



PRÜFBERICHT

über die Untersuchung eines nichtmetallischen Materials
auf Reaktionsfähigkeit mit Sauerstoff

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

Aktenzeichen	16034349
Ausfertigung	1. Ausfertigung von 2 Ausfertigungen
Auftraggeber	SGL Carbon GmbH Werner-von-Siemens-Str. 18 86405 Meitingen
Auftrag vom	19. Juli 2016
Zeichen	GMS-EG HOCHDRUCK-PRO
Eingang der Auftragserteilung am	9. August 2016
Prüfmuster	Sigraflex Hochdruck Pro V20011Z3I-P, Dicke 2 mm, unbekannte Chargennummer; BAM Auftrags-Nr.: 2.1/53 239
Eingang Prüfmuster	29. August 2016
Prüfzeitraum	7. September 2016 bis 3. Februar 2017
Prüfort	BAM – Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“ Haus 41
Prüfung in Anlehnung an (In der zum Zeitpunkt der Prüfung gültigen Version)	DIN EN 1797 und ISO 21010 „Cryogenic Vessels - Gas/Material Compatibility“; Anhang des Merkblatts M034-1 (BGI 617-1) "Liste der nichtmetallischen Materialien", Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie; TRGS 407 Technische Regeln für Gefahrstoffe „Tätigkeiten mit Gasen - Gefährdungsbeurteilung“ Kapitel 3 „Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung“ und Kapitel 4 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gasen“

Alle im Bericht angegebenen Drücke sind Überdrücke.
Dieser Prüfbericht besteht aus Seite 1 bis 9 und den Anhängen 1 bis 4.

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.

1 Unterlagen und Prüfmuster

Die Firma hat folgendes eingereicht:

- 1 Prüfauftrag
„Prüfung und Beurteilung des nichtmetallischen Materials Sigraflex Hochdruck Pro V20011Z3I-P, Dicke 2 mm, unbekannt Charge, für den Einsatz als Flachdichtung in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 300 °C und 160 bar sowie in flüssigem Sauerstoff.“
- 1 Sicherheitsdatenblatt Sigraflex Hochdruck Pro
(OB_MEI2045002, 5 Seiten, Erstelldatum: 13.01.2016)
- 1 Materialdatenblatt
Sigraflex Hochdruck Pro TDS HOCHDRUCK_PRO_Sheet_DE.01
(4 Seiten, Erstelldatum: 08.2015)
- 18 Sigraflex Hochdruck Pro V20011Z3I-P, Dicke 2 mm, unbekannt Charge,
Abmessungen: Ø 140 mm, Dicke 2 mm
Farbe: Grau, mit lilafarbenem Aufdruck

2 Angewandte Prüfverfahren zur sicherheitstechnischen Beurteilung

Da im praktischen Einsatz des Flachdichtungsmaterials nach Angaben des Antragstellers schnelle Sauerstoffdruckänderungen – sogenannte Sauerstoffdruckstöße – sicher ausgeschlossen werden können, wird keine Druckstoßprüfung durchgeführt

Das nichtmetallische Material soll als Dichtungsmaterial für Flanschdichtungen in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 300 °C und Drücken bis 160 bar sowie in flüssigem Sauerstoff eingesetzt werden.

2.1 Bestimmung der Zündtemperatur in verdichtetem Sauerstoff

Die Prüfung wird immer dann durchgeführt, wenn das Material bei Temperaturen oberhalb von 60 °C eingesetzt werden soll.

Die Zündtemperatur ist eine sicherheitstechnische Kenngröße und gibt die Temperatur an, bei der sich das Material in Gegenwart von Sauerstoff ohne eine Zündquelle von selbst entzündet. Sie ist daher maßgebend für die maximale Betriebstemperatur, die im Regelfall bei Dichtungsmaterialien 100 °C unter der Zündtemperatur festgelegt wird.

2.2 Prüfung der Alterungsbeständigkeit in verdichtetem Sauerstoff

Die Prüfung wird immer dann durchgeführt, wenn das Material bei Temperaturen oberhalb von 60 °C eingesetzt werden soll. Dabei wird der Einsatz des Materials in der Praxis simuliert und untersucht, ob sich die Zündtemperatur oder Eigenschaften des Materials durch Alterung verändern.

2.3 Prüfung von Flanschdichtungen in verdichtetem Sauerstoff

Diese Untersuchung simuliert den in der Praxis nicht auszuschließenden fehlerhaften Einbau einer Flachdichtung in eine Flanschverbindung, wobei das Dichtungsmaterial in die lichte Weite des Rohres hineinragt. Bei dieser Prüfung wird das Brandverhalten einer Dichtungsplatte nach künstlich eingeleiteter Zündung in einem Standardflansch untersucht. Es soll festgestellt werden, ob der Brand der Dichtung auf das Metall der Flanschverbindung übertragen wird oder ob die Flanschverbindung undicht wird.

