

Concrete Plant + Precast Technology Betonwerk + Fertigteil-Technik

Mixing technology
Flow evaluation in colloidal mixers

Production
Laser projection in double-wall production

bauverlag
Wir geben Ihnen Raum für den Erfolg

**"...better than perfect!
The PRIMUSS®-manhole"**

www.primuss.eu

PRINZING GmbH | Anlagentechnik und Formenbau
Zum Weissen Jura 3 | D-89143 Blaubeuren
Telefon: +49(0)73 44 - 172 0 | Telefax: +49(0)73 44 - 172 80

www.prinzing-gmbh.de

PRINZING
TOP-WERK PARTNER
MADE IN GERMANY



Ultra-high performance concretes Cementitious high-tech materials for industrial applications

Ultra-Hochleistungsbetone Zementgebundene Hightech-Werkstoffe für die Industrie

○ Today, the superior strength and surface properties of UHPC and its high degree of sustainability [4] make it the material of choice not only for major solitary structures on the basis of individual approvals but also for the serial production of components. However, the production of ultra-high-performance concretes from locally available raw materials is worth a closer look from an environmental and, in particular, economic perspective. Such a production scheme makes the precast plant largely autonomous in terms of the composition of the material and its handling.

During its four years of existence, G.tecz has already managed more than 50 research and development projects for using ultra-high performance concretes in industrial applications. This article presents some of these UHPCs, with varying scopes of application.

In this contribution, the term of ultra-high performance concrete (UHPC) is also used for concretes that do not provide a mean minimum compressive strength of 150 N/mm² but have, for example, a lower compressive strength but significantly higher tensile strength whilst providing a lesser degree of brittleness combined with a significantly enhanced paste density.

Ultra-high performance concrete, materials technology

The Quantz technology was used for developing the UHPCs described in this article. Quantz refers to specific approaches to analyzing the raw materials down to the nanoscale and calculating the packing density in interaction with the water film enclosing the particles whilst considering the complex physical, chemical and stoichiometric interactions. This approach makes it possible to open up significant additional performance potentials for concrete even when using commercially available standard cement grades. Using this technology, the aim was to create the optimal particle packing, rather than the highest packing



Fig. 1 10 mm thick TAKTL[®] panel using the Quantz technology, integrally colored blue material.

Abb. 1 TAKTL[®]-Paneel mit Quantz in einer Plattenstärke von 10 mm, Werkstoff blau durchgefärbt.

○ Heute wird UHPC wegen seiner überragenden Festigkeits- und Oberflächeneigenschaften und der hohen Nachhaltigkeit [4] nicht nur für große Einzelbauwerke mit Zulassung im Einzelfall, sondern auch zur Herstellung von Serienbauteilen genutzt. Aus ökologischer und insbesondere ökonomischer Sichtweise lohnt jedoch auch ein Blick auf die Herstellung von ultrahochfesten Betonen mit lokalen Ausgangsstoffen. Eine solche Herstellung gibt einem Fertigteilerwerk die größtmögliche Unabhängigkeit in der Zusammensetzung des Werkstoffs und im Umgang mit ihm.

Die Firma G.tecz konnte in ihrem nunmehr 4-jährigen Bestehen über 50 Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Umsetzung von Ultra-Hochleistungsbetonen in der Industrie durchführen. Einige von ihnen, mit unterschiedlicher Anwendung, sollen in diesem Beitrag gezeigt werden.

Als Ultra-Hochleistungsbeton (UHLB, engl. UHPC) werden in diesem Text auch Betone bezeichnet, die keine mittlere Mindestdruckfestigkeit von 150 N/mm² aufweisen, sondern z. B. weniger druckfest, dafür aber deutlich zugfester sind und eine verringerte Sprödigkeit im Zusammenhang mit einer signifikant erhöhten Zementsteindichtigkeit aufweisen.

