

Het langzamer uithardende hoogovenbeton wordt gebruikt in massieve stukken, zoals de tunnelwanden van de Noord-Zuidlijn.



foto Cement&BetonCentrum

CO₂-REDUCERENDE CHEMIE BIJ CEMENTPRODUCTIE

Schoon beton

Voor het maken van beton is cement onmisbaar. Cement is echter een belangrijke veroorzaker van CO₂-uitstoot en draagt daarmee dus fors bij aan de opwarming van de aarde. Door de chemie van de cementproductie te veranderen kan de uitstoot omlaag. tekst ir. Jim Heirbaut

De Romeinen wisten al hoe goed je kon bouwen met beton, getuige onder meer het Pantheon in Rome, de grootste overkapping van ongewapend beton. Er zijn zelfs aanwijzingen dat mensen duizenden jaren vóór het Romeinse Rijk al gebruikmaakten van beton in de bouw. Beton is dan ook een soort droommateriaal: je kunt het in elke gewenste vorm gieten, het is sterk en hard, en de benodigde grondstoffen zijn overal op de aardbol te vinden.

Het heeft echter ook een groot nadeel: het bindmiddel in beton is cement (zie kader 'Betonbereiding') en

bij de productie daarvan komen aanzienlijke hoeveelheden CO₂ vrij, tot wel 900 kg voor het maken van een ton van het traditionele portlandcement. Dat komt voor meer dan de helft door het chemische proces dat ten grondslag ligt aan het maken van cement. In ovens wordt bij een hoge temperatuur van 1450 °C kalksteen (calciumcarbonaat) gebrand tot zogeheten klinker. In chemische termen: calciumcarbonaat (CaCO₃) valt bij die hoge temperatuur uiteen in CaO en CO₂. Daarbij komt dus veel van het broeikasgas CO₂ vrij. Het opstoken van de cementovens kost uiteraard ook

veel energie, met onvermijdelijke CO₂-uitstoot tot gevolg, en dat geldt ook voor het vermalen van de klinker tot poeder. De schatting is dat zo'n 5 % van de wereldwijde CO₂-uitstoot afkomstig is van de cementproductie.

We maken wereldwijd dan ook jaarlijks meer dan 10 miljard m³ beton, ofwel 1,5 m³ per persoon. En door de groei van de wereldbevolking neemt het gebruik van beton nog steeds flink toe. In 2050 gebruiken we met zijn allen twee keer zoveel cement als in het jaar 2000, verwacht het Cement&BetonCentrum, een kenniscentrum dat tevens de belangen behartigt van drie Neder-



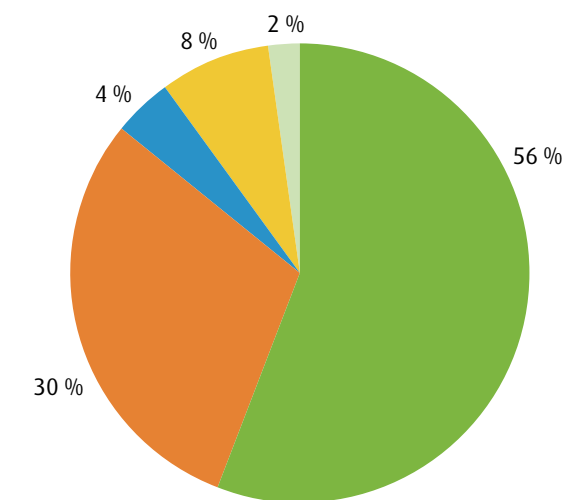
foto Cement&BetonCentrum

Cement in droge vorm.

landse cementproducenten. Met de klimaatdeal van Parijs nog in ons achterhoofd is het duidelijk dat deze trend zo niet kan doorgaan. De CO₂-voetafdruk van beton en cement moet fors omlaag. Dit kan natuurlijk op voor de hand liggende manieren, zoals door te proberen minder beton te gebruiken. Verder kan het door de inzet van andere materialen of door wat slimmer te ontwerpen, maar er zijn ook manieren om de CO₂-uitstoot van cement terug te brengen. Daar is veel te winnen.

Restproducten

Ons land doet het op dat vlak al behoorlijk goed. Ten eerste gebruiken we voor het opstoken van de cementovens waar mogelijk biobrandstoffen, zodat er geen nieuw CO₂ wordt uitgestoten. Daarnaast blijkt het mogelijk om klinker, met 95 % het hoofdbestanddeel van portlandcement, voor een aanzienlijk deel te vervangen door hoogovenslak of poederkoolvliegias. Dat zijn de restproducten uit achtereenvolgens hoogovens en kolengestookte elektriciteitscentrales. Bij die processen



illustratie Cement&BetonCentrum

Bronnen van CO₂-productie in gemiddeld Europees cement.

is uiteraard veel CO₂ vrijgekomen, maar door de restproducten nuttig toe te passen in cement, breng je op die plek de uitstoot terug. En de getallen zijn indrukwekkend: met het in Nederland meest toegepaste hoogovenbeton wordt een CO₂-reductie gerealiseerd van 70 %.

