

Ersatzstoffe und Verfahrensalternativen zur Substitution von keramischen Faserprodukten im Bereich der Hochtemperaturisolation

Auftraggeber : Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
 Auftrags-Nr. : F 1257
 Verantw. Vereinsmitglied : Prof. Dr.-Ing. Bernd-Jürgen Vorath
 Bereich : Arbeitsschutz/Sicherheitstechnik
 Projektgruppe : Dipl.-Ing. Karl-Heinz Lang
 Projektstatus : abgeschlossen
 Vorhabens-Nr. : 316

Problemstellung

Keramikfaserprodukte werden überwiegend in Anlagen der Energieversorgung, der Wärmeerzeugung, z.B. in der Müllverbrennung sowie der gesamten Wärmebehandlung eingesetzt. Die Keramikfasern, die hauptsächlich als Produkte in Form von Wollen, Faltsmodulen aus vernadelten Fasermatten und Formteilen eingesetzt werden, dienen dabei überwiegend zur Wärmedämmung von Industrieöfen mit Einsatztemperaturen > 800° C. Weitere Verwendung fanden Keramikfasern auch als Ersatzstoff für Asbestfasern.

Feuerfeste Keramikfaser-Erzeugnisse

aus künstlich hergestellten Mineralfasern mit einem Massenanteil an Alkali- und Erdalkalioxiden < 2 %, die zum Einsatz als Wärme-Isolationsmaterial geeignet sind.

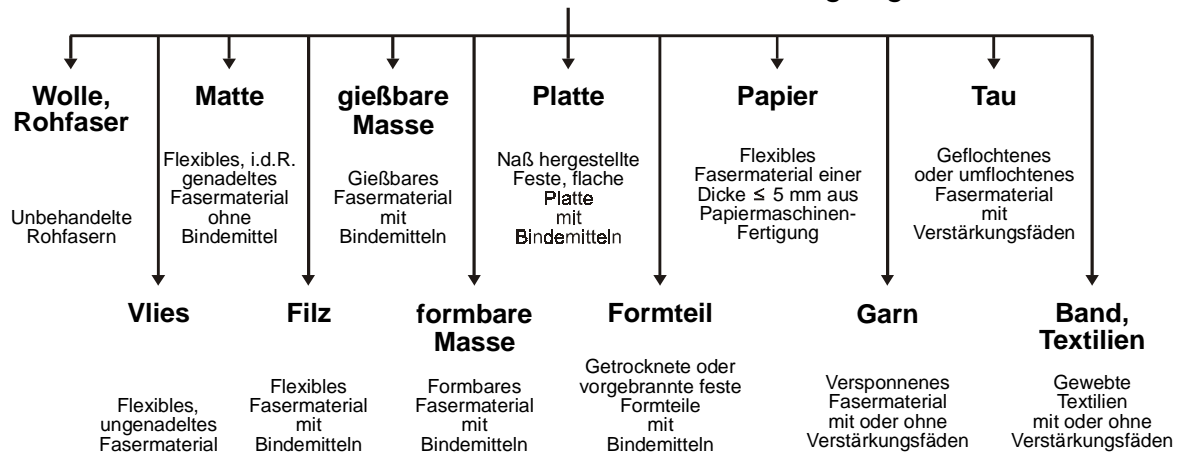


Abb. 1: Einteilung der Erzeugnisse aus Keramikfasern nach DIN EN 1094, Teil 1

Da die Keramikfaserprodukte, die zur Wärmedämmung eingesetzt werden, i.d.R. hohen thermischen und z.T. auch mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, verlieren sie mit der Zeit ihre Bindung aneinander. Dadurch können größere Anteile von Keramikfasern in lungengängiger Größe als Staub freigesetzt werden. Darüber hinaus kann es beim Abbruch von alten Wärmedämmungen zu Gesundheitsgefahren für die Arbeitnehmer aufgrund der Freisetzung von quarzhaltigen bzw. silikogenen Stäuben kommen, die durch Rekristallation der glasigen Keramikfasern bei hoher Temperatureinwirkung (>900°C) entstehen.

Die von Keramikfaserstäuben ausgehende Gefährdung für Menschen wurde in der BR Deutschland durch die Veröffentlichung der TRGS 905 und TRGS 906 durch das Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung (BMA) bekanntgemacht. Gemäß der darin befindlichen Bewertungen sind glasige und kristalline Keramikfaserstäube - u.a. auch aufgrund von positiven Tierinhalationsversuchen - in die Kategorie K2 der krebserzeugenden Stoffe einzustufen.

