

**BAM**Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung

PRÜFBERICHT

über die Prüfung eines nichtmetallischen Materials
auf Reaktionsfähigkeit mit gasförmigem Sauerstoff

12200 Berlin
T: +49 30 8104-0
F: +49 30 8104-7 2222

Aktenzeichen	15021893
Ausfertigung	1. Ausfertigung von 2 Ausfertigungen
Auftraggeber	TEADIT Deutschland GmbH Schanzenstraße 35, 51063 Köln
Auftrag vom	16. April 2015
Eingegangen am	17. April 2015
Prüfgegenstand / Untersuchungsmaterial	Dichtungsmaterial TEADIT 24 SH, Charge 0300021644; BAM Auftrags-Nr.: 2.1/52 617
Eingegangen am	4. Juni 2015
Prüfzeitraum	14. September 2015 bis 2. Dezember 2015
Prüfort	BAM - Arbeitsgebiet „Sicherer Umgang mit Sauerstoff“, Haus 41, Raum 073
Prüfung gemäß	DIN EN 1797:2002-02 und ISO 21010:2014 „Cryogenic Vessels - Gas/Material Compatibility“ Anhang vom Merkblatt M034-1 (BGI 617-1) "Liste der nichtmetallischen Materialien", Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Stand: März 2014; TRGS 407 Technische Regeln für Gefahrstoffe „Tätigkeiten mit Gasen - Gefährdungsbeurteilung“ Kapitel 3 „Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung“ und Kapitel 4 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gasen“, Stand: Juni 2013
Maximale Einsatzbedin- gungen aus sicherheits- technischer Sicht	Siehe Kapitel 4 „Zusammenfassung und Beurteilung“

Dieser Prüfbericht besteht aus Seite 1 bis 6 und den Anlagen 1 bis 3.

Dieser Prüfbericht darf nur in vollem Wortlaut und ohne Zusätze veröffentlicht werden. Für veränderte Wiedergabe und für Auszüge ist vorher die widerrufliche, schriftliche Einwilligung der BAM einzuholen. Der Inhalt des Prüfberichts bezieht sich ausschließlich auf die untersuchten Gegenstände/Materialien.

2015-05 / 2015-09-17



PRÜFBERICHT

1 Unterlagen und Prüfmuster

Die Firma hat folgende Unterlagen und Prüfmuster eingereicht:

- 1 Prüfauftrag
„Prüfung und sicherheitstechnische Beurteilung des Dichtungsmaterials TEADIT 24 SH, Charge 0300021644, für den Einsatz als Flachdichtung in gasförmigem Sauerstoff bei 200 °C und einem Sauerstoffdruck von 30 bar.“
- 1 Sicherheitsdatenblatt
(5 Seiten, TEADIT 24 SH, Rev.: 05/20012014)
- 1 Materialdatenblatt
(2 Seiten, TEADIT 24 SH, 01/121013)
- 16 Ronden,
des Dichtungsmaterials TEADIT 24 SH, Charge 0300021644,
Außen-Ø: 140 mm, Materialdicke 3 mm
Farbe des Dichtungsmaterials: Weiß

2 Prüfverfahren

Für die sicherheitstechnische Beurteilung des Dichtungsmaterials TEADIT 24 SH, Charge 0300021644, für den Einsatz als Flachdichtung in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 200 °C und einem Sauerstoffdruck von 30 bar wurden eine Zündtemperaturbestimmung, eine Untersuchung des Alterungsverhaltens sowie eine Flanschprüfung durchgeführt.

Eine Untersuchung der Reaktionsfähigkeit des Dichtungsmaterials bei Einwirkung von Sauerstoffdruckstößen wurde nicht untersucht, da nach Angaben des Auftraggebers Druckstöße bei bestimmungsgemäßen Einsatzbedingungen sicher ausgeschlossen werden können.

3 Prüfergebnisse

3.1 Zündtemperatur

Auf Grund der angegebenen maximalen Betriebsbedingungen wurde die Bestimmung der Zündtemperatur bei einem Sauerstoffenddruck von etwa 30 bar durchgeführt. Das Prüfverfahren ist im Anlage 1 beschrieben.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck p_a [bar]	Sauerstoffenddruck p_e [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	13	34	474
2	13	35	480
3	13	35	482
4	13	35	481
5	13	35	480

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangsdruck $p_a = 13$ bar wurde eine Zündtemperatur von 479 °C mit einer Standardabweichung von ± 3 °C festgestellt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck p_e beträgt etwa 35 bar.

