

Mehr Transparenz in der Brandgasanalytik: OMEGA FT-IR-Kopplung am TCC 918

Andrea Rahner und Dr. Carolin Fischer, Applications Laboratory Selb

Einleitung

Das Brandverhalten von Materialien ist ein entscheidender Faktor bei der Sicherheitsbewertung in Bereichen wie Bauwesen, Transportwesen und Elektronik. Das NETZSCH Cone Calorimeter TCC 918 (Abbildung 1) bestimmt auf Basis des Sauerstoffverbrauchsprinzips zentrale Brandparameter, darunter:

- O₂-, CO₂- und CO-Konzentrationen
- Wärmefreisetzungsrate (HRR)
- durchschnittliche Wärmefreisetzungsrate (ARHE)
- Rauchentwicklungsrate (SPR)
- Massenverlustrate (MLR)
- Entzündungszeit (TOI – Time to Ignition)
- Zeit bis zum Erlöschen der Flamme (TOF – Time to Flame Out)

Diese Parameter liefern ein umfassendes Bild des thermischen Brandverhaltens eines Materials, von der Entzündung bis zum Erlöschen der Flamme, und dienen als Grundlage für die Modellierung und Vorhersage des realen Brandgeschehens.

Durch die optionale Kopplung mit dem Bruker OMEGA FT-IR-Gasanalysator lässt sich die Zusammensetzung der entstehenden Rauchgase zusätzlich detailliert analysieren. Die quantitative Erfassung zahlreicher Zersetzungs- und Verbrennungsprodukte ermöglicht eine erweiterte Beurteilung toxischer Emissionen und unterstützt die Entwicklung sicherer, nachhaltiger Materialien.

Messprinzip

Im TCC 918 wird die Probe mithilfe eines Kegelheizers einem definierten Wärmestrom ausgesetzt, gezündet und unter kontrollierten Bedingungen verbrannt. Die entstehenden Rauchgase werden über ein Abgassystem zur weiteren Analyse abgeführt.



1 Cone Calorimeter TCC 918

Standardmäßig erfolgt die Analyse der während der Messung freigesetzten Brandgase, insbesondere O₂, CO und CO₂, mit einem Siemens Oxymat/Ultramat Gasanalysator. Diese Messgrößen dienen der Berechnung der Wärmefreisetzungsrate (HRR) nach dem Sauerstoffverbrauchsprinzip.

Die optionale FT-IR-Kopplung erweitert diesen Ansatz und ermöglicht darüber hinaus die quantitative Erfassung weiterer Zersetzungs- und Verbrennungsprodukte. Damit lässt sich die Rauchgaszusammensetzung wesentlich detaillierter untersuchen, insbesondere im Hinblick auf toxische Komponenten.

OMEGA FT-IR-Kopplung

Die Kopplung (Abbildung 2) erfolgt über eine beheizte Transferleitung, ähnlich der FT-IR-Transfer-Line-Kopplung anderer NETZSCH-Analysegeräte (z. B. TG-FT-IR). Die Temperaturführung verhindert Kondensation, sorgt für schnellen Gastransport und eine Echtzeit-Analyse der Rauchgase.

Die FT-IR-Spektroskopie quantifiziert simultan verschiedene Gase anhand ihrer charakteristischen Absorptionsspektren. So können zahlreiche Brand- und Zersetzungsprodukte detektiert werden.

Dazu zählen, neben den typischen Verbrennungsgasen CO_2 , CO , und H_2O , Kohlenwasserstoffe (CH_4 , Ethen, Ethin), Halogenverbindungen (HCl , HBr , HF), Stickstoffverbindungen (HCN , NH_3 , NO , NO_2 , N_2O), organische Substanzen (Acrolein, Formaldehyd, Benzol, Phenol) und Schwefelverbindungen (SO_2).

Diese erweiterte Gasanalytik liefert insbesondere bei Anwendungen mit hohen Brandschutzvorgaben, etwa im Schienenfahrzeugbau, wertvolle Informationen über potenziell toxische Nebenprodukte.

Typische Beispiele sind Polyamide (PA), die aufgrund ihrer Festigkeit und Wärmebeständigkeit häufig in Innenverkleidungen, Sitzen, Kabelisolierungen und Formteilen



2 Bruker OMEGA TG-FT-IR-Gasanalysator

eingesetzt werden. Auch in öffentlichen Gebäuden und im Haushalt kommen sie z.B. in Bodenbelägen, Möbeln und Elektrokomponenten vor. Da sie als organische Polymere im Brandfall erhebliche Mengen Rauch und giftige Gase freisetzen können, ist die detaillierte Untersuchung ihres Brandverhalten für einen sicheren Einsatz entscheidend.

