



Fotokatalytische eigenschappen cement reduceren NO_x

Bouwen aan een schone lucht

In onze drukbebouwde omgeving laat de luchtkwaliteit veel te wensen over. Naast het veelbeschreven fijnstof zijn het vooral stikstof-oxides (NO_x) en vluchtige organische stoffen (VOC's) die de luchtkwaliteit negatief beïnvloeden. Ingeademde stikstofdioxides zijn zeer belastend voor de luchtwegen. Het is dus van groot belang concentraties van deze stoffen te beperken. Dit kan door bijvoorbeeld de uitstoot te verminderen. Ook kan de natuurlijke afbraak van de schadelijke stoffen worden gestimuleerd. Een van de mogelijkheden daartoe is toepassing van een speciale cementsoort: TioCem.

Bij een langdurige blootstelling aan een NO_2 -concentratie van 10 tot $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ worden gezondheidsproblemen veroorzaakt zoals hoesten, bronchitis en een verminderde longfunctie. De toegestane concentratie van stikstofdioxide bedraagt $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (jaargemiddelde) volgens [1].

In 2007 bleef het overgrote deel van Nederland onder deze norm. Langs drukke verkeerswegen traden echter wel overschrijdingen op, incidenteel ook op locaties in grote steden die niet gelegen zijn in een drukke verkeersstraat of nabij een snelweg. Aan de genoemde norm moet uiterlijk in 2010 worden voldaan. Voor de blootstelling aan piekconcentraties van stikstofdioxide geldt een EU-grenswaarde voor het uurgemiddelde van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- 1 Vooral langs drukke verkeerswegen wordt vaak de grenswaarde voor fijnstof overschreden.
- 2 NO_x reductie met TioCem: NO_x wordt door de fotokatalytische oxidatie omgezet naar NO_3^- . Het NO_3^- mineraliseert op het oppervlak en spoelt weg met de regen

Het is zeer moeilijk om overal onder de maximaal toegelaten concentraties te komen, zeker in de nabijheid van drukke verkeersaders. Er moeten dus voldoende maatregelen worden genomen. Deze maatregelen bestaan veelal uit het verbeteren van de verkeersdoorstroming, de bevordering van het openbaar vervoer en het weren van sterk vervuilende voertuigen in binnenstadgebieden. Het is echter ook mogelijk bouwstoffen toe te passen die de concentratie verminderen. Een daarvan is TioCem, ontwikkeld door de HeidelbergCement Group. Door zorgvuldige toevoeging van nano-titaandioxidecrystaline aan dit cement krijgt het materiaal fotokatalytische eigenschappen.

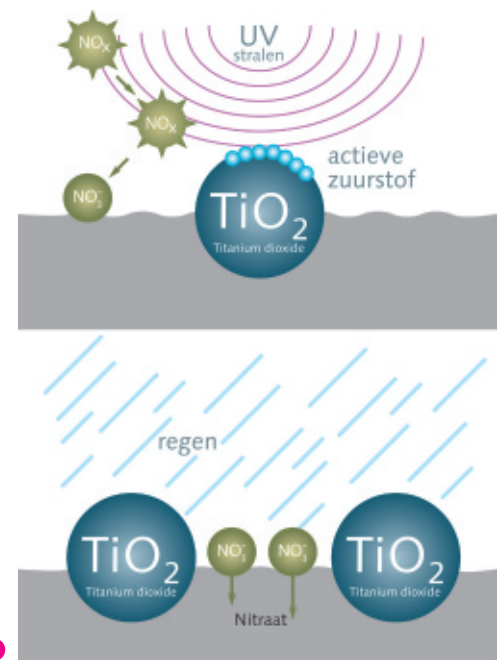
Fotokatalytische processen

Veel chemische verbindingen in de atmosfeer, dus ook de schadelijke, worden onder invloed van licht afgebroken. In het bijzonder door blootstelling aan UV-licht. Dit proces, dat fotolyse heet, verloopt echter traag. Door fotokatalysatoren kan dit proces behoorlijk worden versneld. Op het oppervlak van deze fotokatalysatoren worden hoogreactieve verbindingen gevormd die organische en anorganische schadelijke stoffen kunnen oxideren. Dit geldt ook voor bijvoorbeeld stikstofmonoxide of stikstofdioxide: NO_x wordt door de fotokatalytische oxidatie omgezet naar NO_3^- . Daglicht volstaat om dit proces te activeren. Het gegenereerde NO_3^- is niet giftig en niet schadelijk voor de gezondheid. Het NO_3^- reageert met het calciumhydroxide van het betonoppervlak. Het mineraliseert op het oppervlak en spoelt weg met de regen (fig. 2).

