

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2013.09.20	(73) Titular(es): INSTITUTO POLITÉCNICO DE SETÚBAL EDIFÍCIO SEDE - CAMPUS DO IPS 2910-761 ESTEFANILHA	PT
(30) Prioridade(s):		
(43) Data de publicação do pedido: 2015.03.20	(72) Inventor(es): ANA MARGARIDA ARMADA BRÁS PEDRO FAUSTINO MARQUES	PT PT
(45) Data e BPI da concessão: /	(74) Mandatário: NUNO MIGUEL OLIVEIRA LOURENÇO RUA CASTILHO, Nº 50 - 9º 1269-163 LISBOA	PT

(54) Epígrafe: **ARGAMASSA, SEU MÉTODO DE OBTENÇÃO E RESPECTIVA UTILIZAÇÃO**

(57) Resumo:

O PRESENTE PEDIDO DESCREVE UMA ARGAMASSA DE APLICAÇÃO ESTRUTURAL COM INCORPORAÇÃO DE ESCÓRIAS DE ACIARIA COMO LIGANTE, SEU MÉTODO DE OBTENÇÃO E RESPECTIVA UTILIZAÇÃO. O PRESENTE PEDIDO DESCREVE A CONCEÇÃO DE ARGAMASSA PARA APLICAÇÃO ESTRUTURAL COM UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA COMO PARTE INTEGRANTE DO LIGANTE, CONSTITUINDO-SE COMO SUBSTITUINTE PARCIAL DO CLÍNQUER. O PEDIDO DIVULGA AINDA UM PROCESSO PARA A PREPARAÇÃO DAS REFERIDAS ARGAMASSAS UTILIZANDO ADIÇÕES COM ORIGEM EM SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DO AÇO - AS ESCÓRIAS DE ACIARIA. A INCORPORAÇÃO DESTAS ESCÓRIAS COMO MATERIAL COM CAPACIDADE DE SE CONSTITUIR COMO LIGANTE SUBSTITUINDO PARCIALMENTE O CIMENTO PORTLAND NORMAL NÃO SÓ REDUZ O CONSUMO DESTE E DA ENERGIA NECESSÁRIA PARA O PRODUZIR, COMO PERMITE MELHORAR DETERMINADAS PROPRIEDADES EM ARGAMASSAS EM ESTADO FRESCO E ENDURECIDO. A ARGAMASSA AGORA DESCRITA PODE SER UTILIZADA EM REPARAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL.

RESUMO

Argamassa, seu método de obtenção e respetiva utilização

O presente pedido descreve uma argamassa de aplicação estrutural com incorporação de escórias de aciaria como ligante, seu método de obtenção e respetiva utilização.

O presente pedido descreve a conceção de argamassa para aplicação estrutural com utilização de escória de aciaria como parte integrante do ligante, constituindo-se como substituinte parcial do clínquer. O pedido divulga ainda um processo para a preparação das referidas argamassas utilizando adições com origem em subprodutos da indústria do aço - as escórias de aciaria. A incorporação destas escórias como material com capacidade de se constituir como ligante substituindo parcialmente o cimento Portland normal não só reduz o consumo deste e da energia necessária para o produzir, como permite melhorar determinadas propriedades em argamassas em estado fresco e endurecido.

A argamassa agora descrita pode ser utilizada em reparação e reforço estrutural.

DESCRIÇÃO

Argamassa, seu método de obtenção e respetiva utilização

Campo Técnico

O presente pedido descreve argamassa de aplicação estrutural com incorporação de escórias de aciaria como ligante, seu método de obtenção e respetiva utilização.

Antecedentes

A necessidade crescente de soluções ecológicas e energeticamente eficientes na construção leva a que se opte por desenvolver o estudo e implementação de materiais e sistemas [1] alternativos. Em estruturas de betão armado, sendo o betão o material mais amplamente utilizado na construção, uma das principais estratégias preconizada até agora é a substituição parcial de clínquer por subprodutos da indústria.

A escória de aciaria é um subproduto da produção de aço através de forno de arco eléctrico, cuja principal matéria-prima na fase de fusão é a sucata ferrosa. Estas escórias, também designadas de escórias negras, são separadas do aço na fase líquida no final da oxidação. Considerando os dados referentes à produção deste subproduto em Portugal, em instalações localizadas na Maia e Seixal, [2] a sua composição química distribui-se de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Elementos e quantidades da composição de escória de aciaria.