3.2 Verhalten bei künstlicher Alterung

Das Verhalten bei künstlicher Alterung wird beim maximalen Betriebsdruck sowie bei erhöhter Temperatur, in der Regel 25 °C oberhalb der vorgesehenen Betriebstemperatur, untersucht. In diesem Fall wurde die Prüfung daher bei 225 °C und 30 bar durchgeführt. Das Prüfverfahren ist im Anlage 2 beschrieben.

Ergebnis:

Zeit [h]	Temperatur [°C]	Sauerstoffdruck [bar]	Massenänderung [%]
100	225	30	0

Nach der Alterung des Probenmaterials bei 225 °C und einem Sauerstoffdruck von 30 bar war die Probe augenscheinlich unverändert. Die Probenmasse war unverändert.

3.2.1 Zündtemperatur nach Alterung

Die Bestimmung der Zündtemperatur des gealterten Materials wurde bei gleichen Prüfbedingungen wie in Kapitel 3.1 durchgeführt. Das Prüfverfahren ist im Anlage 1 beschrieben.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck p_a [bar]	Sauerstoffenddruck p_e [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	13	35	483
2	13	35	476
3	13	35	481
4	13	35	481
5	13	35	478

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangsdruck $p_a = 13$ bar wurde eine Zündtemperatur von 480 °C mit einer Standardabweichung von ± 3 °C festgestellt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck p_e beträgt 35 bar.

3.3 Flanschprüfung

Das Prüfverfahren ist im Anlage 3 beschrieben.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoffdruck [bar]	Temperatur [°C]	Bemerkungen
1	30	200	Dichtung brennt partiell zwischen den Flanschdichtflächen. Es treten keine Undichtigkeiten auf. Die Dichtung hat nach dem Versuch im Bereich der Dichtflächen eine Dicke von etwa 1,4 mm.
2	30	200	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
3	30	200	Die erwärmte Flanschverbindung ist vor dem Befüllen der Flanschrohranlage mit Sauerstoff nochmals mittels eines Drehmomentschlüssels (Drehmoment 200 Nm) festgezogen worden. Die Probe brennt nur innerhalb der lichten Weite, die Dichtflächen bleiben unversehrt. Es treten keine Undichtigkeiten auf. Die Dichtung hat nach dem Versuch im Bereich der Dichtflächen eine Dicke von etwa 1 mm.
4	30	200	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 3
5	30	200	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 3
6	30	200	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 3
7	30	200	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 3

Bei den ersten beiden Versuchen brannte das Flachdichtungsmaterial partiell zwischen den Flanschdichtflächen. Der Brand wurde nicht auf den Stahl übertragen und die Flanschverbindung blieb gasdicht. Die beiden geprüften Dichtungen hatten nach diesen Versuchen im Bereich der Dichtflächen eine Dicke von etwa 1,4 mm.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde bei jedem weiteren Versuch die erwärmte Flanschverbindung vor der Zündung nochmals mittels eines Drehmomentschlüssels mit einem Drehmoment von 200 Nm festgezogen. Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffdruck von 30 bar und einer Temperatur von 200 °C verbrannten bei dieser Prüfungsvorbereitung nur die ins Rohrinne hineinragenden Teile des Flachdichtungsmaterials innerhalb der lichten Weite des Flansches. Der Brand wurde weder auf den Stahl übertragen, noch brannten die Dichtungen zwischen den Flanschen. Die Flanschverbindung blieb gasdicht. Die geprüften Dichtungen hatten nach den Versuchen im Bereich der Dichtflächen eine Dicke von etwa 1 mm.

4 Zusammenfassung und Beurteilung

Das Dichtungsmaterial TEADIT 24 SH, Charge 0300021644, hatte bei einem Sauerstoffenddruck p_e von etwa 35 bar eine Zündtemperatur von 479 °C mit einer Standardabweichung von ± 3 °C.

Bei einer Temperatur von 225 °C und einem Sauerstoffdruck von 30 bar erwies sich das Dichtungsmaterial TEADIT 24 SH, Charge 0300021644, als ausreichend alterungsbeständig. Die Probenmasse blieb unverändert.

