



Introductie

**LoCem™ betonreparatiemortels cfm. NEN-EN 1504 - 3
op basis van 'geopolymeer' (AACM)**

Wie ...?

Jos Kronemeijer

Materials Engineer (MICT) on Concrete and Cementitious Composites



Kronemeijer Concrete Consult (KCC) bv

Ingenieursadviesdiensten rondom geavanceerde cement- en betontechnologie



Binders For Concrete B.V.

Binders for Concrete (B4C) bv

Groothandel voor non-conventionele bindmiddelsystemen, mortels en grouts

- *cementeuze bindmiddelen voor constructieve beton, mortels en grouts*
- *gebruiksklare spuit-, giet- en troffelmortels voor betonreparatie*
- *bouwchem. hulpstoffen (plastif.s, losmiddelen en cur.comp.s) en precursors*



CONVEZ BENELUX bv

Detailhandel in grondstoffen voor beton, mortels en grouts



Inhoud

- *Definities, grondstoffen en een korte geschiedenis*
- *Positie GPB in ‘de betonwereld’ en nationale verschillen*
- *Stand van zaken omtrent regelgeving en certificatie*
- *Producteigenschappen; algemeen en specifiek*
- *Product- en projectintroductie; intern en extern*
- *Customersupport; eventuele NDA's & LOI's*

Termen en definities

GEOPOLYMEERBETON (GPB)

Een vrijwel ‘vergeten betonsoort’.

Een beton waarin géén ‘traditioneel fabrieksmatig vervaardigde) cement’ wordt gebruikt, maar waarmee wèl sterk en zeer betrouwbaar gebleken constructieve toepassingen mogelijk zijn.

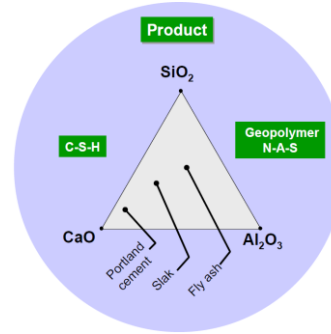
Een betonsoort die sinds 1908 na een lange omweg via Azië sinds 20 jaar weer terug is in West-Europees bewustzijn als gevolg van belangstelling voor bouwmaterialen met een *significant* lagere Carbon-footprint.

Alkali Activated Cementitious Material (AACM)

DEFINITIE volgens prof. Davidovits (FRA; 1978) voor “GEOPOLYMÈRE”

“Een cementachtig bindmiddel voor beton gevormd uit samenvoeging van ‘reactieve mineralen’ (alumino-silicaten) welke na alkalische activering (d.m.v. ‘aard-alkalimetalen’) vervolgens verhardt tot een macro-moleculair steenachtig reactieproduct (anorganisch polymeer)”.

Grondstoffen



Precursors (Alumino-silicate sources)

- Natuurlijke Puzzolanen (MetaKaolin, Trass, etc.)
- Industriële Puzzolanen (PFA, GGBS, SF, etc.)
- Bodem-assen (BMA, MWIBA, RHA etc.)
- Etc.

Activators

- Alkali-metaal hydroxides
- Alkali-metaal silicaten
- Alkali-metaal sulfaten
- Etc.

Momenteel in Europa > 34 bruikbare precursors en > 8 bruikbare activators geïdentificeerd...
Dat levert zo'n 2^{16} *mogelijke* combinaties die geschiktheid voor een specifiek gebruiksdoel kunnen tonen ...

Hele proces



Geopolymerisatie / polycondensatie → alkalische activering
Geopolymeertechnologie / Alkalische-activeringstechnologie

Een korte terugblik over de laatste 115 jaar

- **1908:** Patent (*Hans Kühl*)
“Slag cement and process of making the same”
- **1938:** Article (*Arthur Oscar Purdon*)
“The action of alkalis on blast-furnace slag”
- **1959:** Book (*Viktor Dimitry Glukhovsky*)
“Gruntosilikaty”
- **1979:** Event (*Joseph Davidovits*)
Creation & application of “Geopolymer” terminology
- **1982-1992:** Event (*Joseph Davidovits*) Geopolymer High-Strength Cement, Pyrament[®], Fireproof GP composites
- **1999:** Event (*Angel Palomo*) Production of hardened cementitious materials from Alk.activated type F fly ashes

1908

UNITED STATES PATENT OFFICE,

HANS KÜHL, OF BLANKENESE, NEAR HAMBURG, GERMANY, ASSIGNOR, BY MESNE ASSIGNMENTS, TO THE ATLAS PORTLAND CEMENT COMPANY, OF NEW YORK, N. Y., A CORPORATION OF PENNSYLVANIA.

