

Vermeidung von Schäden aufgrund festigkeitsmindernder Reaktionsverläufe in der Aufheizzone von Tunnelöfen

Forschungsprojekt der Forschungsgemeinschaft der Ziegelindustrie e.V. (FGZ)

Projektnummer:	AiF 17387 N
Projektförderer:	BMWi über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)
Durchführung:	Institut für Ziegelforschung Essen e.V. (IZF)
Projektleiter:	Dipl.-Ing. Michael Ruppik
	Dipl.-Ing. Sandra Petereit

Ziel

Ziel dieses Vorhabens war es, dem durch Zersetzungs- und Umwandlungsreaktionen bewirkten Festigkeitsabfall der Ziegelrohlinge im Temperaturbereich von 500 bis 800°C (900°C) durch rohstoffseitige Maßnahmen und durch Einsatz von schon in der Feuerfestindustrie eingesetzten anorganischen Bindemitteln zu begegnen.

Hintergrund

Durch eine Erhöhung der ertragbaren Spannungen des sich bildenden Scherbens kann der durch Temperaturdifferenzen bzw. durch Dehn- und Schwinddifferenzen verursachten spannungsbedingten Rissbildung entgegen gewirkt werden.

Durchführung

Das Forschungsprojekt beruht auf einem stufenweise aufgebauten Untersuchungsprogramm. Zunächst wurden geometrisch unterschiedliche Rohlinge, hergestellt aus Rohstoffmischungen für Vormauer-, Dach- und Hochlochziegel nach Trocknung bei 100°C zur Bestimmung der Bezugsfestigkeit einer Festigkeitsprüfung unter Druck-, Biegezug- und Zugbelastung unterzogen. Die Rohlinge wurden anschließend im Laborofen bis zu Temperaturen von 300, 500, 700 und 900 °C aufgeheizt und nach Abkühlung auf Raumtemperatur wurden deren Kalt-Festigkeits- und Zug-E-Module bestimmt. Parallel dazu wurden an ausgewählten Rohstoffen die Heiß-Biegezugfestigkeiten bei unterschiedlichen Temperaturen ermittelt, um eine Korrelation zwischen den Kalt- und Heißbiegezugfestigkeiten zu erstellen.

In einem weiteren Schritt wurden drei mineralogisch unterschiedliche Ziegelrohstoffe mit chemischen Bindemitteln unter Variation der Zugabemenge versetzt und in Analogie zu dem oben beschriebenen Arbeitsschritt untersucht.

Ergebnisse

Tendenziell wird für alle tonmineralhaltigen Ziegelrohstoffe, ausgehend von der Bezugsfestigkeit der getrockneten Massen bis zu einer Brenntemperatur von 700 °C ein Festigkeitsabfall nachgewiesen, der die mechanische Belastbarkeit der überwiegend in Besatzformationen aufgeheizten Rohlinge herabsetzt. Anorganische Bindemittel, die hohe Gehalte an Natrium und Polyphosphat beinhalten, lagern in ihrem Netzwerk z.B. Aluminiumoxid und Kationen ein, was in dem betrachteten Temperaturbereich den Festigkeitsverlust begrenzt. Die hierfür erforderliche Zugabemenge an Bindemittel hängt maßgeblich von den im Ausgangsrohstoff befindlichen Reaktionspartnern ab. Bei einer Zugabe von zwei Massen-% sind beispielsweise für die Varianten C2 und C3 maximale Effekte zu erwarten. Rohstoffe, die karbonathaltige Minerale wie Calcit und/oder Dolomit beinhalten, zeigen schon bei einer Zugabemenge von einem Massen-% beispielsweise für die Variante C21 deutliche Festigkeitssteigerungen der unter Druck-, Biegezug- und Zugbeanspruchung belasteten Rohlinge bzw. Scherben. Der Widerstand gegenüber Druckbelastung erfährt im Verlauf der Aufheizung eine stetige Zunahme, während die Biegezug- und Zugfestigkeit dem beschriebenen Festigkeitsabfall folgt.