Versuchsbedingungen

Untersucht wurde ein PA6-Textil mit den Abmessungen $50 \times 50 \times 7 \text{ mm}^3$ (8 Lagen) und einer Masse von 10,58 g. Die Versuchsparameter sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1 Messbedingungen

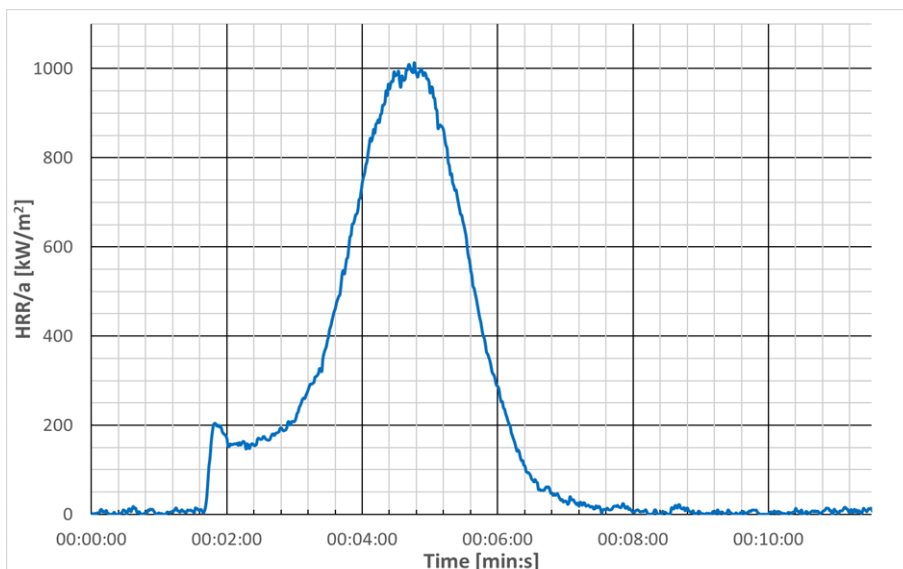
Probenhalter	Horizontal
Wärmefluss	50 kW/m^2
Nominale Durchflussrate	24,0 l/s
Abstand zum Cone-Heizer	25 mm
FT-IR Interface-Temperatur	180 °C
FT-IR-Messparameter	Transmissionsmodus; Auflösung 1 cm^{-1} ; gemittelte Scans pro Spektrum: 10

Klassische Cone Calorimeter-Messwerte

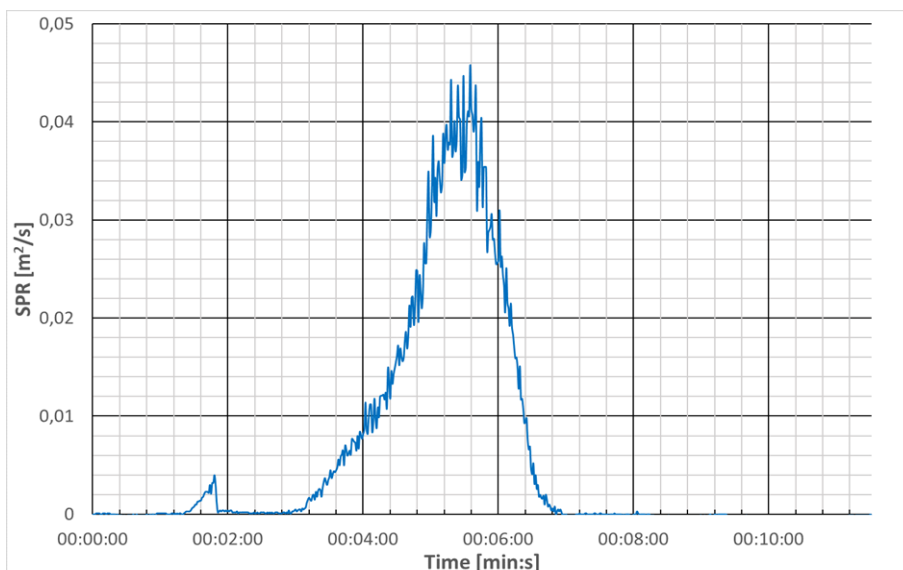
Die folgenden Abbildungen zeigen die wichtigsten klassischen Brandparameter, die die Grundlage für die Beurteilung des Brandverhaltens bilden:

Die Wärmefreisetzungsrate (HRR, Abbildung 3) ist ein Maß für die Brandintensität und somit ein zentraler Indikator für die potentielle Gefährdung.

Die Rauchentwicklungsrate (SPR, Abbildung 4) liefert Hinweise auf Sichtbeeinträchtigung und mögliche toxische Belastung.