Ultra-Hochleistungsbeton, Materialtechnik

Zur Entwicklung der hier gezeigten UHPC wurde die Technologie Quantz eingesetzt. Unter dem Namen Quantz vereinen sich spezielle Vorgehensweisen zur Analyse der Ausgangsstoffe bis in den Nanometerbereich, der Berechnung der Packungsdichte in Wechselwirkung mit dem kornumhüllenden Wasserfilm und Berücksichtigung der komplexen physikalischen, chemischen und stöchiometrischen Wechselwirkungen. Dadurch können selbst unter Verwendung von handelsüblichen Zementen erhebliche Leistungsreserven im Beton erschlossen werden. Mit Hilfe dieser Technologie konnten nicht durch die dichteste, sondern durch die optimale Packung der Partikel bereits Betone mit ausschließlich mineralischen Gesteinskörnungen mit einer Druckfestigkeit von bis zu 450 N/mm² zur industriellen Anwendungsreife entwickelt werden. Eine andere Zielrichtung kann eine möglichst hohe Biegezugfestigkeit der Zementsteinmatrix ohne die Beimischung von Fasern sein. Im Labor wurden bereits Spitzenwerte über 26 N/mm² erreicht.

Die auf diese Weise entwickelten Betone können hinsichtlich ihrer Verarbeitungs- und Festbetoneigenschaften individuell eingestellt werden und bieten ein hohes CO₂-Einsparpotential. Durch die Erhöhung der Packungsdichte und die Anpassung der Wasserfilmdicke auf rechnerische Werte im Bereich von 0,01 bis 0,09 mm wird der Kapillarporenraum auf Werte unter 1,5 Vol.-% reduziert. Gegenüber dem Hochleistungsbeton oder Normalbeton liegen im UHPC die transportfähigen Poren praktisch isoliert in der Zementsteinmatrix vor, wodurch Transport-



Dr.-ing. Thomas Teichmann
(Jg. 1975);
1994 – 2000 Studium des Bauingenieurwesen/Baustoffkunde an Bauhaus-Universität Weimar;
2001 – 2007 Promotion im Bereich der Materialtechnologie zementgebundener Hochleistungswerkstoffe an der Universität Kassel, summa cum laude; Promotionsthema: Einfluss der Granulometrie und des Wassergehaltes auf die Festigund Gefügedichtigkeit von Zementstein;
2007 Gründung der G.tecz Teichmann Zimmermann GbR;
2008 Aufnahme des aktiven Geschäfts;
2009 Gründung G.tecz Engineering; 2011 Gründung weiterer weltweit aktiver Firmen
Lehrbeauftragter der Universität Kassel (2010), Hochschule Magdeburg (2010)
Mitglied in diversen Fach- und Normungsausschüssen; Mitglied in Forschungsgesellschaft Straßen und Verkehrsbau FGSV
teichmann@gtecz.com



Fig. 2 Goosenbridge in Utrecht, Precast elements: Romein Beton, NL, material design: G.tecz, Kassel

Abb. 2 Goosenbridge in Utrecht, Fertigteile: Romein Beton, NL, Materialentwicklung: G.tecz, Kassel

density, in order to develop concretes with aggregates exclusively consisting of minerals that provided a compressive strength of up to 450 N/mm² ready for application in industrial settings. Another objective can be to achieve the greatest possible tensile bending strength of the paste matrix without adding fibers. Maximum values of 26 N/mm² were already achieved on the laboratory scale.

The concretes thus developed can be specifically set in terms of their workability and properties in the hardened state, and provide a high potential for carbon emission reduction. The capillary pore space is reduced to less than 1.5 per cent by volume by increasing packing density and adjusting the calculated thickness of the water film to 0.01 to 0.09 mm. Compared to high-performance or normal concrete, the pores capable of being transported in the UHPC are basically isolated in the paste matrix, which creates a very high resistance to transport and migration processes from outside so that they are extremely difficult to measure [5].

