

## **Verminderung der Wärmeleitfähigkeit von Ziegelscherben durch den Schnellbrand**

**FV-Nr. / IGF-Nr.: 15252 N**

Aufgrund der gestiegenen Anforderungen an die Qualität von Hochlochziegeln ist die Ziegelindustrie dem Zwang unterworfen, Produkte mit sehr guten Wärmedämmeigenschaften und hinreichender Festigkeit zur Verfügung zu stellen. Zur Erhöhung der Wärmedämmung von Hochlochziegeln mit niedrigen Scherbenroh-dichten gewinnt die Mischporosierung durch kombinierten Einsatz von organischen Porosierungsstoffen (quellfähige Papierfangstoffe, feinteilige Sägespäne) und anorganischen Hohlraum- und Porenbildnern (Molererde, Schaumglaskugeln, Zeolith, Aluminiumhydroxid und Glas- bzw. Mineralfasern) sowie die Zugabe von mineral- und glasphasenbildenden Zusatzstoffen an Bedeutung. Veränderungen in der Rohstoffzusammensetzung setzen einen, der Rohstoffmischung angepassten Brennprozess voraus, damit der Ablauf von exothermen und endothermen Verbrennungs- und Zersetzungsreaktionen einerseits und die scherbenbildenden Sinterreaktionen zur Erzielung der geforderten Produkteigenschaften andererseits auch unter Schnellbrandbedingungen gewährleistet werden. Der Schnellbrand von Leichthochlochziegeln, insbesondere aus energetisch hochbefruchteten Rohstoffmischungen, erfordert für die technische Realisierbarkeit eine Optimierung des Brennprozesses dahingehend, dass die inneren Oberflächen des Ziegels am Wärme- und Stoffaustausch teilnehmen können.

Das Forschungsvorhaben geht der Frage nach, inwieweit durch die Anwendung extrem schneller Aufheizgeschwindigkeiten und damit insgesamt durch kürzere Gesamtbrennzeiten die Scherbenbildung, respektive die wichtigsten Produkteigenschaften wie Scherbenroh-dichte, Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit, beeinflusst werden. Hierzu wird für hochporosierte Ziegelrohlinge aus Rohstoffmischungen mit unterschiedlicher mineralogischer Zusammensetzung, das Brennverhalten, wie Ausdehnungs- und Schwindungsabläufe und die endothermen und exothermen Reaktionen unter Schnellbrandbedingungen bestimmt sowie deren Einfluss auf die Produkteigenschaften im Vergleich zum konventionellen Tunnelofenbrand von Ziegeln in Besatzpaketen ermittelt.

Beim Schnellbrand (S) von Hochlochziegeln tritt durch die ablaufenden Sinterprozesse eine im Vergleich zum konventionellen Tunnelofenbrand (N) geringere Volumenschwindung ein. Diese äußert sich in einer geringfügig höheren Porosität und einer geringeren Scherbenroh-dichte. Der Ziegelscherben besitzt nach Brand ein Porensystem mit einem vergleichsweise höheren Anteil an kleineren Porendurchmessern und einer größeren spezifische Porenoberfläche. Die Bildung kristalliner Mineralphasen wird herabgesetzt und der Anteil röntgenamorpher Phasen erhöht. Letztgenannte beinhalten sowohl Minerale mit fehlgeordneter Gitterstruktur als auch Glasphasen, die durch die Bildung von Teilschmelzen entstehen. Durch höhere Brenntemperaturen und dementsprechend auch geringfügig längeren Brennzeiten im oberen Temperaturbereich wird die Bildung kristalliner Mineralphasen erhöht und die Porenverteilung verschiebt sich in Richtung größerer Porendurchmesser. Die Wärmedämmung der in deutlich kürzeren Zeiten gebrannten Ziegel ist tendenziell höher. Dies wird durch vergleichsweise niedrigere Wärmeleitfähigkeiten angezeigt, die übereinstimmend für alle hier erprobten Mischungen nachgewiesen werden. Auf Basis der an konventionell gebrannten Ziegeln durch Einzelsteinmessung ermittelten Wärmeleitfähigkeiten ist die Erhöhung der Wärmedämmung mit 4 bis 8 %, im Einzelfall sogar mit 12 % zu beziffern.

Beim Schnellbrand werden nachweislich durch die Entwicklung von Reaktionsgasen in Teilbereichen der Aufheizung reduzierende Atmosphären im Rohling hervorgerufen, die den

Sinterprozess beschleunigen. Diese Prozesse bestimmen die physikalischen Eigenschaften des Scherbens, die im Vergleich zum oxydischen Brand schon bei niedrigeren Temperaturen erzielt werden können. Zumindest werden durch die Beschleunigung der Reaktionen unter reduzierenden Bedingungen die nur kurzen Verweilzeiten im Temperaturbereich der Sinterung während des Schnellbrandes im Vergleich zu den längeren Brennzeiten eines konventionellen Brandes kompensiert. Dies ist eine der Ursachen dafür, dass die Druckfestigkeit der Ziegel nur unwesentlich von denen der konventionell gebrannten Ziegel abweichen. In Einzelfällen werden sogar höhere Druckfestigkeiten erreicht.

Bei der Umsetzung der im Rahmen dieses Forschungsvorhabens ermittelten Zusammenhänge zwischen der Art der Poren- und Hohlraumbildner und der Wärmeleitfähigkeit sowie der Auswirkung des Schnellbrandes auf die Wärmedämmung der Ziegel ist zu berücksichtigen, dass der für die Wärmeleitfähigkeit verantwortliche Wärmetransport durch den Hochlochziegel vorwiegend über drei Transportmechanismen, und zwar die Wärmeleitung durch das das Ziegelskelett bildende Scherbengerüst, die Wärmeleitung durch die Luft in den Lochkammern und die Wärmestrahlung von Steg zu Steg durch die Lochkammern stattfindet. Die Auswirkungen dieser Mechanismen sind größenordnungsmäßig in etwa gleichwertig, so dass die Optimierung der Scherbenwärmeleitfähigkeit durch rohstoffseitige und brenntechnische Maßnahmen nur einen Einfluss von circa einem Drittel auf die Wärmeleitfähigkeit der Ziegel ausüben kann.

Die im Rahmen dieses Vorhabens durch den Schnellbrand verbesserte Wärmedämmung der Ziegel ist den Erwartungen entsprechend nicht als ungewöhnlich hoch zu bezeichnen; sie schafft jedoch Sicherheit in der Erfüllung der Anforderungen an die Wärmedämmeigenschaften von Hochlochziegeln. Durch den kombinierten Einsatz geeigneter organischer Porosierungsstoffe und anorganischer Leichtstoffe sowie durch einen auf die Rohstoffmischung angepassten Brennprozess werden diejenigen Voraussetzungen geschaffen, die erforderlich sind, um Ziegel mit extrem niedrigen Wärmeleitfähigkeiten und ausreichend hohen Festigkeiten produzieren zu können.

Es handelt sich um ein Forschungsprojekt der Forschungsgemeinschaft der Ziegelindustrie e.V. (FGZ). Es wurde unter der Nummer AiF 15252 N vom BMWi über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. AiF gefördert und vom Institut für Ziegelforschung Essen e.V. IZF unter der Projektleitung von Dipl.-Ing. Michael Ruppik durchgeführt.