Nederland heeft deze ontwikkeling al ingezet in de jaren dertig en is er veel verder mee dan bijvoorbeeld buurland Duitsland. 'Dat heeft meer dan genoeg kalksteen beschikbaar om cement mee te maken. Wij hebben in Nederland alleen mergel in Limburg', vertelt ir. André Burger, directeur van het Cement&BetonCentrum. Vandaar dat we zo inventief zijn geweest om restproducten als hoogovenslak en poederkoolvliegias in cement toe te passen. 'De Duitsers zien het cement uit poedervliegias als een surrogaatmateriaal, als een versneden versie van het origineel.' Toch voelen onze oosterburen onder druk van het klimaatprobleem een steeds grotere urgentie om de CO₂-uitstoot van de cementproductie terug te dringen. En dus kijken ze bij ons af hoe we het doen.

De mechanische eigenschappen en de duurzaamheid van beton met hoogovenbeton zijn vergelijkbaar met die van beton met portlandcement. Burger: 'Alleenhardt het hoogovenbeton wat langzamer uit. In een project waarbij dit een probleem is, gebruik je wat meer portlandcement in het beton. Deze langzamere chemie heeft ook een voordeel: er komt minder warmte bij vrij. Vooral bij grote massieve blokken beton kan warmteontwikkeling een probleem vormen. Je ziet dan ook dat producten als tunnelwanden van hoogovenbeton worden gemaakt.'

Een andere truc om de CO₂-uitstoot van cement wat terug te dringen, is om het portland-

BETONBEREIDING

Vaak worden de termen 'beton' en 'cement' door elkaar gebruikt. Het zijn echter verschillende zaken. Het keiharde, grijze materiaal dat we overal om ons heen in gebouwen, bruggen en dammen zien zitten, noemen we beton. Beton bestaat voor bijna 80 % uit grotere en kleinere stenen en uit zand, dat bij elkaar wordt gehouden door het bindmiddel cement.

Bij het bereiden van beton voeg je aan het mengsel van grind, zand en cement water toe. Het beton hardt uit doordat er een hard cementsteen wordt gevormd dat het zand en grind verbindt.

Beton bestaat voor maar ongeveer 14 % uit cement. Toch is de CO₂-voetafdruk van beton aanzienlijk: wereldwijd zo'n 5 % van alle door mens veroorzaakte CO₂-uitstoot.

Beton is natuurlijk een geweldig materiaal om wegen, bruggen en gebouwen van te maken. Het is sterk, hard, duurzaam, vorstbestendig en makkelijk in een vorm te brengen. Maar goed voor het klimaat is het dus niet. Daarom worden er allerlei ideeën ontwikkeld om de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij het maken van cement voor beton, omlaag te brengen.

foto Cement&Beton Centrum



In een cementoven wordt kalksteen gebrand tot klinker.

warmte, ongeveer 20 % van wat vrijkomt bij het maken van gewoon beton. Dat is vooral belangrijk als je grote blokken beton maakt, zoals bij de fundering van een windmolen, en de warmte niet goed weg kan,' zegt Stemmermann.

Het grote winstpunt van het nieuwe celiet-cement is de veel kleinere CO₂-voetafdruk. Ligt die voor conventioneel cement rond de 900 kg per ton cement, voor celiet-cement liggen de waarden tussen 350 en 550 kg per ton materiaal, afhankelijk van het type cement. Celitement biedt namelijk verschillende typen cement aan, met verschillende concentraties calcium.

Hoewel de cementindustrie behoudend is en de beginfase voor het product Celitement dus lastig, ziet Stemmermann de toekomst voor Celitement op de langere termijn zeer zonnig in. 'We kunnen de concurrentie aangaan, want het bouwen van een fabriek is zeker niet duurder, misschien zelfs goedkoper. De grondstoffen hebben dezelfde prijs en de energieconsumptie ligt lager.'

Op dit moment is Celitement bezig met het testen van onderdelen voor de beoogde fabriek. Eind dit jaar valt de beslissing of die fabriek er daadwerkelijk komt. Bij groen licht start de bouw in 2017; de fabriek moet dan in 2020 operationeel zijn. Hij zal dan per jaar 50 000 ton van de nieuwe cementsoort kunnen produceren. |

cement te versnijden met zogeheten kalksteenmeel. Dit is gemalen kalksteen die niet in de oven is geweest. 'Dit materiaal zou in zijn eentje niets doen. Maar als je het mengt met klinker, dan gaat het mee reageren zodra klinker gaat reageren met water,' vertelt Burger.