Die Zündtemperatur der gealterten Probe war bei einem Sauerstoffenddruck p_e von 35 bar mit 480 °C und einer Standardabweichung von ± 3 °C etwa gleich der Zündtemperatur des nichtgealterten Materials.

Grundsätzlich wird bei der sicherheitstechnischen Beurteilung von Dichtungen für Flanschverbindungen für den Einsatz in Sauerstoff eine Sicherheitsspanne von 50 °C zwischen der maximalen Betriebstemperatur und der Zündtemperatur berücksichtigt. Da die maximale Betriebstemperatur 200 °C beträgt, erfüllt das Dichtungsmaterial TEADIT 24 SH, Charge 0300021644, dieses Kriterium.

Bereits die Untersuchungen des Dichtungsmaterials TEADIT 24 SH in 2005 - BAM-Prüfbericht II-1492/ 2005 vom 27.10.2005 – hatten gezeigt, dass die Produktionscharge und die Dicke der Dichtung, das Anzugsmoment der Flanschschrauben sowie Prüftemperatur und -druck Einfluss auf das Ergebnis der Flanschprüfung haben.

Auch bei den Untersuchungen der Charge 0300021644 des Dichtungsmaterials TEADIT 24 SH zeigte sich kein einheitliches Prüfergebnis. Erst nach dem Erhöhen des Anzugsmoments der Flanschschrauben auf 200 Nm in Kombination mit dem Nachziehen der Schrauben unmittelbar vor der Sauerstoffbeaufschlagung der Prüfeinrichtung bestand das Dichtungsmaterial die Prüfung.

Unter Berücksichtigung dieses Sachverhalts und der Versuchsergebnisse, bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung des Dichtungsmaterials TEADIT 24 SH, Charge 0300021644, mit einer maximalen Materialdicke von bis zu 3 mm zum Abdichten von Flanschverbindungen mit Nut und Feder aus Kupfer, Kupferlegierungen oder Stahl für gasförmigen Sauerstoff, bei folgenden Betriebsbedingungen:

maximale Temperatur [°C]	maximaler Sauerstoffdruck [bar]
200	30

Auf Grund der Versuchsergebnisse der Flanschprüfung ist das Dichtungsmaterial TEADIT 24 SH, Charge 0300021644, aus sicherheitstechnischer Sicht ungeeignet für den Einsatz in gasförmigem Sauerstoff in Flanschen mit glatter Dichtleiste und in Flanschen mit Vor- und Rücksprung.

Diese Beurteilung gilt nicht für eine Verwendung des Dichtungsmaterials TEADIT 24 SH, Charge 0300021644, in Anlagen oder Anlagenteilen für flüssigen Sauerstoff. Hierfür ist eine besondere Prüfung auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff erforderlich.

5 Hinweise

Der Inhalt des Prüfberichtes bezieht sich ausschließlich auf die untersuchte Charge 0300021644 des Dichtungsmaterials TEADIT 24 SH.

Falls bei einem in den Handel gebrachten Produkt der Hinweis auf eine BAM-Prüfung erfolgt, muss ersichtlich sein, dass nur die Probe einer Charge auf Eignung für den Einsatz in Sauerstoff durch die BAM geprüft und sicherheitstechnisch beurteilt worden ist. Der Hinweis darf keine Vermutungswirkung erzeugen, dass es sich hierbei um eine Zertifizierung handelt, die zum Beispiel eine regelmäßige Überwachung der Produktion beinhaltet.

Es muss eindeutig erkennbar sein, dass das Produkt für den genannten Verwendungszweck nur in gasförmigem Sauerstoff einsetzbar ist. Maximal zulässiger Sauerstoffdruck, maximale Betriebstemperatur sowie eventuell andere Einschränkungen beim Gebrauch müssen deutlich angegeben sein.

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
12200 Berlin

2. Dezember 2015

Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“

Im Auftrag



Dipl.-Ing. Peter Hartwig

Verteiler:	1. Ausfertigung:	TEADIT Deutschland GmbH
	2. Ausfertigung:	BAM - Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“



Anhang 1

Bestimmung der Zündtemperatur in verdichtetem Sauerstoff

Etwa 0,2 g bis 0,5 g des pastösen oder zerkleinerten festen oder auf Keramikfaser aufgetragenen flüssigen Versuchsmaterials werden in einen mit Chromnickelstahl ausgekleideten Autoklaven mit einem Volumen von 34 cm³ gegeben. Nach dem gasdichten Verschließen wird der Autoklav mit Sauerstoff bis zum Anfangsdruck p_a gefüllt und induktiv aufgeheizt, wobei die Temperatur fast linear um etwa 110 K/min ansteigt.

