

Resource efficiency in the clay brick and tile industry

Part XII: Greywacke carbonate granulate from hard rock processing

Ressourceneffizienz in der Ziegelindustrie

Teil XII: Grauwackekarbonat-Granulat aus der Hartstein-aufbereitung

1 Geological background and site

At Berge Quarry near Meschede/North Rhine-Westphalia, in one concession both greywacke and limestone are extracted and processed to aggregates and construction material mixes for the construction of transportation routes. The materials are selectively extracted at separate extraction sites, the percentage of greywacke being 70% and that of limestone 30%. The underlying greywacke is concordantly covered by blackish-grey reef limestone (»1). During crushing and sizing, over 10 000 t rock flour are produced per year, which are homogeneously wetted and granulated. As part of the Basalt-Actien-Gesellschaft, the quarry is operated by Bergisch-Westerwälder Hartsteinwerke. Five levels are currently being worked with a total height of over 100 m.

Geologically the deposit lies in the Ebbe anticline, which as the prominent geotectonic structural element represents the north-eastern part of the Rhenish Slate Mountains. Quarried are greywacke and limestone from the time of the Upper Middle Devonian/Givetian, which were formed here around 374 to 380 mill. years ago as a result of sedimentation in a tropical shallow sea.

1 Geologischer Rahmen und Standort

Im Steinbruch Berge bei Meschede/Nordrhein-Westfalen werden in einem Gewinnungsfeld sowohl Grauwacken als auch Kalksteine gewonnen und zu Gesteinskörnungen und Baustoffgemischen für den Verkehrswegebau aufbereitet. Der Abbau erfolgt selektiv an separaten Abbaustellen, wobei der Anteil an Grauwacke 70 % und der Anteil an Kalkstein 30 % beträgt. Die liegenden Grauwacken werden konkordant von schwarzgrauem Riffkalk überlagert (»1). Beim Brechen und Klassieren fallen pro Jahr über 10 000 t Gesteinsmehl an, das homogen angefeuchtet und granuliert wird. Als Teil der Basalt-Actien-Gesellschaft wird der Steinbruch von den Bergisch-Westerwälder Hartsteinwerken betrieben. Der Aufschluss erschließt derzeit fünf Abbausohlen mit einer Gesamthöhe von über 100 m.

Geologisch liegt die Lagerstätte im Bereich des Ebbe-Sattels, der als markantes geotektonisches Strukturelement den nordöstlichen Teil des Rheinischen Schiefergebirges repräsentiert. Aufgeschlossen sind Grauwacken und Kalksteine aus der Zeit des Oberen Mitteldevon/Givet, die hier vor rund



Photos/Fotos: Dr. Krakow

»1 Concordant deposit of greywacke and carbonate in the Berge Quarry, North Rhine-Westphalia

»1 Konkordante Lagerung von Grauwacke und Karbonat im Steinbruch Berge/Nordrhein-Westfalen



»2 Extraction site in the massive sparganophyllum limestone
 »2 Abbaustelle in massigem Sparganophyllum-Kalk



»3 Geological anticline structure in the Rensselandia greywacke
 »3 Geologische Sattelstruktur in den Rensselandia-Grauwaren

The up to 700-m-thick greywacke is classified as part of the Upper Finnentrop layers. They are also called Upper Rensselandia greywacke after the leading index fossils, the brachiopods (*Rensselandia circularis*). The greywacke there is characterized by grey to greyish blue rock colours as well as the constant alternation of thinly and thickly stratified beds. They are covered by massive reef limestone, which is named Sparganophyllum limestone after the dominant type of coral (*Sparganophyllum simplex*) (»2). As a result of the Variscan Orogeny, the layers are tectonically deformed and folded, which is expressed in truncated anticline structures (»3).

2 Mineralogical composition

The greywacke carbonate granulate is supplied in a size of 0/0.2 mm without oversize. The ultrafine content averages $d < 2 \mu\text{m} = 15 \text{ mass } \%$. The content $d > 63 \mu\text{m}$ averages 21 mass %. In respect of the mineral phases contained, the material is characterized by a considerable content of phyllosilicates with $\Sigma \text{TM} = 50 \text{ mass } \%$. Depending on the geological position, innercrystalline non-expansive three-layer silicates of the mica group dominate with 40 mass %. In addition, 8 mass % non-expansive minerals of the chlorite group are also determined. Irregular illite-smectite interbedded strata are clearly subordinate with around 2 mass %. Finely dispersed carbonates are represented with a total of 30 mass %, calcite with 28 mass % clearly dominates before dolomite with 2 mass %. In the series of tectosilicates, 15 mass % free silica, 4 mass % soda feldspar and 1 mass % potash feldspar are determined.