Sluiten

Nu de trend is om kolencentrales vroeg of laat te gaan sluiten, hangt de Nederlandse cementindustrie een probleem boven het hoofd. Immers, die prachtige bron van grondstof is er over een tijdje niet meer. Daar komt bij dat niet alleen kolencentrales zullen sluiten, ook hoogovens gaan hun processen verduurzamen om minder CO₂ uit te stoten. Een uitstekend plan voor de wereld natuurlijk, maar voor de cementproducenten in Nederland lastig, omdat de hoeveelheid hoogovenslak zal afnemen. 'Daar denkt de industrie inderdaad over na,' zegt Burger. 'Op de korte termijn zien we geen problemen, maar als je in de richting van 2050 denkt, dan moeten we nadenken over andere grondstoffen. Het is te verwachten dat op die termijn het klinkergehalte in cement zal toenemen. Daarom zoekt de cementindustrie naar mogelijkheden om de CO₂-uitstoot van de klinkerproductie te verminderen.'

Om te beginnen ligt het recycelen van beton voor de hand. Technisch gezien gaat dat prima: bij de sloop van een gebouw wordt het beton gescheiden en klein gemaakt tot betongranulaat.

Deze brokken kunnen uitstekend dienen om de stenen te vervangen die normaal gesproken in nieuw beton gaan. De kwaliteit van het uitgeharte beton zal ongeveer hetzelfde zijn. 'Veel CO₂-besparing levert het niet op, maar het is wel een goed voorbeeld van circulaire economie,' aldus Burger.

Er zit echter een economisch addertje onder het gras, waardoor dit maar weinig gebeurt. Burger: 'Het scheiden van de stromen bij het slopen van gebouwen kost geld. En omdat grind momenteel erg goedkoop is – vanwege de crisis in de bouw en doordat we in Nederland de rivie-

'Het is een lange weg geweest vanuit het laboratorium naar de schaal waarop we nu produceren'

ren aan het uitdiepen zijn – kan het simpelweg niet uit. Vandaar dat het betongranulaat nog steeds vooral terecht komt in de fundering van nieuwe wegen, voor het ophogen van de ondergrond. Pas als we geen nieuwe wegen meer aanleggen, wordt de businesscase voor betongranulaat waarschijnlijk beter.'

Bindmiddel

Het meest veelbelovend zijn nieuwe chemische routes om materialen te maken die voor een deel de traditionele klinker in portlandcement kunnen vervangen. Zo is daar zogeheten calcium-sulfo-aluminaatbeliet-cement (CSA-B), op basis van het klinkermineraal beliet. Om die te maken zijn kortere ovenprocessen nodig bij lagere temperaturen.

Dit beliet-cement moet wel worden gecombineerd met gewoon portlandcement, maar onder de streep is een CO₂-besparing tot 30 % mogelijk.

Nog meer CO₂-winst belooft een vinding van het Duitse Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Daar bedachten materiaalonderzoekers een andere samenstelling van cement, waarbij meer silicaat in het cementmengsel zit en minder kalk. Het reactieve bindmiddel komt alleen aan de schil van de cementkorrels te zitten, waar dit het meeste effect heeft. De belofte van het materiaal is groot: zo'n 50 % lagere CO₂-uitstoot bij het maken ervan. De eerste ideeën hierover aan het KIT stammen uit de jaren negentig en na het vastleggen van de belangrijkste principes in patenten werd in 2009 het bedrijf Celitement gestart. 'Het is een lange weg geweest vanuit het laboratorium naar de schaal waarop we nu deze nieuwe cementsoort produceren,' zegt dr. Peter Stemmermann, hoofd van de afdeling Technische Mineralogie van het KIT. Nu staat op de campus in Karlsruhe een pilotfabriek die per dag zo'n 100 kg celiet-cement maakt. De uitdaging voor de Duitsers zat – en zit – hem erin het proces op te schalen én tegelijkertijd de sector enthousiast te krijgen over het materiaal. 'De cementsector is een zeer conservatieve bedrijfstak, waar de winstmarges minimaal zijn. Dus als je wil pionieren zoals wij, dan draag je hiervoor steeds in je eentje de kosten,' zegt Stemmermann.

Zo'n volledig nieuw recept voor cement kan op economisch vlak in het begin in de verste verte niet de concurrentie aan met het bestaande portlandcement. Daarom leggen Stemmermann en zijn collega's de nadruk op de bijzondere eigenschappen van het materiaal. Zo is beton uit celiet-cement beter bestand tegen verwerking, doordat het minder poreus is en er dus minder makkelijk water in kruipt. Verder oogt beton dat is gemaakt met celiet-cement een stuk witter dan gewoon beton, wat voor een architect of ontwerper interessant kan zijn. 'Bij het bereiden van celiet-beton ontstaat bovendien veel minder



De autoclaaf bij het KIT, die op beperkte schaal celiet-cement maakt.