SLAG CEMENT AND PROCESS OF MAKING THE SAME.

No. 800,939.

Specification of Letters Patent.

Patented Oct. 13, 1908.

Application filed July 3, 1907. Serial No. 391,900.

1938

THE ACTION OF ALKALIS ON BLAST-FURNACE SLAG

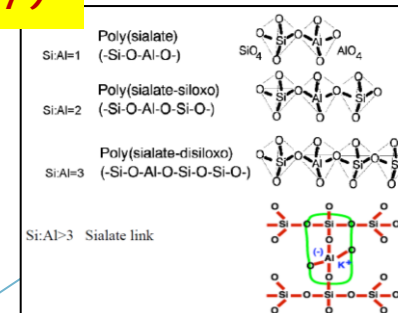
By A. O. PURDON

Although slag may be considered to be a cement in itself, hydration proceeds with such extreme slowness that it cannot be used alone as such. The reactions are usually accelerated by incorporation with the slag of lime, Portland cement clinker, or anhydrite. The resulting cements, compared with Portland, are characteristically slow-hardening but attain great strength with time. A relatively small quantity of an alkali is a much more efficient accelerator. The resulting cement has greater strength, both initial and final, than Portland. The optimum quantity of caustic soda is 5–8% of the mixing water. The same effect is produced by incorporation of lime plus a sodium salt in such quantities as to produce a like quantity of nascent soda. Cements made in this way, apart from their characteristically high early strength, have the following advantages over Portland: (a) Heat of hydration is extremely low. (b) Concrete is practically watertight. (c) Low solubility in pure or aggressive waters.

1959



1979



1999

Alkali-activated fly ashes A cement for the future

A. Palomo*, M.W. Grutzeck[†], M.T. Blanco[†]

*Materials Research Laboratory, The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, USA
[†]Materials Research Laboratory, The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, USA

Abstract

The alkali activation of waste materials (especially those coming from industrial and mining activities) has become an important area of research in many laboratories because it is possible to use these materials to synthesize inexpensive and ecologically sound cementitious construction materials. In the present paper, the mechanism of activation of a fly ash (an other solid material was used) with highly alkaline solutions is described. These solutions, made with NaOH, KOH, water glass, etc., have the common characteristic of having a very high OH⁻ concentration. The product of the reaction is an amorphous aluminosilicate gel having a structure similar to that of zeolite precursors. Temperature and time of curing of specimens together with the relative air rate are some of the variables that were studied. These variables have been shown to notably influence the development of the mechanical strength of the final product. Mechanical strengths, with values in the 40 MPa range were obtained after curing the fly ash at 80°C for only 1 h. © 1999 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

CEMENT AND CONCRETE RESEARCH

Positie van GPB in de wereld van beton van het FIB en de ACI



Federation International du Béton

Lausanne, Zwitserland (1952) - 40 landen

Euro-International Committee for Concrete (CEB)
International Federation for Prestressing (FIP)

<https://www.fib-international.org/>



American Concrete Institute

Farmington Hills, Michigan USA (1905)

<https://www.concrete.org/>

Nederlandse wet- & regelgeving

Overheidsinstelling

BBK
Besluit
Bodem
Kwaliteit

Rijkswaterstaat
ROK

Prorail
OVS

Betonnormen

Ontwerp

Materiaal

Uitvoering

Product-, Proces- en Prestatie-certificatie

KOMO (proces-) certificaat ‘**Uitvoeren van betonreparaties**’

o.b.v **BRL 3201** ‘Het toepassen van specialistische instandhouding technieken voor betonconstructies’

KOMC
Proces
K77658



Uitgegeven 2022-07-14

Vervangt

K77658/04

Geldig tot *Onbepaald*

D.d.