Lösungsweg

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Gefährdungsrelevanz bei der Herstellung und Verwendung von Keramikfaserprodukten über die Einsatzlebensdauer abzuschätzen sowie mögliche Ersatzlösungen, wie Alternativverfahren, Ersatzstoffe und emissionsarme Verwendungsformen, zu ermitteln und in eine vergleichende Bewertung mit einzubeziehen.

Primärer Ansatz war dabei die Ermittlung von alternativen Technologien in den Bereichen der Energieerzeugung, Wärmeerzeugung und Wärmebehandlung, bei denen auf den Einsatz von hohen Temperaturen verzichtet werden kann oder bei denen hohe Temperaturen örtlich begrenzt und ohne große Abwärmeverluste genutzt werden können, wodurch sich die Notwendigkeit von Hochtemperatur-Wärmedämmungen erübrigen kann.

Als sekundärer Ansatz war die Ermittlung nach Einsatzmöglichkeiten von Ersatzstoffen sowie alternativer Herstellungs- und Verwendungsverfahren für die Hochtemperatur-Wärmedämmung zu verfolgen, so daß auf die Verwendung von Keramikfaserprodukten verzichtet oder das Auftreten von Keramikfaserstäuben am Arbeitsplatz verhindert oder verringert werden kann.

Falls sich bei bestimmten Anwendungen herausstellt, daß der Einsatz von Keramikfaserprodukten technisch nicht ersetzbar oder ein Ersatz dem jeweiligen Einzelunternehmen nicht zumutbar ist, d.h. das nach dem Stand der Technik oder dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz eine Substitution nicht erfolgen kann oder nicht erfolgen muß, wurden dann die Einsatzmöglichkeiten von Keramikfaserprodukten (Emissionsarme Produkte und Arbeitsverfahren), die einen Umgang unter weitgehender Vermeidung oder Verminderung der Bildung von Keramikfaserstäuben ermöglichen, zu ermitteln.

Ergebnisse

Bei der Ermittlung von faserförmigen Ersatzstoffen zur Substitution von Keramikfaserprodukten in der Hochtemperatur-Wärmedämmung, die beim Umgang und in der Nutzung gesundheitlich unbedenklicher sind als das Keramikfasermaterial, wurde der Ansatz verfolgt, daß:

- im Faserkollektiv des Ersatzstoffes keine lungengängigen Fasern vorhanden sein dürfen oder entstehen können, d.h. es können keine Fasern mit Durchmessern kleiner 3 µm auftreten oder
- die Biobeständigkeit des Faserstaubs des Ersatzstoffes, falls diese in den menschlichen Körper gelangen können, äußerst niedrig sein muß.

Mögliche faserförmige Ersatzstoffe für Einsatzbereiche von Keramikfasern, die z.T. auf dem Markt angeboten sind oder sich noch in der Entwicklungsphase befinden, sind z.B. gezogene Aluminiumborosilikatfasern ($D_m > 7 \mu\text{m}$, d.h. kein Entstehen von Faserstaub zu erwarten), Kalziumaluminatfasern (niedrige Biobeständigkeit, d.h. die mögliche Aufenthaltsdauer des Faserstaubs im menschlichen Körper ist niedrig), Kalziumsili-

katfasern (niedrige Biobeständigkeit, d.h. die mögliche Aufenthaltsdauer des Faserstaubs im menschlichen Körper ist niedrig), und gezogene Siliziumdioxidfasern ($D_m > 5 \mu\text{m}$, d.h. keine Entstehung von Faserstaub zu erwarten), die für Einsatztemperaturen bis ca. 1.100°C angewendet werden können (s. Tabelle 1 und 2).

Produktname	Temperaturbeständigkeit in $^\circ\text{C}$	Wärmeleitfähigkeit bei 800°C in $\text{W/m}^2\text{K}$	Wärmeleitfähigkeit bei 1.000°C in $\text{W/m}^2\text{K}$	Rohdichten in kg/m^3	Mittl. Rohfaserdurchmesser in μm	Kanzerogenitätsindex
polykristalline Aluminiumoxid-faser-Matte	1600	0,19	0,28	80 / 100	3	
glasige Aluminiumsilikatfaser-Matte mit Zirkonoxid	1430	0,19	0,29	96 - 160	3	-74
glasige Aluminiumsilikatfaser-Matte	1260	0,21	0,31	96 - 160	3	-96
Insulfrax Blanket (Ifd. Nr. 9)	1100	0,18	-	64 - 128	3	34
CALSITEX Matte (Ifd. Nr. 14)	1100	-	-	100 - 200	-	-
Superwool Typ X-607 Matte (Ifd. Nr. 24)	1050	-	-	64 - 160	-	39
Siltemp Matte (Ifd. Nr. 28)	1100	-	-	44	6 - 9	-
Hakotherm 1200 Matte (Ifd. Nr. 31)	1000	0,17	0,24	50 - 220	6	-
Silicatex 1250 T Matte (Ifd. Nr. 32)	1100	-	-	96 / 128	6 / 9	-
Delvosil X 607 Matte (Ifd. Nr. 42)	1050	-	-	96 / 128	-	34
ThermoSUL Blanket (Ifd. Nr. 59)	1100	0,18	-	64 - 128	3	34