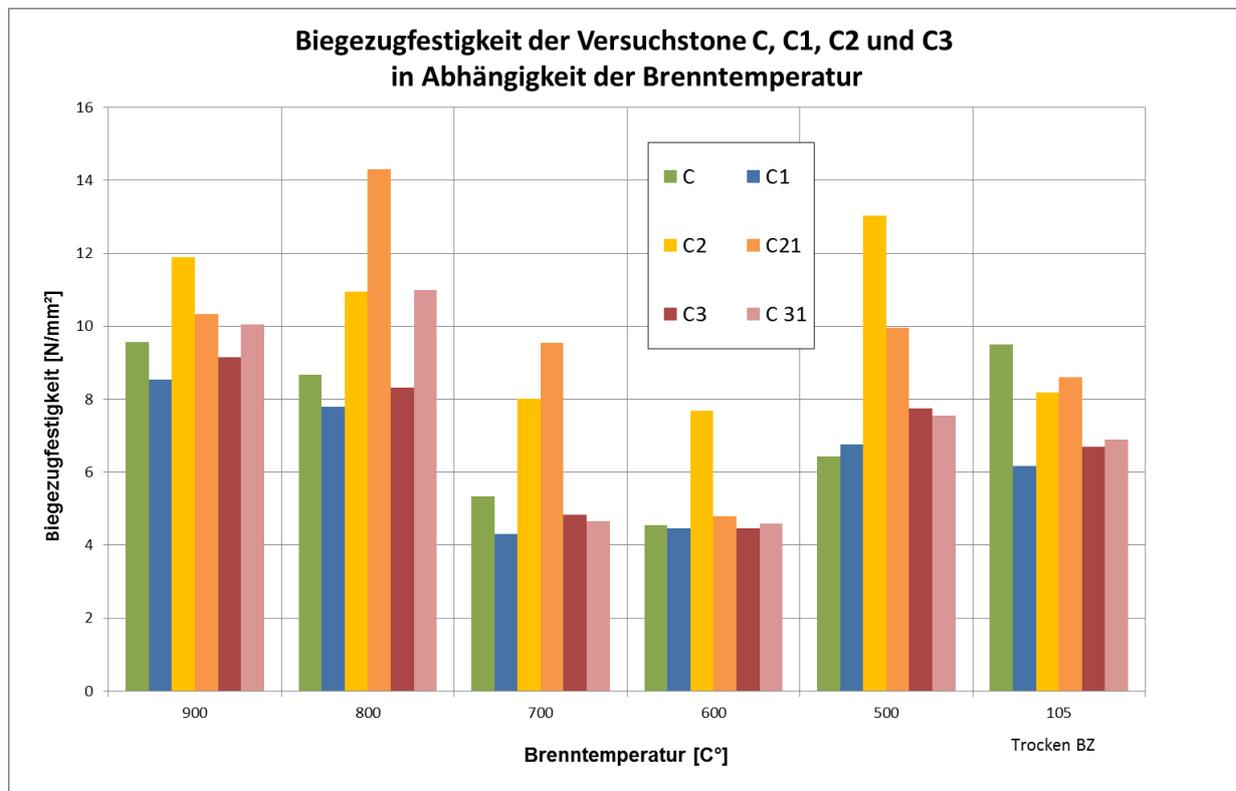


Bild: Biegezugfestigkeit eines carbonathaltigen Ziegelrohstoffes „C“ ohne und mit chemischem Bindemittel C1, C2 und C3 in Abhängigkeit von der Aufheiztemperatur

In Übertragung dieser Kenntnisse auf den betrieblichen Brennprozess sind, dem dilatometrischen Verhalten des jeweiligen Ziegelrohstoffes entsprechend, in den Temperaturbereichen mit extremer Rissgefährdung durch die Zugabe der Bindemittel höhere Spannungszustände ertragbar. Dies gilt einerseits in dem Bereich von 500 bis 650 °C (Quarzsprung) und führt zu einer Stagnation der Dehn- und Schwindprozesse. Andererseits sind in dem Bereich 800 bis 950 °C, in dem der Scherben aus dem dehn- bzw. schwindungsarmen

Zustand im Verlauf der Sinterreaktionen in den eigentlichen Schwindprozess übergeht, höhere Spannungszustände ertragbar.

Eine zeitliche Verkürzung der Aufheizzone, entsprechend einer schnelleren Aufheizgeschwindigkeit in den rissgefährdeten Bereichen, ist durch den Einsatz von Bindemittel nur dann umsetzbar, wenn die Rohlinge textur- und spannungsarm in den Brennprozess gelangen. Die durch den Zusatz bewirkten höheren Bindungskräfte sind nur bedingt in der Lage, eine Schwächung des Gefüges aufgrund einer Texturbehftung im Rohling zu kompensieren. Ziegelrohstoffe, die von Natur aus organische Bestandteile beinhalten, erfordern oberhalb von 700 °C eine verlangsamte Aufheizung bzw. die Einhaltung einer Haltezeit zum Ablauf des Abbrandes und zur Vermeidung von Reduktionskernen bzw. Reduktionsverfleckungen. Der durch die Bindemittel bewirkte verstärkte Zusammenhalt der Rohlingsmasse und die dadurch mögliche schnellere Aufheizung wird durch den Zeitaufwand für den Abbrand überdeckt und kann daher nicht zum Tragen kommen.

In den Fällen, in denen Ziegelrohstoffe mit nur geringen Anteilen an brennbaren Substanzen in den Brennprozess gelangen, ist die durch die Bindemittel bewirkte Aufheizunempfindlichkeit voll nutzbar. Die alkalihaltigen Komponenten verstärken oberhalb von 800 °C die Sinterreaktionen zur Bildung des keramischen Scherbens. Die Schwindprozesse setzen im Falle einer mit Bindemittel beaufschlagten Rohlingsmasse schon bei vergleichsweise niedrigeren Temperaturen ein. Je nach Ausgangsrohstoff bleibt diese festigkeitserhöhende Reaktion bis in den Garbrandbereich erhalten. Im Verlauf der Umwandlung und Neubildung von Tonmineralen bildet sich eine an der Scherbenoberfläche stärker versinterte oberflächennahe Presshaut, die eine intensive ziegelrote Farbgebung ermöglicht. Die durch die Bindemittel hervorgerufenen Effekte sind insgesamt von positivem Ausmaß, so dass ansonsten aufheizempfindliche Rohlingsmassen für einen schnelleren Brand optimiert werden können. Unter der Voraussetzung einer zeitlich unveränderten, jedoch auf den jeweiligen Ziegelrohstoff abgestimmten Brennkurve, lässt sich der schadensbedingte Brennbruch maßgeblich herabsetzen.

Es handelt sich um ein Forschungsprojekt der Forschungsgemeinschaft der Ziegelindustrie e.V. (FGZ). Es wurde vom Institut für Ziegelforschung Essen e.V. (IZF) unter der Projektleitung von Dipl.-Ing. Michael Ruppik und Dipl.-Ing. Sandra Petereit durchgeführt. Das IGF-Vorhaben 17387 N der Forschungsvereinigung Ziegelindustrie wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.

Der 142 Seiten lange Schlussbericht kann bei der Forschungsgemeinschaft der Ziegelindustrie e.V. in Berlin angefordert werden.