Elemento	% em peso
Fe ₂ O ₃	30-48%
CaO	24-34%
SiO ₂	12-16%
Al ₂ O ₃	4-6%
Mn	3,5-4%
MgO	2,5-4,5%
Cr	1,5-2%
P ₂ O ₅	0,7-1,3%
SO ₃	0,05-1%

Várias referências testaram a aplicação de escórias de aciaria como agregados em composições de betões [3] em infraestruturas viárias e em obras geotécnicas [2], sendo, no entanto, ainda limitado o seu uso dado o seu comportamento pouco inerte do ponto de vista químico, em que se verificam problemas de expansibilidade associados à reactividade química [4].

Por oposição, tendo em conta a percentagem de óxido de cálcio, sílica e até alumina, a escória de aciaria pode ser utilizada como substituto do clínquer, tendo a vantagem de reduzir a quantidade de calor necessária à produção do clínquer, bem como a diminuição da formação de CO₂.

No documento CN102807347 descreve-se a utilização de escória de aciara em pó em betão de alta resistência. A mistura apresentada compreende os seguintes componentes em peso: 1 parte de cimento, 0,20-0,40 partes de escória de

aciaria, 2,70-3,10 partes de agregado grosso, 1,60-1,90 partes de agregado fino, e 0,40 para 0,42 partes de água.

O documento CN101423362 divulga escória de aciaria misturada em argamassas de base cimentícia, compreendendo os seguintes componentes em percentagem em peso: 69,7-89,9 por cento de escória de aço, 10 a 30 por cento de cimento e de 0,1 a 0,3 por cento do aditivo.

O documento CN101891435 divulga uma argamassa para utilização em edifícios preparada a partir de escória de aciaria compreendendo os seguintes componentes em percentagem em peso: 55-80% de escória de aço com uma granulometria inferior a 4,75 mm, 15-40% de silicatos, 0,5-5% de pó gelatinoso de ácido acrílico, 0,05-5% de um agente retentor de água, 0,1-1% de fibras de madeira, 0-0,5% de agente redutor de água e 0-0,5% de repelente de água.

O documento US8317915 divulga uma composição de aditivos compreendendo os seguintes componentes em percentagem em peso: 0,01 a 3% de ácido policarboxílico ou seus sais e 97 a 99,99% de clínquer.

Sumário

O presente pedido divulga uma argamassa que compreende, em massa por volume total de argamassa, as seguintes dosagens:

- 400 a 520 Kg/ m³ de cimento Portland normal;
- 50 a 150 kg/m³ de escória de aciaria;
- 1400 a 1600 kg/m³ de agregado silicioso;
- 1,5 a 18 kg/m³ de um superplastificante.

Numa forma de realização, o agregado silicioso usado na argamassa é uma areia siliciosa.

Numa outra forma de realização, o superplastificante usado na argamassa tem base em policarboxilatos.

O presente pedido divulga ainda um método de obtenção da argamassa que compreende os seguintes passos:

- Os componentes são devidamente pesados;
- Todos os componentes não líquidos são misturados até obter-se, por observação visual, uma mistura uniforme e homogénea;
- Coloca-se entre 80% a 90% da água de amassadura no interior de uma misturadora e adiciona-se a mistura uniforme e homogénea dos componentes não líquidos obtidos anteriormente;
- Inicia-se a mistura mecânica dos componentes;
- Adiciona-se o superplastificante;
- Adiciona-se a restante porção de água de amassadura no interior de uma misturadora, ou seja os 10% a 20% da água de amassadura;
- Desliga-se a misturadora;
- Retira-se a argamassa obtida da misturadora.

Numa forma de realização, a adição de água no método de obtenção de argamassa é ajustada em função da tensão de cedência de acordo com a expressão:

$$\tau_0 = 45e^{0,01t}$$

em que τ_0 correspondente à tensão de cedência da argamassa e t o tempo de repouso da argamassa em minutos.

O presente pedido divulga a utilização da argamassa em reparação e reforço estrutural.

Descrição Geral

O presente pedido descreve argamassas com utilização de escórias de aciaria como parte integrante do ligante, constituindo-se como substituinte parcial do clínquer. As escórias de aciaria são um subproduto da indústria do fabrico do aço pelo processo de arco eléctrico e a sua acumulação constitui um problema ambiental e de armazenamento ainda por resolver.

Esta tecnologia encontra-se no domínio dos novos materiais de construção mais eficientes do ponto de vista económico e ambiental. A incorporação de escórias de aciaria, considerado desperdício ou subproduto industrial, tem como objetivo contribuir para a redução do consumo de clínquer, também chamado de cimento Portland normal, contribuindo assim para uma poupança energética e ambiental, bem como introduzir uma melhoria de desempenho, tanto no estado fresco, para a aplicação, como no estado endurecido.