Het wetenschappelijk bewijs voor de werkzaamheid van de nanodeeltjes titaandioxide in cement als reductiemiddel voor de stikstofbelasting is geleverd in het Europese PICADA-project (Photocatalytic Innovative Coverings Application for Deposition Assessment). In een proefopstelling van een stratenplan (schaal 1:5) werden uitlaatgassen van een verbrandingsmotor langs wanden, bestreken met een fotokatalytische cementmortel, gevoerd. De meetgegevens toonden dat door het gebruik van deze cementmortel een reductie van NO_x plaatsvond van 40 – 80%.

Uitgebreide tests

Het effect van TioCem is uitvoerig onderzocht. De fotokatalytische werking van oppervlakken kan worden aangetoond en gekwantificeerd met een methode waarin de mate van verbleken van een organische kleurstof (Rhodamine-B bleaching) op



een mortelproefstuk wordt gemeten (fig. 3). Deze test geeft echter slechts goed reproduceerbare resultaten bij zeer gladde oppervlakken.

Een betere testmethode is die waarin in een proefopstelling een mengsel van lucht en schadelijke stoffen (bijvoorbeeld NO en NO_2) over een betonnen proefobject stroomt, afwisselend met of zonder inwerking van licht (fig. 4). Hoewel deze meetmethode is vastgelegd in ISO 22917-1 zijn toch meer interpretaties van de gegevens mogelijk waardoor vergelijkingen van resultaten slechts onder voorwaarden te geven zijn.

TioCem

TioCem bevat nanodeeltjes titaandioxide (TiO_2) die ervoor zorgen dat anorganische en organische stoffen in de lucht en aan het betonoppervlak door fotokatalytische reactie worden afgebroken. De combinatie van titaandioxide met de UV-stralen van het zonlicht stelt een natuurlijk oxidatieproces in werking dat zich telkens opnieuw kan herhalen.

TioCem is een wit portlandcement CEM I, in de sterkteklassen 42,5 en 52,5, conform EN 197-1, inclusief wijzigingsblad A1. De fotokatalytische toevoeging heeft geen invloed op de eigenschappen van het cement of het daarmee vervaardigde beton.

TioCem maakt gebruik van de gepatenteerde TxActive-technologie voor bouwproducten met fotokatalytische eigenschappen. TxActive is een kwaliteitslabel voor fotokatalytische activiteit van bouwstoffen dat breed in Europa wordt ingezet. Samen met de licentiehouder Italcementi S.p.A. zijn voor zowel cement als voor de daarmee geproduceerde producten strenge kwaliteitseisen vastgesteld.

Tabel 1 NO_x reductie door straatstenen met TioCem in de toplaag

oppervlaktebehandeling	NO _x -reductie [mg/m ² h]
geen	2,1
gestraald	2,3
geslepen	1,9
watergestraald	2,2

luchtstroomsterkte 5l/min; UV-A intensiteit 2000 μW/cm²; 550 ppb NO_x in de toegevoerde lucht