UHPC in the industry

In many cases, precast plants use planetary mixers whose mixing intensity is not high enough for providing a sufficient degree of fines decomposition in concrete systems with a high proportion of fines. Using intelligently managed mixing and batching processes, however, such mixers can be adjusted to produce easily workable concretes with compressive strengths significantly in excess of 180 N/mm² and very low materials cost.

Application examples

The fact that the Quantz technology can be successfully implemented not only in Germany or Europe but also in other regions is underscored by the activity of the company TAKTL based in Pittsburgh, United States. This company manufactures and globally distributes premium-quality, durable and innovative facade panels with customized surfaces (Fig. 1), which consist of a UHPC that was developed using the Quantz technology. The company was faced with the particular challenge of the cement grades available in Pittsburgh, which are equivalent to a German CEM I 32.5 R in terms of their strength. Despite this situation, the business succeeded in developing ultra-high performance concretes on the basis of these cements. In addition, a mixing process allowing for mixing times of less than three minutes was developed in order to ensure economical production.

Directly at the G.tecz premises, a 9 mm thick facade panel with a three-dimensional („hedgehog“) surface texture (Fig. 3) was developed on the basis of a design elabo-

und Migrationsprozessen von außen ein sehr hoher Widerstand entgegengesetzt wird, so dass sie messtechnisch kaum noch erfassbar sind [5].

UHPC in der Industrie

Oftmals sind in Fertigteilwerken Planetenmischer vorhanden, deren Mischintensität bei feinstoffreichen Betonsystemen nicht ohne weiteres für einen ausreichenden Aufschluss der Feinstoffe ausreicht. Durch intelligent gesteuerte Misch- und Dosierungsabläufe können aber auch mit diesen Mixern leicht verarbeitbare Betone mit einer Druckfestigkeit deutlich oberhalb von 180 N/mm² und minimalen Materialkosten hergestellt werden.

Anwendungsbeispiele

Dass die Quantz-Technologie nicht nur in Deutschland oder Europa erfolgreich umgesetzt werden kann, zeigt z.B. die Firma TAKTL aus Pittsburgh in den USA. Dort werden hochwertige, dauerhafte und innovative Fassadenelemente mit individuellen Oberflächen (Abb. 1) mit einem UHPC, entwickelt mit der Quantz-Technologie, hergestellt und weltweit eingesetzt. Die besondere Herausforderung waren die in Pittsburgh verfügbaren Zemente, die in ihrer Festigkeitsentwicklung einem deutschen CEM I 32,5 R gleichzusetzen sind. Dennoch ist es gelungen, daraus Ultra-Hochleistungsbetone zu entwickeln. Um eine wirtschaftliche Herstellung zu gewährleisten, wurde ein Mischregime entwickelt, das eine Mischzeit von unter 3 Minuten ermöglicht.

Direkt in der Firma G.tecz wurde ein 9 mm starkes Fassadenpaneel mit einer dreidimensional gestalteten Oberflächenstruktur (Igel) nach einem Entwurf einer Designerin für die Kunststiftung Sachsen-Anhalt entwickelt und für eine Fassade selbst hergestellt (Abb. 3). Der Werkstoff in den Paneelen hat eine mittlere Biegezugfestigkeit über 17 N/mm². Die besondere Herausforderung in diesem Projekt war der Schalungsbau für die Igelstruktur. Durch die Herstellung eines CNC-gefrästen Rohlings konnten günstige Schalungen mit geeigneten PU-Schäumen reproduziert werden und somit die Wirtschaftlichkeit gewahrt bleiben.

Vorteile der Technologie

Mit der Quantz-Technologie entwickelte UHPC und ihre Anwendung in Bauwesen, Architektur oder Maschinenbau weisen ein hohes ökologisches Potential auf. Dies liegt zum Einen in der Nutzung lokal vorhandener Rohstoffe bei der Produktion und damit der Reduktion von Emissionen, die beim Transport der Rohstoffe entstehen, aber auch in der Reduzierung des erforderlichen Materialvolumens z.B. durch eine Querschnittsverkleinerung eines Bauelements.