Der Temperaturverlauf wird mit Hilfe eines Thermoelementes am Ort der Probe gemessen. Gleichzeitig wird auch der Druckverlauf mit Hilfe eines Druckaufnehmers über ein PC-System erfasst. Mit steigender Temperatur erhöht sich kontinuierlich der Sauerstoffdruck im Autoklaven. Die Entzündung der Probe ist an einem plötzlichen Druckanstieg und einem mehr oder weniger steilen Temperaturanstieg erkennbar. Der bei der Zündtemperatur vorliegende Sauerstoffenddruck p_e wird berechnet.

Die Angabe des Sauerstoffdrucks p_e ist insofern von Bedeutung, als die Zündtemperatur eines Stoffes druckabhängig ist. Die Zündtemperatur sinkt mit steigendem Sauerstoffdruck.





Anhang 2

Prüfung auf Alterungsbeständigkeit in verdichtetem Sauerstoff

Eine Probe des Versuchsmaterials mit bekannter Masse wird in einem Becherglas in einem Autoklaven 100 Stunden der Einwirkung verdichteten Sauerstoffs ausgesetzt. Die Versuchstemperatur liegt in der Regel 25 °C über der Betriebstemperatur.

Bei dieser künstlichen Alterung wird ermittelt, ob die Probe allmählich mit Sauerstoff reagiert oder sonstige erkennbare Veränderungen auftreten. Kriterien für eine Beständigkeit gegen Sauerstoff unter den jeweiligen Versuchsbedingungen sind - unter Berücksichtigung gewisser Toleranzen - die Beibehaltung der äußeren Beschaffenheit der Probe, der Vergleich der Probenmasse und der Zündtemperaturwerte vor und nach der Alterung.





Anhang 3

Prüfung von Flanschdichtungen für Sauerstoff-Stahlrohrleitungen

Die Prüfapparatur besteht aus zwei je etwa 2 m langen Stahlrohren DN 65 PN 160, an die entsprechende Normflansche angeschweißt sind. Diese werden unter Verwendung der zu prüfenden Dichtung gasdicht geflanscht. Die Dichtung ist so bemessen, dass sie in das Rohrlinnere hineinragt. Die Prüfapparatur wird durch Heizmanschetten auf die jeweils vorgesehene Versuchstemperatur erwärmt, die mindestens 50 °C niedriger sein muss als die Zündtemperatur des Dichtungswerkstoffs. Die geschlossene Apparatur wird bis zum vorgesehenen Prüfdruck mit Sauerstoff gefüllt und der ins Rohrlinnere hineinragende Teil der Dichtung dann durch einen elektrischen Glühdraht gezündet. Für den Fall, dass die Dichtung elektrisch leitfähig ist, z. B. bei Spiraldichtungen oder Graphitfolien, wird eine nicht leitfähige Zündpille aus organischem Werkstoff, z. B. PTFE oder Gummi, verwendet, deren Flamme auf die Dichtung einwirkt.

Maßgebend für die Beurteilung der Dichtung ist ihr Verhalten nach Zündeinleitung. Verbrennt die Dichtung mit so heißer Flamme, dass der Brand auf den Stahl übertragen wird, so gilt die Dichtung als ungeeignet. Sofern nur die ins Rohrlinnere hineinragenden Teile der Dichtung verbrennen, der Brand nicht auf die Rohrleitung bzw. auf die Flansche übertragen wird, die Dichtung auch nicht zwischen den Flanschen weiterbrennt und die Flanschverbindung gasdicht bleibt, gilt die Dichtung als geeignet. Kann dieses positive Prüfergebnis in vier weiteren Versuchen unter den gleichen Prüfbedingungen bestätigt werden, bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung der Dichtung bis zu dem angewendeten Prüfdruck und der vorgegebenen Versuchstemperatur.

Besteht die Flanschdichtung die Prüfung dagegen nicht, so wird die Prüfung bei niedrigeren Temperaturen und Sauerstoffdrücken fortgesetzt, bis bei fünf Versuchen das oben beschriebene günstige Ergebnis erhalten wird.