Tab. 1: Eigenschaften von marktgängigen Matten für den Bereich der Hochtemperatur-Wärmedämmung (s. VDI-Bericht 1417, Düsseldorf 1998)

Nichtfaserförmige Ersatzstoffe für Keramikfaserprodukte waren in erster Linie unter den konventionellen geformten und ungeformten hitzebeständigen, feuerfesten und hochfeuerfesten Wärmedämmstoffen aufzufinden, wie z.B. Mikroporöse Platten, Feuerleichte und -betone oder Hohlkugelkorundsteine und -betone für Einsatztemperaturen zwischen 900°C bis 1.700°C .

Als emissionsarme Keramikfaserprodukte können vorkonfektionierte und kaschierte Produkte, wie z.B. zugeschnittenes Keramikfaserpapier und rückseitig aluminiumfolienkaschierte Keramikfaserplatten, sowie Keramikfaserformteile, die höherer durch Bindemittelanteile nach dem Vakuumsaugverfahren hergestellt werden, eingesetzt werden. Als geeignete emissionsarme Arbeitsverfahren kann das Naßverfahren als das Befeuerten bei Abbrucharbeiten oder staubarm arbeitende Bearbeitungsgeräte und -verfahren, wie z.B. Messer, Scheren, langsam laufende Trennfräser sowie Kreis-, Stichsägen und Bandmesser mit Absaugung, angewendet werden.