A incorporação das escórias de aciaria como material com capacidade de se constituir como ligante substituindo parcialmente o cimento Portland normal, à base de clínquer, não só reduz o consumo deste e da energia necessária para o produzir, como permite melhorar determinadas propriedades de argamassas em estado fresco e endurecido, de resistência e durabilidade.

As escórias de aciaria utilizadas são separadas do aço na fase líquida no final da oxidação e podem ser obtidas após este processo através da moagem.

A substituição parcial de cimento Portland por escórias de aciaria origina um ligante em argamassas com excelente resposta em estado fresco. Estas argamassas apresentam trabalhabilidades superiores ou equivalentes, com valores de consistência mais estáveis ao longo da primeira hora após a sua produção em comparação com uma argamassa tradicional de cimento.

Devido à adição de escórias de aciaria, as argamassas apresentam características que lhes conferem as seguintes propriedades:

- Trabalhos de reforço estrutural de betão, aumentando a capacidade de carga da estrutura de betão por adição de argamassa;
- Reparação de betão em camada espessa, tanto em superfícies verticais como em tectos;
- Reparação de elementos em betão;
- Regularização de superfícies em betão ou argamassa antes do revestimento por pintura.

Toda a combinação de propriedades que estes materiais de base cimentícia apresentam, manifesta boa compatibilidade química, física e mecânica com sistemas construtivos de estrutura em betão armado, sejam eles antigos ou recentes, tornando estas composições mais apropriadas para casos de reparação e reforço estrutural.

A argamassa de base cimentícia com escórias de aciaria contém os seguintes componentes, em massa dos componentes relativamente ao metro cúbico de argamassa no estado fresco:

- 400-520 kg/m³ de cimento Portland;
- 50-150 kg/m³ de escórias de aciaria;

- 1400-1600 kg/m³ de agregado silicioso;
- Entre 1,5 - 18 kg/m³ de superplastificante com base em policarboxilatos

O agregado silicioso utilizado por ser uma areia siliciosa.

O método de obtenção da argamassa agora divulgada compreende os seguintes passos:

- A mistura dos elementos é realizada após a pesagem dos diversos componentes. Todos os componentes não líquidos são misturados numa primeira fase até obter-se, por observação visual, uma mistura uniforme e homogênea;
- Coloca-se entre 80% a 90% da água necessária à amassadura no interior de uma misturadora e adiciona-se a mistura uniforme e homogênea dos componentes não líquidos obtidos no passo anterior;
- Inicia-se a mistura mecânica dos componentes;
- Um minuto após o início da amassadura, adiciona-se o superplastificante, o qual pode ser por exemplo o policarboxilato;
- Dois a três minutos após o início da amassadura, aplica-se a restante porção de água de amassadura no interior de uma misturadora, ou seja os 10% a 20% restantes da água de amassadura;
- Três a seis minutos após o início da amassadura desliga-se a misturadora.

A argamassa aqui obtida deverá apresentar uma massa volúmica no estado fresco entre 2000 a 2500 kg/m³. A adição de água de amassadura referida anteriormente deverá ser ajustada em função da tensão de cedência da argamassa (τ_0), segundo a seguinte expressão: $\tau_0 = 45e^{0,01t}$, em que t

representa o tempo de repouso da argamassa em minutos. O valor da tensão de cedência deverá apresentar um valor compreendido entre os 10 Pa e os 400 Pa e uma viscosidade plástica (η_p) entre os 0,5 e os 40 Pa.s. Neste ponto a mistura apresenta um aspecto fluido, consoante a composição, e homogéneo.

Exemplos de aplicação

Exemplo de Argamassa

Para a preparação de 1 m³ de argamassa descrita no ponto anterior deve-se recorrer à composição apresentada na seguinte tabela:

Tabela 1 - Elementos e quantidades da composição de argamassa (exemplo 1)

Elementos	kg de material/m³ de argamassa
Dosagem de cimento Portland	412,5
Escória de Aciaria	103
Areia siliciosa	1562,5
Policarboxilato	1,7

Os resultados dos ensaios laboratoriais da argamassa do presente exemplo são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Propriedades físicas e mecânicas determinadas em laboratório, referentes à composição de argamassa (exemplo 1).