3 Wärmefreisetzungsrate (HRR) der PA6-Probe



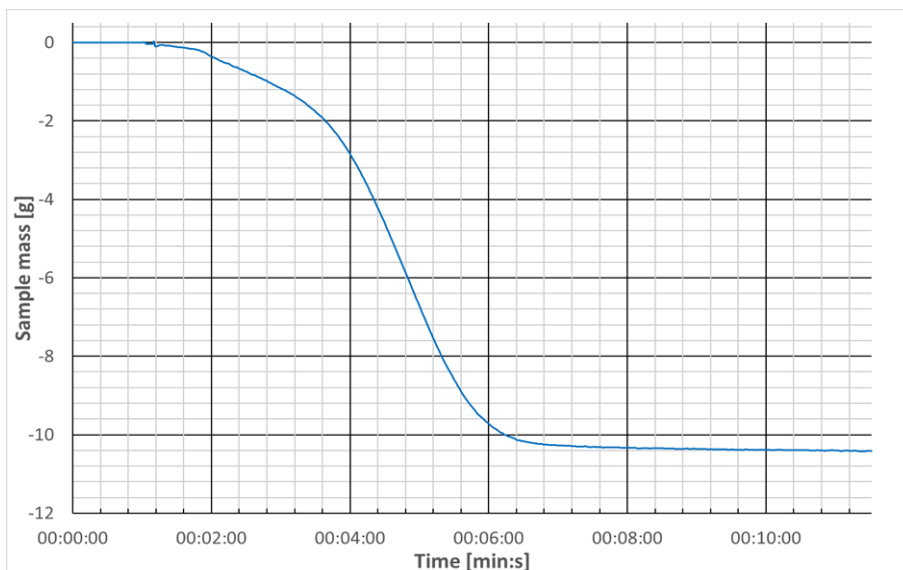
4 Rauchentwicklungsrate (SPR) der PA6-Probe

Der Massenverlust (ML, Abbildung 5) korreliert direkt mit dem Materialabbrand und gibt Aufschluss über Stabilität und Rückstandsbildung.

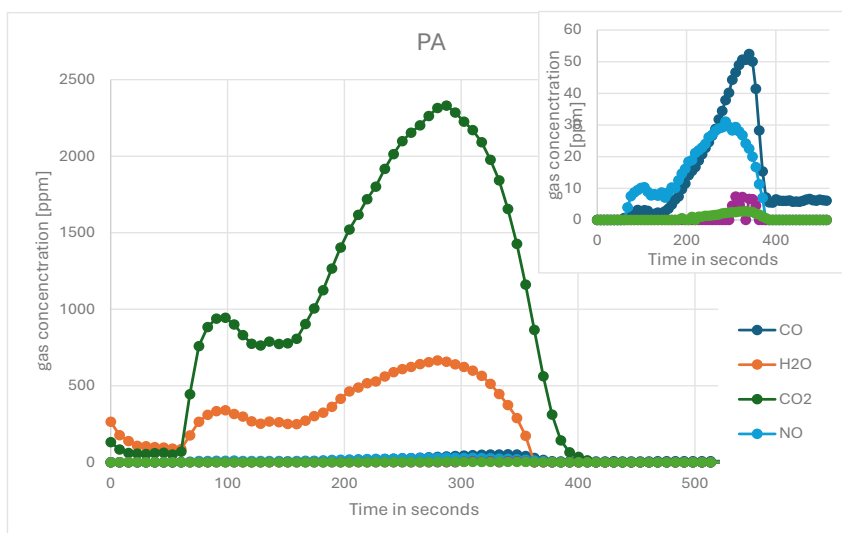
Mit der OMEGA FT-IR-Kopplung konnte die Rauchgaszusammensetzung während der Verbrennung präzise bestimmt werden (Abbildung 6).

Erweiterte FT-IR-Gasanalytik

Neben diesen etablierten Kenngrößen eröffnet jetzt die ergänzende FT-IR-Analytik neue Einblicke in die chemische Zusammensetzung der entstehenden Rauchgase.



5 Massenverlust (ML) der PA6-Probe



6 IR-Analyse der Rauchgaszusammensetzung während der Verbrennung

Erfasst wurden insbesondere folgende Komponenten (siehe ebenfalls Abbildung 6):

- CO₂ – Hauptprodukt der Verbrennung, korreliert mit dem Sauerstoffverbrauch
- H₂O – Wasserdampf aus Material- und Additivzer-
setzung
- CO – Indikator für unvollständige Verbrennung (farb-
und geruchloser Asphyxiant)
- NO – Entsteht aus Stickstoffverbindungen des
Polyamids
- N₂O – Nebenprodukt der Stickstoffoxidation (stark
reizend für die Atemwege)
- HCN – Hochtöxisch, hemmt die Zellatmung

Die simultane Erfassung dieser Gase ermöglicht eine umfassende Bewertung der Materialien, sowohl hinsichtlich ihres thermischen Brandverhaltens (HRR, SPR, MLR) als auch ihrer toxikologischen Relevanz.

Zusammenfassung

Die Kopplung des Cone Calorimeters TCC 918 mit dem Bruker OMEGA FT-IR-Gasanalysator erweitert die klassische Brandgasanalytik um die simultane Erfassung zahlreicher toxischer und brandrelevanter Gase. Neben den Standardparametern des TCC 918 stehen damit detaillierte Informationen zur Rauchgaszusammensetzung zur Verfügung.

Dies ermöglicht eine ganzheitliche Bewertung von Materialien im Hinblick auf Brandverhalten, toxische Emissionen und Sicherheitsanforderungen – ein klarer Mehrwert für Forschung, Produktentwicklung und Sicherheitsbewertung.

Mit dieser Kombination aus präziser Kalorimetrie und moderner FT-IR-Spektroskopie bietet NETZSCH ein leistungsstarkes Werkzeug für die innovative Materialanalyse und Sicherheitsbewertung in der Brandprüfung.