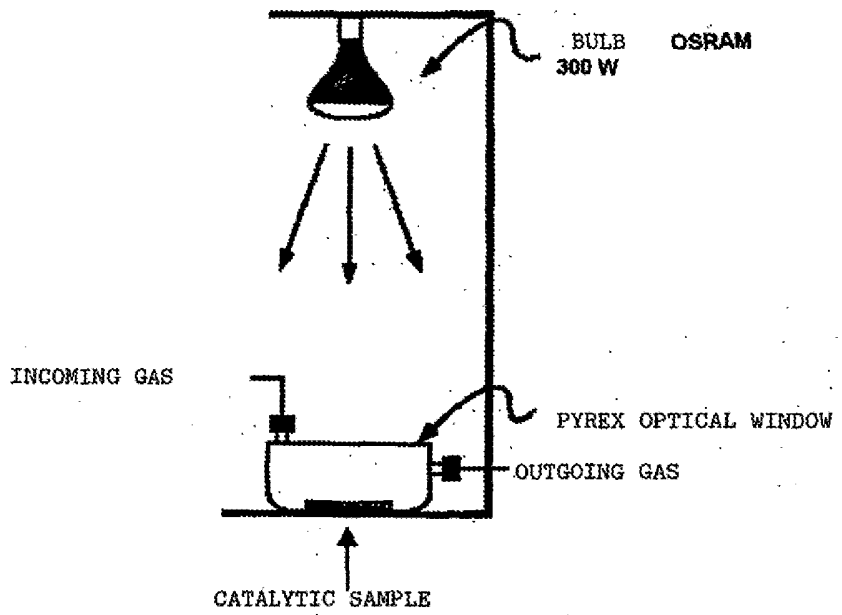


Figura 1

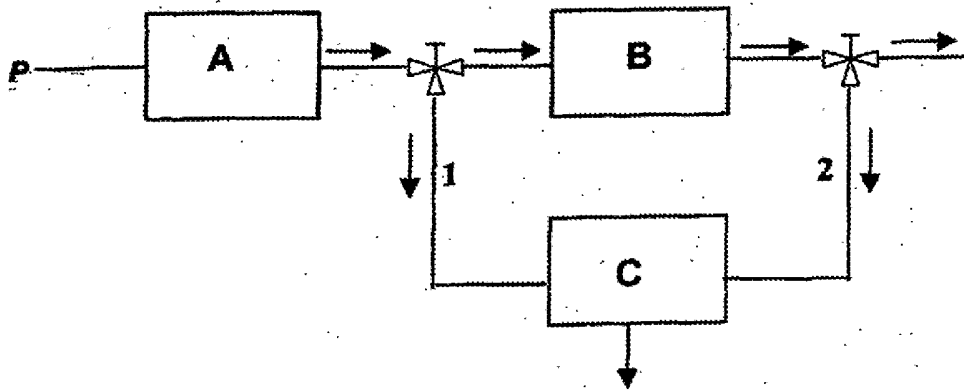


Figura 2