2016-04-12

kiwa



KOMO (product-) certificaat ‘**Cementgebonden (reparatie-)mortels**’

o.b.v **BRL 1904** = niet van toepassing → geopolymer (AACM) ≠ conventionele cement

zullen we dan voorlopig (suggestie) een **Declaration of Performance (DoP)** overwegen?



→ →



TROUW AAN KWALITEIT

→ →



???

Regelgeving en certificatie

In NL en in Europa (en de rest van de wereld)

Rusland en Oekraïne (m.n. voorm. Sovjet-Unie) (v.a.1961)

normen voor o.a. grondstoffen; technische specificaties, testmethoden
Focus op “Metal Slag Alkaline Binders”

Australië (v.a.1989)

normen voor m.n. technische specificaties, testmethoden en systeemprestaties
Focus vanuit m.n. AS 3972 en AS 1379 >> “Hybrid Portland/AAM Binders”

Canada (v.a.1993)

normen voor m.n. technische specificaties en systeemprestaties
Focus vanuit m.n. CSA A3004-E >> “Alternative SCM’s”

Verenigde Staten v. Amerika (v.a.1998)

normen voor m.n. technische specificaties van cementen
Focus vanuit m.n. ASTM C 1157 “Chemical composition of cements”

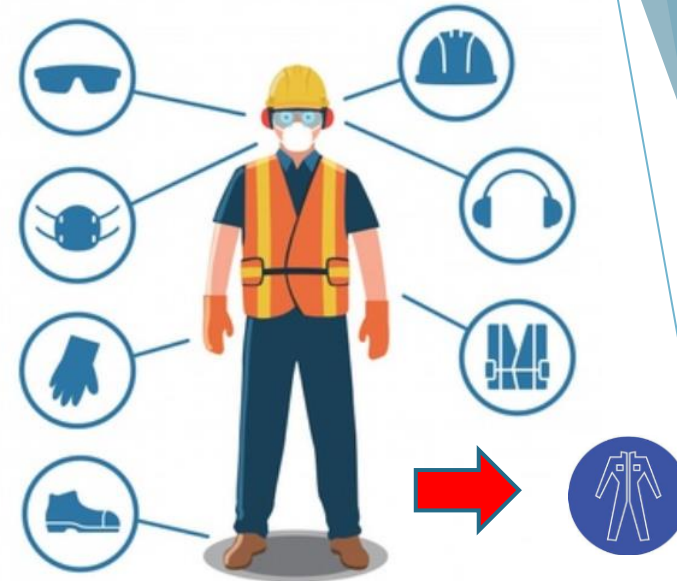
Verenigd Koninkrijk v. Groot Brittannië (v.a.2016)

Vanuit BS:PAS 8820 invulling van “Equivalent Concr. Performance Concept”

Kwaliteit, Arbo en Milieu Gaaf er iets veranderen?

De **betonwereld** kan vol gevaren zijn...

Risico's bij **werken met cement & beton** ...



Veiligheidsrisico's rond werken met betonspecie



HEALTH HAZARD

Short or long term exposure could cause serious long term health effects. Skin contact and ingestion of this chemical should be avoided.



CORROSIVE

May cause burns to skin and damage to eyes. May also corrode metals. Avoid skin & eye contact, and do not breathe vapours.