Weitere positive Nebeneffekte beim Einsatz von Quantz in der Fertigteil-Produktion stellen sich auf Grund der hohen Frühfestigkeit ein. Nach 2 Tagen liegt die Druckfestigkeit üblicherweise bei 90 N/mm², wodurch die Lagerhaltung im Werk erheblich reduziert werden kann.

Zusammenfassung

Die Entwicklungen bei G.tecz zeigen und belegen, dass durch eine erfolgreiche industrielle Umsetzung eine wirtschaftliche und nachhaltige Nutzung der zementgebundenen Werkstoffe der neuesten Generation schon jetzt möglich ist.

Thomas Teichmann



Fig. 3 "Hedgehog" facade produced for Saxony-Anhalt Art Foundation (Kunststiftung Sachsen-Anhalt).
Abb. 3 Igelfassade für Kunststiftung Sachsen-Anhalt.

rated for Kunststiftung Sachsen-Anhalt (Saxony-Anhalt Art Foundation), and produced at the premises because no other suitable contractor was found. The material used for the panels has a mean tensile bending strength of more than 17 N/mm². The key challenge to be tackled in this project was designing and making the molds required for achieving the „hedgehog“ texture. A CNC-milled blank enabled the low-cost manufacture of molds consisting of suitable polyurethane foams, which ensured that the project remained within the defined cost limits.

Benefits of the technology

UHPCs developed with the Quantz technology and their use in construction, architecture or mechanical engineering open up a significant potential for reducing environmental impact, which is due not only to the use of locally available raw materials for production and the resulting reduction in greenhouse gas emissions generated by raw material transport but also to the reduction in the required material volume for instance by reducing the cross-section of a precast element.

Other positive effects of applying the Quantz technology in precast production are due to the high early strength of the concrete. After two days, its compressive strength usually reaches 90 N/mm², which makes it possible to significantly reduce storage at the factory premises.

Summary

The developments at G.tecz prove that the successful application of the technology in industrial settings enables the economical and sustainable use of latest cementitious materials even today. ■

This abstract is a summary of the talk at the symposium "Precast UHPC - Manufacturing Partner Refractory Industry?". That Symposium will be held on 20th of October, 2011 during the 54th International Colloquium on Refractories 2011. Do you have already registered for this event? www.feuerfest-kolloquium.de