Propriedades da argamassa	Resultados dos ensaios da argamassa com escória de aciaria	Resultados dos ensaios da argamassa de referência só com cimento	Normas de referência
Consistência 0 min após a produção da argamassa (mm)	175	190	EN 1015-3
Consistência 30 min após a produção da argamassa (mm)	165	155	EN 1015-3
Massa volúmica no estado fresco (kg/m ³)	2180	2200	EN 1015-6
Massa volúmica no estado endurecido (kg/m ³)	2300	2330	EN 1015-10
Resistência à tração aos 28 dias (N/mm ²)	8	8	EN 1015-11
Resistência à tração aos 120 dias (N/mm ²)	11	11	EN 1015-11
Resistência à compressão aos	68	90	EN 1015-11

28 dias (N/mm ²)			
Resistência à compressão aos 120 dias (N/mm ²)	72	81	EN 1015-11
Módulo de elasticidade dinâmico aos 28 dias (N/mm ²)	44000	29000	EN 1015-18
Módulo de elasticidade dinâmico aos 120 dias (N/mm ²)	40000	50000	EN 1015-18
Porosidade aos 28 dias (%)	10	8	EN 1936
Porosidade aos 120 dias (%)	11	7	EN 1936

A baixa evolução das propriedades mecânicas ao longo do tempo revela uma estabilidade na rigidez e compatibilidade na ligação da argamassa ao suporte, contribuindo para uma maior durabilidade do sistema.

Referências

[1] F. Torgal, A. Shasavandi, S. Salali. Eco-Efficient concrete Using Industrial Wastes: A Review. Materials Science Forum, Trans Tech Publications, Vols 730-732 pp 581-586, Switzerland, 2013.

- [2] Correia, A., Ferreira, S., Roque, A., Cavalheiro, A. Agregados Siderúrgicos Inertes para a Construção. Um novo material de construção, Plataforma para a Construção, 2008
- [3] Chunlin, L., Kunpeng, Z., Depeng, C. Possibility of Concrete Prepared with Steel Slag as Fine and Coarse Aggregates: A Preliminary Study, Procedia Engineering, Volume 24, 2011, Pages 412-416
- [4] Reschke, J. Escória Granulada de Fundição Utilizada como Substituição ao Cimento em Concretos: avaliação de propriedades relacionadas com a durabilidade. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia, 2003.

A presente realização não é, naturalmente, de modo algum restrita às realizações descritas neste documento e uma pessoa com conhecimentos médios da área poderá prever muitas possibilidades de modificação da mesma sem se afastar da ideia geral, tal como definido nas reivindicações.

Todas as realizações acima descritas são obviamente combináveis entre si. As seguintes reivindicações definem adicionalmente realizações preferenciais.

Lisboa, 03 de Julho de 2014

Reivindicações

1. Argamassa caracterizada por compreender, em massa por volume total de argamassa, as seguintes dosagens:

- 400 a 520 kg/m³ de cimento Portland normal;
- 50 a 150 kg/m³ de escória de aciaria;
- 1400 a 1600 kg/m³ de agregado silicioso;
- 1,5 a 18 kg/m³ de um superplastificante.

2. Argamassa de acordo com a reivindicação anterior, caracterizada por o agregado silicioso ser uma areia siliciosa.

3. Argamassa de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada por o superplastificante ter base em policarboxilatos.

4. Método de obtenção da argamassa descrita em qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada por compreender os seguintes passos:

- Os componentes são devidamente pesados;
- Todos os componentes não líquidos são misturados até obter-se, por observação visual, uma mistura uniforme e homogénea;
- Coloca-se entre 80% a 90% da água de amassadura no interior de uma misturadora e adiciona-se a mistura uniforme e homogénea dos componentes não líquidos obtidos anteriormente;
- Inicia-se a mistura mecânica dos componentes;
- Adiciona-se o superplastificante;
- Adiciona-se a restante porção de água de amassadura no interior de uma misturadora, ou seja os 10% a 20% da água de amassadura;

- Desliga-se a misturadora;
- Retira-se a argamassa obtida da misturadora.

5. Método de obtenção de argamassa de acordo com a reivindicação anterior, caracterizada por a adição de água ser ajustada em função da tensão de cedência de acordo com a expressão:

$$\tau_0 = 45e^{0.01t}$$

em que τ_0 correspondente à tensão de cedência da argamassa e t o tempo de repouso da argamassa em minutos.

6. Utilização da argamassa descrita em qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada por ser utilizada em reparação e reforço estrutural.

Lisboa, 03 de Julho de 2014