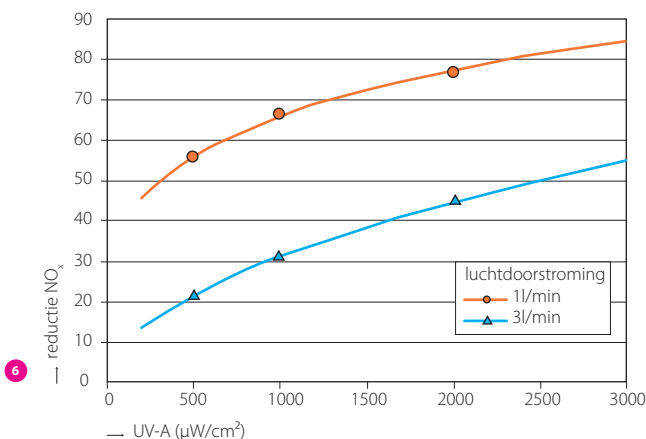
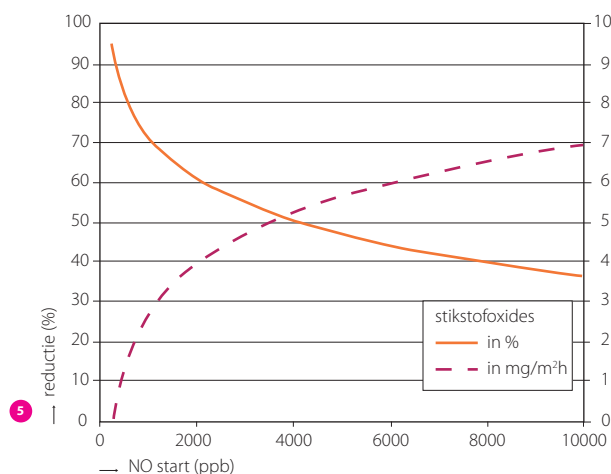
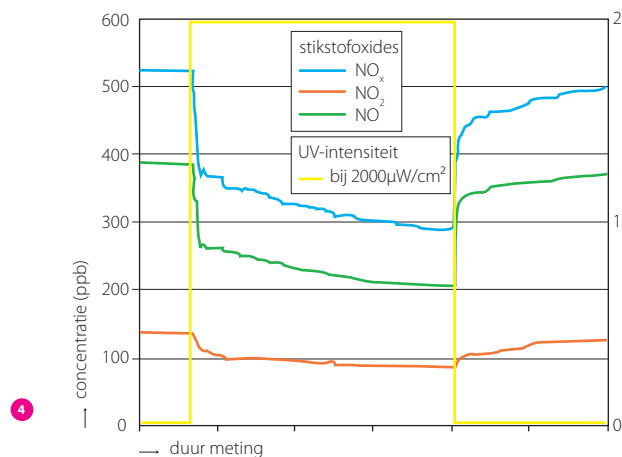
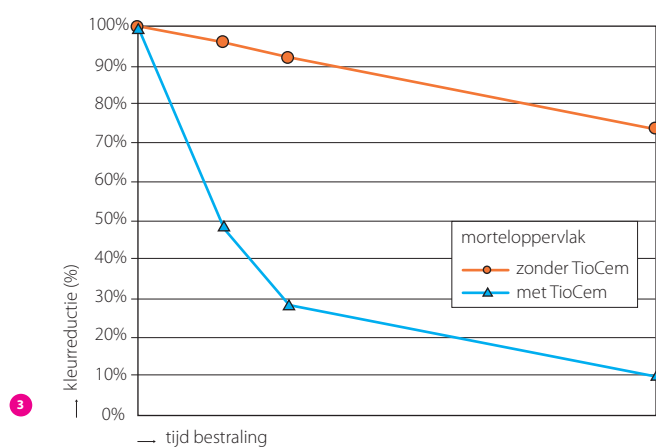
In het HeidelbergCement Technology Center in Leimen (D) is een speciale proefopstelling ontwikkeld. Daarin kan helder worden aangetoond hoeveel de concentratie stikstofdioxide in de lucht kan worden gereduceerd. Door de vele variaties in parameters (stroomsnelheid, lichtintensiteit, concentraties NO en NO₂) kunnen vele milieusituaties worden gesimuleerd. De figuren 5 en 6 geven een voorbeeld hoe de sterkte van degradatie van afvalstoffen wordt beïnvloed door de verschillende omgevingsvariabelen. De degradatie kan zowel in % als ook in mg/m²h worden weergegeven. Figuur 5 geeft daarbij weer dat bij een concentratie van schadelijke stoffen van bijvoorbeeld 1000 ppb (parts per billion), een reductie van 70% wordt behaald. Dat is gelijk aan 2,5 mg/m²h. Figuur 6 geeft de relatie weer tussen de fotokatalytische activiteit en de stralingsintensiteit UV-A. Al bij een zeer geringe intensiteit wordt een signifi-

cante reductie van de schadelijke stoffen in de lucht bereikt. De fotokatalytische activiteit hangt echter ook van het soort oppervlak af. Hoe deze relatie is bij straatstenen wordt weergegeven in tabel 1. Een oppervlaktebehandeling kan grote invloed op de werking hebben.

In de praktijk maakt de grote invloed van wisselende weersomstandigheden een eenduidige waardering van de reductie lastig. De laboratoriumproeven geven echter zonder twijfel een significante vermindering weer van de NO_x-concentratie in de lucht door betonoppervlakken met fotokatalytische werking.