With regard to the chemical element distribution, as expected silicon dioxide dominates with 42.74 mass %, calcium oxide with 16.58 mass % and alumina with 12.28 mass %. These are followed by iron oxide with 4.66 mass %, potash with 2.92 mass %, sodium oxide with 0.55 mass % and SO_3 with 0.40 mass %. The loss on ignition is 16.34 mass %. The content of organically bound carbon averages $\text{TOC} = 0.56 \text{ mass } \%$.

3 Ceramics-related characteristics

The dust-fine greywacke carbonate is stored dry in silos (»4). Not until lorry loading is the material granulated with the help of tubular screw conveyors, which are installed under the storage silos. Around 10 mass % water is added to the material. The throughput rate is 100 m³ per hour (»5).

374 bis 380 Mio. Jahren durch Sedimentation in einem tropischen Flachmeer entstanden sind. Die bis zu 700 m mächtigen Grauwaren werden den Oberen Finnentropen Schichten zugeordnet. Nach den führenden Leitfossilien, den Armfüßern/Brachiopoda (*Rensselandia circularis*), werden sie auch als Obere Rensselandia-Grauwaren bezeichnet. Die anstehenden Grauwaren sind durch graue bis graublau Gesteinsfarben sowie durch den stetigen Wechsel von dünn- und dickbankiger Lagerung gekennzeichnet. Sie werden von massigem Riffkalk überlagert, der nach der dominanten Korallenart (*Sparganophyllum simplex*) auch als Sparganophyllum-Kalk bezeichnet wird (»2). Infolge der variszischen Orogenese sind die Schichten tektonisch deformiert und gefaltet, was sich in angeschnittenen Sattelstrukturen dokumentiert (»3).

2 Mineralogische Zusammensetzung

Das Grauwarekarbonat-Granulat wird mit einer Körnung von 0/0,2 mm ohne Überkornanteil ausgeliefert. Der Feinstkornanteil liegt im Mittel bei $d < 2 \mu\text{m} = 15 \text{ Masse-}\%$. Der Anteil $d > 63 \mu\text{m}$ liegt im Schnitt bei 21 Masse-%. Hinsichtlich der auftretenden Mineralphasen ist das Material durch einen deutlichen Anteil an Schichtsilikaten mit $\Sigma \text{TM} = 50 \text{ Masse-}\%$ charakterisiert, wobei entsprechend der geologischen Position innerkristallin nicht-quellfähige Dreischichtsilikate der Glimmer-Gruppe mit 40 Masse-% dominieren. Daneben werden ebenfalls nicht-expansive Minerale der Chlorit-Gruppe mit 8 Masse-% nachgewiesen. Unregelmäßige Illit-Smektit-Wechselagerungen treten stark untergeordnet mit rund 2 Masse-% auf. Fein verteilte Karbonate sind in Summe mit 30 Masse-% vertreten, wobei Calcit mit 28 Masse-% deutlich vor Dolomit mit 2 Masse-% dominiert. In der Reihe der Tektosilikate werden freier Quarz mit 15 Masse-%, Natronfeldspat mit 4 Masse-% und Kalifeldspat mit 1 Masse-% nachgewiesen.

Hinsichtlich der chemischen Elementverteilung dominieren erwartungsgemäß Siliziumdioxid mit 42,74 Masse-%, Calciumoxid mit 16,58 Masse-% und Aluminiumoxid mit 12,28 Masse-%. Danach folgen Eisenoxid mit 4,66 Masse-%, Kaliumoxid mit 2,92 Masse-%, Natriumoxid mit 0,55 Masse-% und SO_3 mit 0,40 Masse-%. Der Glühverlust liegt bei 16,34 Masse-%. Der Anteil an organisch gebundenem Kohlenstoff beträgt im Mittel $\text{TOC} = 0,56 \text{ Masse-}\%$.



»4 Loading of lorries with greywacke carbonate
 »4 Lkw-Verladung von Grauwackekarbonat



»5 Granulation in tubular screw conveyor prior to loading
 »5 Granulatherstellung im Rohrschneckenförderer vor der Verladung

In respect of its consistency, in accordance with DIN 18 122 the granulate can be classified as loose rock with low plasticity. The granulate does not have to be comminuted further at the brickworks, but only homogeneously incorporated into the ceramic body. The phyllosilicates contained effect linear dry shrinkage of around 1.0%, small amounts of adsorption water being expelled without any problem. The crystalline water of the mica and chlorite is expelled in a relatively weak endogenous reaction between 400 and 600°C.

