

MMH-TG-EX

Die MMH-TG-EX Analyse ermöglicht die sichere Untersuchung des Aufheizverhaltens von Feuerbetonen an großformatigen Proben in einem explosions sicheren Ofen und die Identifikation relevanter Reaktionen während der ersten Erwärmung.



Abbildung 1: MMH-TG-EX Prüfstand, entwickelt von der Forschungsgemeinschaft Feuerfest e. V. (links). Die Probe befindet sich in einem explosions sicheren Käfig (Mitte). Zerstörte Probe nach Versuchsdurchführung (rechts).

Kurzbeschreibung

An einem großformatigen Prüfkörper aus Feuerbeton werden simultan die thermoanalytischen Verfahren MMH (Methode Monotones Heizen) und TG (Thermogravimetrie) in einem explosions sicheren Ofen (EX) durchgeführt. MMH liefert Informationen über endotherme und exotherme Reaktionen, die im Feuerbeton während der ersten Erwärmung stattfinden. Diese umfassen die Nachhydratation von reliktschem Zement, das Siede-Temperaturintervall des im Prüfkörper vorliegenden Wassers und Phasenumwandlungen im System der Aluminiumhydrate und Calciumaluminiumhydrate. Zusätzlich wird über MMH erkannt, bis zu welcher Temperatur flüssiges Wasser unter Druck im Prüfkörper vorliegt (hydrothermales Siedeintervall). Innerhalb des hydrothermalen Siedeintervalls kann der Poreninnendruck im Prüfkörper anhand der Gleichgewichts-Dampfdruckkurve berechnet werden.

Über TG wird die temperaturabhängige Gewichtsänderung festgestellt und somit die Freisetzung von Wasserdampf an die Umgebung korreliert.

Die Ergebnisse der simultanen MMH-TG-Ex Messung erlauben die Korrelation der Freisetzung von Wasserdampf mit ablaufenden Phasenumwandlungen. Im Fall einer Explosion lässt sich das Ereignis mit den unmittelbar vorher stattfindenden Reaktionen, z.B. Phasenumwandlungen korrelieren. Über die Variation der Aufheizrate im Bereich 250 K/h bis 720 K/h kann die Druckentwicklung und die Explosionsneigung untersucht und für verschiedene Feuerbetone verglichen werden. Mit einer

schnelleren Aufheizrate erhöht sich der Poreninnendruck und vergrößert sich das Siedeintervall des vorliegenden Wassers.

Problemstellung

Für Hersteller und Forschungseinrichtungen geht es um die Entwicklung und Optimierung neuer Produkte, während Anwender Unterstützung bei der Produktauswahl oder Schadensanalyse benötigen.

Lösungsansatz der FGF

Die FGF analysiert den Entwässerungsverlauf und die Explosionsneigung Ihrer Feuerbetone mithilfe von TG und korreliert diese mit den Phasenumwandlungen, die im Feuerbeton während der ersten Aufheizung ablaufen (MMH). Die Länge der Hydrothermalphase wird ermittelt und daraus der maximale, am Ende der Hydrothermalphase vorliegende Gleichgewichtsdampfdruck berechnet. So können Sie verschiedene Feuerbetone präzise vergleichen.

Die Forschungsgemeinschaft Feuerfest e. V. bietet als einzige Einrichtung eine **simultane MMH-TG-Analyse mit Explosionsschutz** an, für sichere und präzise Materialoptimierung.

Gerne besprechen wir im Vorfeld Ihre Erwartungen und entwickeln darauf basierend individuelle Lösungswege sowie sinnvoll ergänzende Untersuchungen für Ihr Projekt.

Vorgehensweise

1. Sie liefern uns Ihre vorgemischten Feuerbetone inkl. Verarbeitungsvorschrift (Anmischen (Dauer, Rührer), Formgebung (Selbstfließer, Vibrations-Feuerbetone und Dauer/Amplitude), Abbinden (Dauer, Temperatur, Luftfeuchte) und ggf. weitere relevante Informationen).
2. Wir stellen zylindrische Prüfkörper (\varnothing 46 mm, Höhe: 100 mm) mit eingebrachten Thermo-elementen her. So kann sichergestellt werden, dass die Thermo-elemente zur Aufzeichnung des thermischen Gradienten in der Probe korrekt positioniert sind. Für jede gewählte Aufheizrate wird ein neuer Prüfkörper benötigt.
3. Die Probe wird in einem explosionsicheren Ofen mit der gewünschten Aufheizrate (bis 720 K/h) auf mindestens 560 °C erhitzt. Die erreichbare Temperatur hängt von der Aufheizrate ab.
4. Während der Erwärmung werden die thermischen Gradienten in der Probe und ihr Gewicht aufgezeichnet.
5. Sie erhalten einen detaillierten Bericht.

Probenanforderungen

Für die Untersuchung ist pro Material mindestens 5 kg Feuerbetone (Trockenmischung) sowie die dazugehörige Verarbeitungsvorschrift erforderlich. Zusätzlich sind Angaben zu Gefahrstoffen oder ein Sicherheitsdatenblatt bereitzustellen, sofern zutreffend.

Ergebnisse

Sie erhalten einen detaillierten Bericht mit grafischen Darstellungen der Messwerte (z. B. MMH- und TG-Kurven), einer Analyse der in den MMH-Kurven erkennbaren endothermen/exothermen Reaktionen, der Berechnung des Innendrucks am Ende der hydrothermalen Phase (flüssiges Wasser in der Probenmitte) sowie quantitativen TG-Ergebnissen zur Wasserfreisetzung.




Praktischer Nutzen für den Kunden

Die Analyse hilft Ihnen, Risiken wie Materialversagen durch unkontrollierte Gasdruckentwicklung zu vermeiden und ermöglicht eine sichere und effiziente Optimierung von Trocknungs- und Aufheizprozessen. So können Sie:

- Rezepturen gezielt anpassen, um Materialversagen vorzubeugen,
- Trocknungs- und Aufheizprozesse optimieren,
- Produktionsausfälle durch Vermeidung von explosiver Zerstörung des Feuerbetons

Ihr nächster Schritt

Vereinbaren Sie jetzt einen Beratungstermin – wir beraten Sie individuell zur Untersuchung des Aufheizverhaltens von Feuerbetonen!

 [simmat@fg-feuerfest.de]  [02624 9433182] |  [Forschungsgemeinschaft Feuerfest e.V.](https://www.fg-feuerfest.de)

Ergänzende Dienstleistungen

Für eine umfassende Materialanalyse empfehlen wir Ihnen ergänzend:

- In-situ-Gasdruckmessung zur direkten Explosionsrisikobewertung auch in Kombination mit MMH-TG-EX möglich)
- Raman-Spektroskopie für eine Phasenanalyse
- Messung der Permeabilität
- Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung von Prüfkörpern oder Ausbruchstücken zum Nachweis typischer, hydrothermal gebildeter Hydratphasen (Hochdruckphasen)