Praktijkproef

In juli 2008 heeft in Stockholm een test in de buitenlucht plaatsgevonden. In de binnenstad werden daarvoor twee identieke proefkamers gebouwd uit licht- en UV-A-doorlaatbaar materiaal. In een daarvan werd een oppervlak met een TioCem mortel gepleisterd. De buitenlucht werd door een NO_x-analyseapparaat in de proefopstellingen geleid. Zonder extra kunstlicht kon in de proefkamer een gemiddelde reductie van 40 tot 70% worden gemeten.





7

Toepassing in bouwmaterialen

Het gebruik van TioCem voor de vervaardiging van bouwmaterialen staat nog aan het begin. In Duitsland werd al wel de eerste 'milieuactieve dakpan' geïntroduceerd: Climalife. Het oppervlak van deze dakpan bestaat uit een toplaag met dit speciale cement. Een certificaat deelt deze dakpan in in een reductieniveau van 1,6 mg NO/m²h. Tot op dit moment dragen inmiddels 200 000 m² dakoppervlak actief aan de reiniging van de lucht bij. Als voorbeeld: de dakbedekking van een normale eengezinswoning (circa 200 m² dakoppervlak) elimineert de

- 3 Reductie van Rhodamine-B op een cementmorteloppervlak. Mortelsamenstelling conform EN 196-1. UV-A intensiteit 600 μW/cm²
- 4 Reductie van een mengsel van NO en NO₂ langs een betonoppervlak [5]
- 5 Reductie als functie van de beginwaarde NO bij betonstraatstenen. Luchtdoorstroming 1 l/min, UV-A intensiteit 2000 μW/cm²
- 6 Reductie als functie van de UV-A intensiteit en luchtdoorstroming bij betonpleisterwerk; 550 ppb NO_x in het luchtmengsel (400 ppb NO + 150 ppb NO₂)
- 7 Betonnen dakpannen met een TioCem toplaag
- 8 Voor de gevelelementen van het kantoorgebouw van Decomo is beton met TioCem gebruikt

NO_x-uitstoot van drie gasgestookte verwarmingsinstallaties. Wanneer men bedenkt dat per jaar in Duitsland circa 30 miljoen m² dak met betonnen pannen wordt gedekt is voor te stellen wat de bijdrage aan de luchtverbetering kan zijn.

Het NO_x-reducerend cement leent zich niet alleen voor toepassing in dakpannen, het kan in ieder betonproduct worden toegepast. Uiteraard is de fotokatalytische werking het beste bij beton dat in contact komt met de buitenlucht. Het meeste effect sorteert de toepassing in drukke verkeersgebieden. Daar kan het cement, toegepast in straatstenen, trottoirbanden en geluidsschermen, een positieve bijdrage leveren aan de luchtkwaliteit van de omgeving. Het gebruik in gevels is echter ook zeer zinvol.

Vuilreductie

Producten die met TioCem zijn vervaardigd hebben nog een tweede positieve kwaliteit: ze zijn vuilreducerend. Deze kwaliteit komt vooral tot zijn recht bij geluidsschermen en gevels. Ook hier speelt de fotokatalytische kracht een rol. Door de afbraak in de lucht van organische en anorganische stoffen, zullen deze zich minder snel vastzetten op het betonoppervlak. Samen met zon en regen zorgt dit voor een zelfreinigend resultaat. ☒

● LITERATUUR

- 1 RICHTLIJN 1999/30/EG VAN DE RAAD van 22 april 1999
- 2 Fujishima, A.; Hashimoto, K., Watanabe, T.; (1999): TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals and Applications, BKC Inc., Tokyo, Japan.
- 3 Bolte, G.: Photokatalyse in zementgebundenen Baustoffen: *Cement international* 3/2005
- 4 Ladang, C., TIOCEM – Ontwikkeling van cement met fotokatalytische eigenschappen, *Cement*, Themanummer Materiaalontwikkeling, 2006/05.
- 5 ISO 22917, Part 1 "Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technicalceramics) – Test method for air-purification performance of semiconducting photocatalytic materials – Part 1: Removal of nitric oxide".
- 6 Guerrini, G. L.; Peccati, E.: Photocatalytic cementitious roads for depollution: International RILEM Symposium on Photocatalysis, Environment and Construction Materials: October 8–9, 2007, Florence, Italy.

8