Gevalideerd 'milieuprofiel' LCA/MKI-profiel & BSB-conformiteit

Environmental Product Declaration Summary

In accordance with ISO 14044, ISO 14025 and EN 15804



Location:

Email:

The LCA background information and project dossier have been registered in the online Ecochain application in the account Theo

A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4
X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND

Product stage

- A1** Raw material supply
- A2** Transport
- A3** Manufacturing

Construction process stage

- A4** Transport gate to site
- A5** Assembly / Construction installation process

Use stage

- B1** Use
- B2** Maintenance
- B3** Repair
- B4** Replacement
- B5** Refurbishment
- B6** Operational energy use
- B7** Operational water use

Environmental impacts and parameters

ADPE = Abiotic depletion potential for non-fossil resources [kg Sb-eq]; **ADPF** = Abiotic depletion potential for fossil resources [kg ozone layer [kg CFC-11-eq]; **POCP** = Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants [kg ethene-eq]; **AP** = Acid toxicity potential [kg 1,4-DB-eq]; **FAETP** = Freshwater aquatic ecotoxicity potential [kg 1,4-DB-eq]; **MAETP** = Marine aquatic ecotoxicity potential [kg 1,4-DB-eq]; **PENRT** = Total use of non-renewable primary energy resources [MJ]; **PET** = Total energy disposed [kg]; **RWD** = Radioactive waste disposed [kg]; **ECl** = Environmental Costs Indicator [euro]

Statement of Confidentiality

Resultaten

Milieu-impact	Eenheid	A1	A2	A3	A1-A3	A4	Totaal
MKI	Euro	9E+0	1E+0	2E-1	1E+1	2E+0	1E+1
ADPE	kg Sb-eq	2E-1	1E-5	9E-7	2E-1	4E-5	2E-1
ADPF	kg Sb-eq	3E-1	7E-2	1E-2	4E-1	1E-1	5E-1
GWP	kg CO ₂ -eq	5E+1	1E+1	2E+0	6E+1	1E+1	7E+1
ODP	kg CFC-11-eq	2E-5	2E-6	2E-7	3E-5	2E-6	3E-5
POCP	kg ethene-eq	2E-2	6E-3	1E-3	2E-2	8E-3	3E-2
AP	kg SO ₂ -eq	3E-1	7E-2	9E-3	3E-1	6E-2	4E-1
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq	4E-2	1E-2	2E-3	6E-2	1E-2	7E-2
HTP	kg 1,4-DB-eq	3E+1	3E+0	5E-1	3E+1	5E+0	4E+1
FAETP	kg 1,4-DB-eq	4E-1	9E-2	8E-3	5E-1	2E-1	6E-1
MAETP	kg 1,4-DB-eq	3E+4	2E+3	2E+2	3E+4	6E+2	3E+4
TETP	kg 1,4-DB-eq	2E-1	4E-2	7E-3	3E-1	2E-2	3E-1
Gebruik van grondstoffen	Eenheid	A1	A2	A3	A1-A3	A4	Totaal
PERT	MJ	1E+2	3E+0	1E+0	1E+2	3E+0	1E+2
PENRT	MJ	8E+2	2E+2	3E+1	1E+3	2E+2	1E+3
PET	MJ	9E+2	2E+2	3E+1	1E+3	2E+2	1E+3
FW	m ³	2E-1	0	0	2E-1	4E-2	2E-1
Output stromen en afvalcategorieën	Eenheid	A1	A2	A3	A1-A3	A4	Totaal
HWD	kg	8E+1	1E-3	2E-4	8E+1	2E-3	8E+1
NHWD	kg	8E+1	3E+0	3E-2	8E+1	1E+1	9E+1
RWD	kg	2E-2	1E-3	1E-4	3E-2	1E-3	3E-2



Ecochain Technologies BV
Burgerweeshuispad 201, 1076 GR Amsterdam, Nederland
<https://www.ecochain.com>
+31 20 3035 777

Een kort overzicht - verhard product

Enkele opmerkelijke prestatie-aspecten

GPC vs. OPC

Druksterkte	Gelijkwaardig bereik als met 'traditioneel cementbeton'
Buigtreksterkte	Gelijkwaardig aan 'traditioneel cementbeton'
Verhardingstempo	Gelijkwaardig aan 'traditioneel cementbeton'
Krimp (en kruip)	Gelijkwaardig aan 'traditioneel cementbeton'
Zuurbestendigheid	tot factor 20 beter dan 'traditioneel cementbeton'
Sulfaatbestendigheid	tot factor 30 beter dan 'traditioneel cementbeton'
Chloridepenetratieweerstand	tot factor 30 beter dan 'traditioneel cementbeton'
Brandbestendigheid	tot factor 100 beter dan 'traditioneel cementbeton'
Hydratatiewarmteontwikkeling	zeer laag tot nihil ("VLH")
Gevoeligheid voor thermische verhardingsstimulering	hoog