Übersichtslageplan GR Berge 6367



»6 Layout showing production of granulate 6367
 »6 Übersichtslageplan Granulat 6367

3 Keramtechnologische Charakteristik

Das staubfeine Grauwackekarbonat wird in Vorratssilos trocken gelagert (»4). Erst im Zuge der Lkw-Verladung wird das Material mithilfe von Rohrschneckenförderern granuliert, die direkt unter den Vorratssilos installiert sind. Dabei werden dem Material rund 10 Masse-% Wasser zugegeben. Die Durchsatzleistung liegt bei 100 m³ pro Stunde (»5).

Hinsichtlich seiner Konsistenz nach DIN 18 122 ist das Granulat als Lockergestein mit geringer Bildsamkeit zu klassifizieren. Das Granulat muss im Ziegelwerk nicht weiter zerkleinert, sondern nur homogen in die Masse eingearbeitet werden. Die enthaltenen Schichtsilikate bewirken eine lineare Trockenschwindung von rund 1,0%, wobei geringe Mengen an Adsorptionswasser problemlos abgegeben werden. Das Kristallwasser der Glimmer und Chlorite wird in einer relativ schwachen endogenen Reaktion zwischen 400 und 600°C ausgetrieben.

Entsprechend der mineralogischen Komposition und des Wechselspiels zwischen Schichtsilikaten und Karbonaten setzt die Brennschwindung erst im Intervall zwischen 1100 und 1150°C, dann allerdings spontan, ein. Entsprechend stabil bleiben auch die Wasseraufnahmen. Sie unterliegen im Intervall zwischen 950 und 1100°C nur geringen Schwankungen und gewährleisten bei Werten um die 20 Masse-% ein gutes Ausgasungsverhalten in einem ausgesprochen breiten Sinterintervall. Die Scherbenrohddichten sind in diesem Temperaturintervall ebenfalls sehr stabil mit Werten um 1,65 g/cm³. Die Brennfärbungen variieren in Abhängigkeit von der gewählten Spitztemperatur zwischen Hellbraun und Gelblich Grün (»7).

Als Zusatzstoff mit schwindungsreduzierender Wirkung ist das Granulat gut in der Ziegelindustrie zu verwenden. Der bevorzugte Einsatz wird bei der Herstellung von Mauerziegeln gesehen. Im Brennprozess hält das Material den Scherben bis zu 1100°C offen, was für den Ausbrand organischer oder anderer problematischer Massebestandteile von Vorteil ist. Das Granulat ist im Intervall von 950 bis 1100°C absolut unempfindlich gegen Temperaturschwankungen und wirkt hier entsprechend stabilisierend. Oberhalb von 1100°C brennt das Material schlagartig dicht. Technische Empfehlung: Substitution von Tonrohstoffen mit hoher Trocken- und Brennschwindung mit Versatzanteilen von bis zu 20 Masse-%. Als Additiv auch geeignet zur Einbindung von Fluor.

Corresponding to the mineralogical composition and the interaction between the phyllosilicates and carbonates, firing shrinkage only starts in the temperature range between 1100 and 1150° C, although then spontaneously. Water absorption remains correspondingly stable. In the range between 950 and 1100° C it fluctuates only slightly and at values of around 20 mass % it guarantees effective degassing in an extremely wide sintering range. In this temperature range, the body density is also very stable at values around 1.65 g/cm³. The fired colours vary depending on the chosen peak temperature between light brown and yellowish green (»7).

As an additive with a shrinkage-reducing effect, the granulate is well suited for use in the clay brick and tile industry. The preferred use is regarded as being in the production of masonry bricks. In the firing process, the material keeps the body open up to 1100° C, which is favourable for the burnout of organic and other problematic body constituents. The granulate is completely insensitive to temperature fluctuations in the range from 950 to 1100° C and consequently has a stabilizing effect. Above 1100° C the material abruptly fires dense. Technical recommendation: substitution of clay raw materials with high drying and firing shrinkage with batch contents up to 20 mass %. Also suitable as an additive to bind fluorine.

4 Volume availability and final remarks


The annual volume currently available is around 10000 t. On agreement, storage capacity at the site guarantees supply during the winter months. The specified data are only guide values and can be subject to relatively wide fluctuations.



»7 Fired samples with granulate 6367

»7 Brennproben Granulat 6367

4 Mengenverfügbarkeit und Schlussbemerkungen

Die verfügbare Jahresmenge liegt derzeit bei rund 10000 t. Lagerkapazitäten am Standort gewährleisten nach Abstimmung auch eine Versorgung während der Wintermonate. Die angegebenen Daten stellen lediglich orientierende Richtwerte dar und können größeren Schwankungen unterliegen. 

krakow@rohstoffconsult.de

www.dr-krakow-labor.de