lfd. Nr.	Produktname	Hersteller, Vertreiber, Einführer	Erzeugnisarten	Chemische Zusammensetzung	Temperaturbeständigkeit [°C]	Wärmeleitfähigkeit [W/m K]	Rohdichte [kg/m³]	Mittlerer Rohfaserdurchmesser [µm]	Lieferformmaße [mm]	Anwendungsbeispiele	Faserstaubrelevante Produktmerkmale
14	CALSITEX Matte	comtec Industriekeramik Vertriebs GmbH D-85598 Baldham	Kalziumsilikat-faser-Matte		KT = 1.100		100-200		d = 6-50 (In Rollen);		Produkt enthält Fasern mit Durchmessern < 3 µm (Faserstaub möglich) KI = ?
15	CALSITEX Gewebe	comtec Industriekeramik Vertriebs GmbH D-85598 Baldham	Kalziumsilikat-faser-Band		KT = 1.100		100-200		b = 20-1.000 d = 2; 3 (In Rollen);		Produkt enthält Fasern mit Durchmessern < 3 µm (Faserstaub möglich) KI = ?
16	HT-Glas-Textilien	comtec Industriekeramik Vertriebs GmbH D-85598 Baldham	Glasfaser-Garn, Tau, Band		KT = 750-1.100						Produkt enthält wahrscheinlich nur Fasern mit Durchmessern > 3 µm
17	Quarz-Textilschläuche	comtec Industriekeramik Vertriebs GmbH D-85598 Baldham	Glasfaser-Band		KT = 1.100				D = 3-90		Produkt enthält wahrscheinlich nur Fasern mit Durchmessern > 3 µm
18	FIBRONITE-Silika	Comtrade Ltd. CH-1000 Lausanne (D-40702 Hilden)	Siliziumdioxid-faser-Wolle, Garn, Tau, Band	Si-Oxid > 94 %	AGT = 1.050			dm = 6			Produkt enthält nur Fasern mit Durchmessern > 3 µm
19	FIBRONITE-Quarz	Comtrade Ltd. CH-1000 Lausanne (D-40702 Hilden)	Siliziumdioxid-faser-Wolle, Garn, Tau, Band	Si-Oxid = 99,95 %	AGT = 1.100			dm = 10,5			Produkt enthält nur Fasern mit Durchmessern > 3 µm
20	FIBRONITE-Mikrosphären T-Grade	Comtrade Ltd. CH-1000 Lausanne (D-40702 Hilden)	Hohlkugelformteil	Al-Oxid = 99,7 %	AGT = 1.850	0,8 (1.500 °C in Neon)	400		Säcke zu 12,5 kg;		faserfreies Produkt (?)
21	SUPETHERM 1800	Didier-Werke AG D-65010 Wiesbaden	Kalziumsilikat-Platte, Formteil	Si-Oxid = 51 % Ca-Oxid = 38,5 % Al-Oxid = 1,2 %	KT = 1.000	0,16 (800 °C 200 kg/m³)	200		l = 1.250 b = 500 d = 25-100		faserfreies Produkt
22	Z-Wolle (Zementwolle)	Didier-Werke AG D-65010 Wiesbaden	Kalziumaluminatfaser-Wolle Matte, Platte	Al-Oxid = 58,8 % Ca-Oxid = 40,5 %	KT = 1.250	0,2 (800 °C)		dm = 4-5		Brennofenauskleidung;	Produkt enthält Fasern mit Durchmessern < 3 µm (Faserstaub möglich) KI = -77,1 Ähnliche Löslichkeit wie Wollastonitfasern
23	Muratherm 1100	DO-Therm Isolierwerkstoffe GmbH D-44309 Dortmund	Kalziumsilikat-Platte, Formteil mit C-Fasern		AGT = 1.100	0,14 (100 °C)	800		l = 2.570 b = 1.270 d = 20-75		Produkt enthält C-Fasern als Verstärkungsfasern (Faserstaub möglich)
24	Superwool Typ X-607	Morgan Thermal Ceram GmbH D-65201 Wiesbaden	Kalziumsilikat-faser-Wolle, Matte	Si-Oxid = 59,6 % Ca-Oxid = 38,3 % Mg-Oxid = 0,6 %	KT = 1.050	0,15 (600 °C 160 kg/m³)	64-160		l = 7.300 b = 610; 1.220 d = 6-50	Rohrleitungs-dämmung; Elektrogerätedämmung; Formguß-Kokillendämm.	Produkt enthält Fasern mit Durchmessern < 3 µm (Faserstaub möglich) KI = 38,9
25	Board LTI X-607; Board INO X-607	Morgan Thermal Ceram GmbH D-65201 Wiesbaden	Kalziumsilikat-faser-Platte z.T. organ. Füller		KT = 1.100	0,12 (600 °C 350 kg/m³)	350; 500		l = 1.200 b = 1.000 d = 6-20	Brandschutzelemente; Öl-, Gasheizkesselaukleidung; Kamindämmung	Produkt enthält Fasern mit Durchmessern < 3 µm (Faserstaub möglich) KI = 38,9
26	MULTICERA HT	F. Eichenauer GmbH & Co. KG D-76770 Hatzenbühl		Si-Oxid = 65-80 % Al-Oxid = 12-16 % Na-Oxid = 5-10 %	KT = 1.100	0,21 (800 °C 190 kg/m³)	190		l = 650 b = 500 d = 10-70	Nachtstromspeichergefäß; Elektrogerätedämmung; HK-Flammenumlenkpl.;	faserfreies Produkt

Tab. 2: Mögliche Ersatzstoffe für Einsatzteilbereiche von Keramikfaserprodukten, Tabellen-Auszug (s. BAuA-Schriftenreihe GA 52, Dortmund/Berlin 1997)

Veröffentlichungen/Vorträge

VORATH, B.-J., K.-H. LANG

Ersatzstoffe und Verfahrensalternativen zur Substitution von Keramikfaserprodukten im Bereich der Hochtemperaturwärmedämmung

In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (FGU) Berlin e.V. (Hrsg.): „Faserkongreß 1996: Faserstäube - Gefahren, Emissionen und ihre Vermeidung“ im Rahmen der UTECH Berlin '96; Tagungsband, Berlin, 1996, S. 75

VORATH, B.-J., K.-H. LANG

Keramikfaserprodukte: Ersatzstoffe, Ersatzverfahren, Schutzmaßnahmen

Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.): GA 52, ISBN 3-89701-068-2, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1997

VORATH, B.-J., K.-H. LANG

Ersatzstoffe und Verfahrensalternativen zur Substitution von Keramikfaserprodukten im Bereich der Hochtemperaturwärmedämmung

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, VDI-Bericht 1417, ISBN 3-18-091417-3 VDI Verlag, Düsseldorf, 1998, S. 375

Schlagwörter

Faserstäube, Keramikfasern, Keramikfaserprodukte, Künstliche Mineralfasern, Ersatzstoffe, Ersatzverfahren, Emissionsarme Verwendungsformen, Hochtemperaturisolation