Low-carbon sustainable product (CO₂e savings of over 80% compared to oPc equivalents)



High adhesion to opc and AACM concrete



Low or no shrinkage



Fire-resistant to 1200C for over 5 hours



Compatible with C-Probe +chase® and +shot® alkali-activated ICCP reinforced concrete anode binders



High chemical and environment resistance

Applications Conditions / Limitations

Air Temperature -5C / +30C

Substrate Temperature -5C / +30C



Requirements of EN1504-3 for R4 strength concrete and CE equivalence:

Mechanical/ Physical Test Parameter	EN1504-3 Criteria	LoCem® Test Data
Standard compressive strength, MPa at 28d	> 45	50-65
Elastic modulus, GPa	> 22.0	34.8-37.9
Adhesion, MPa	> 2.0	2.5
Restrained Shrinkage, MPa	> 2.0	No shrinkage
Capillary moisture uptake, kg.m-2.h-0.5	< 0.5	n/a
Chloride content, %w/w binder	< 0.05	0.0

Additional Characterisation Testing:

Mechanical/ Physical Test Parameter	LoCem® Test Data
Flexural strength, MPa at 28d	5-6
Resistivity, kohm.cm (ohm.m)	> 100
Heat of setting, degC/kg	0.87
Restrained Shrinkage, MPa	0.803
Capillary moisture uptake, kg.m-2.h-0.5	4.0
Initial setting time (mins)	46-51

Method of Application

Apply only to sound and prepared concrete surfaces. Do not add water to the mix—only use alkali activator to recommended levels to provide workability.

Pre-wet the substrate and remove loose material. Apply in layers to prevent void formation and work around clean reinforcement steel. Each layer shall be applied wet-on-wet but allowed to stiffen between layers.

Cleaning of Equipment and Tools

Do not allow the material to harden on tools or equipment, especially metallic items. Wash with water immediately after use and re-use of equipment and tools is possible.

Workability / Pot Life

45-60 mins (adjustable with retarder use)

Curing

The mixed material will cure under normal atmospheric conditions without the use of curing compounds. Heating the repair material will assist the speed of curing. Avoiding exposure to rain within the first hour after placement is essential.

Reference shall be made to current published forms of BSI PAS8820 and BS EN ISO12696, for specific requirements, where appropriate for application.

Praktijktests

Aangetoonde geschiktheid voor onderstaande herstelprincipes cfm. de NEN-EN 1504-9:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| herst.principe 3 (mbt beton) | - aanheling in oorspronkelijk profiel voor <i>niet-constructief herstel</i> (R1 & R2 bereik)
voor <i>constructief herstel</i> (R3 & R4 bereik) |
| herst.principe 6 (mbt beton) | - versterking irt aggress. chemicaliën |
| herst.principe 7 (mbt wap.staal) | - herstel v. passiviteit door realkalisatie |
| herst.principe 10 (mbt wap.staal) | - aanbrengen v. elektrische potentiaal (ICCP & SACP) |

Testbereik conform NEN-EN 1504-3

- verwerkbaarheid als handtroffelmortel (methode 3.1)
- verwerkbaarheid als gietmortel (methode 3.2)
- verwerkbaarheid als spuitmortel (methode 3.3)

Kennisgeving aan
Toetsing op prestatie



(proces-certificeerder) ??
(product-certificeerder) ??

VIII
Verificatie
&
monitoring

VII
Publicatie

I
Selectie
constructiedelen

II
Selectie
ontwerpcriteria

Roadmap Projectintroductie

III
Selectie
productiecriteria

VI
Praktijktests

V
Validatie
laboratoriumtests

IV
Morteltype-afstemming

I t/m III	3 à 4 weken
IV	2 weken
V	5 à 6 weken
VI	2 à 4 weken
Totaal	3 à 4 maanden