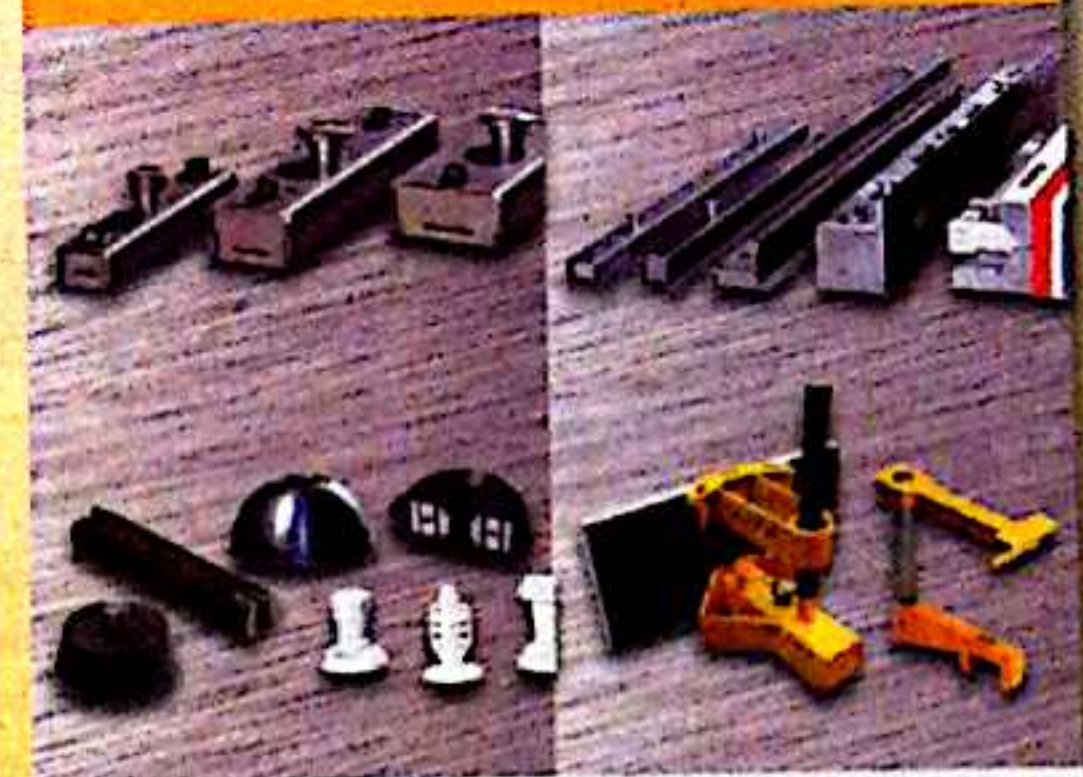
References/Literatur

- [1] Schmidt, M., Fehling, E., Bunje, K., Teichmann, T.: Brückenfamilie aus Ultra-Hochfestem Beton in Niestetal und Kassel. Beton- und Stahlbetonbau 101, Heft 3, 2006, 198-204
- [2] Teichmann, T., Krelaus, R.: Konstruktives Kleben von ultrahochfestem Beton – Laboruntersuchungen und praktische Anwendungen. Tagungsband, 51. BetonTage, 2007, Neu-Ulm, 22-23
- [3] Schmidt, M., Krelaus, R., Teichmann, T., Fehling, E., Herget, E.: Gluing UHPC structural members for the Gärtnerplatz Bridge in Kassel. BFT International, Heft 10, 2007, Vol. 73, 12-20
- [4] Schmidt, M., Teichmann, T.: Ultra-High-Performance Concrete: Basis for sustainable structures, CESB07 Prague Proceedings International Conference 'Central Europe towards Sustainable Building', 83-88, 2007
- [5] Teichmann, T., Schmidt, M.: Influence of the packing density of fine particles on structure, strength and durability of UHPC; Ultra High Performance Concrete (UHPC): Structural Materials and Engineering Series. International Symposium on UHPC, Kassel, 2004
- [6] Teichmann, T. (Dissertation). Einfluss der Granulometrie und des Wassergehaltes auf die Festigkeit und Gefügedichtigkeit von Zementstein. Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, Heft 12, Kassel, 2007, ISBN 978-3-89958-7

Dieser Beitrag ist eine Kurzfassung des Vortrags anlässlich des Fachsymposiums „Fertigteile aus UHPC – Fertigungspartner Feuerfestindustrie?“. Jenes Symposium findet am 20.10.2011 während des 54. Internationalen Feuerfest-Kolloquium 2011 statt. Haben Sie sich schon für diese Veranstaltung registriert? www.feuerfest-kolloquium.de

RATEC

Meet the better ideas!



➤ RATEC.

Innovation leader for magnet based shuttering systems

Since years the RATEC shuttering systems are used at the precast concrete production and are proven by usage.

Through continuous development of shuttering and magnet technique RATEC developed a systematic construction set. This can be used flexible, fast, secure and efficient in all areas.

Also the RATEC product range offers a customized special shuttering construction (small shuttering and molds).

- Shuttering magnet
- Shuttering systems
- Shuttering handling
- Adapter
- Assembly magnets
- Assembly parts
- Additional products
- Special shuttering

Meet the better ideas!



www.ratec.org

Telefon +49 6205 9407 29