2.4 Prüfung des Reaktionsverhaltens mit flüssigem Sauerstoff bei mechanischer Einwirkung

Diese Prüfung ist immer dann erforderlich, wenn im praktischen Einsatz der direkte Kontakt des Materials mit flüssigem Sauerstoff und mechanische Einwirkungen nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden können.

3 Probenvorbereitung

Da die Flachdichtung auf Grund der darin verwendeten Edelstahlfolien elektrisch leitend ist, wurden fünf Ronden für die Flanschprüfung gemäß der Mustervorlage in Bild 1 vorbereitet.

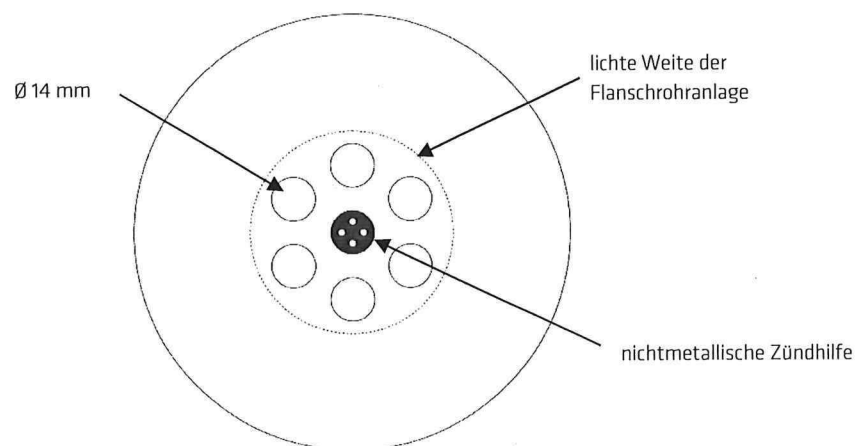


Bild 1: Mustervorlage für elektrisch leitende Flachdichtungsmaterialien

Bei der Probenvorbereitung für die anderen Prüfverfahren wurde das Dichtungsmaterial der Flachdichtungen von den Edelstahlfolien getrennt, in ca. 1 mm³ bis 2 mm³ große Teile zerschnitten und für die Prüfungen verwendet.

4 Prüfungen

4.1 Bestimmung der Zündtemperatur in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird im Anhang 1 beschrieben. Auf Grund der vom Antragsteller angegebenen Einsatzbedingungen wurde die Bestimmung der Zündtemperatur bei einem Sauerstoffenddruck von etwa 160 bar durchgeführt.

4.1.1 Beurteilungskriterium

Das Kriterium für eine eindeutige Reaktion des Probenmaterials mit Sauerstoff ist ein plötzlicher Druckanstieg und ein mehr oder weniger steiler Temperaturanstieg.

4.1.2 Ergebnisse

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck p_a [bar]	Sauerstoffenddruck p_e [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	62	167	> 500
2	62	168	> 500
3	62	166	> 500
4	62	166	> 500
5	62	167	> 500

Bei fünf Versuchen wurde bei einem Sauerstoffenddruck p_e von etwa 167 bar keine Entzündung des Materials bis 500 °C festgestellt.

Die Bestimmung der Zündtemperatur in Sauerstoff kann nur bis 500 °C durchgeführt werden, da dies die maximale Betriebstemperatur der Prüfanlage ist.

4.2 Verhalten bei künstlicher Alterung

Das Prüfverfahren wird im Anhang 2 beschrieben. Üblicherweise wird das Verhalten bei künstlicher Alterung 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 einem Sauerstoffenddruck von 160 bar und einer Temperatur von 325 °C durchgeführt.

4.2.1 Beurteilungskriterium

Für die sicherheitstechnische Beurteilung des Alterungsverhaltens werden drei Kriterien berücksichtigt:

Bei einer Massenänderung $\Delta m \leq 1\%$ gilt die Probe als alterungsbeständig, bei $\Delta m > 1\%$ und $\Delta m \leq 2\%$ gilt die Probe als ausreichend alterungsbeständig, bei $\Delta m > 2\%$ gilt die Probe als nicht alterungsbeständig.

Weist die Probe nach der Prüfung Veränderungen der Farbe, der Konsistenz, der Form oder der Oberflächenbeschaffenheit auf oder werden Ausgasungen festgestellt, wird dies aus sicherheitstechnischer Sicht bei der Beurteilung von der BAM berücksichtigt.

Die Zündtemperatur der gealterten Probe wird bestimmt und mit der der nichtgealterten Probe verglichen. Für den Fall, dass sich die Zündtemperaturen der gealterten und der nichtgealterten Probe unterscheiden, wird der niedrigere Wert berücksichtigt.

4.2.2 Ergebnisse

4.2.2.1 Prüfung auf Änderung der Masse bzw. der äußeren Beschaffenheit

Zeitdauer [h]	Prüftemperatur [°C]	Sauerstoffprüfdruck [bar]	Massenänderung Δm [%]
100	325	160	- 4

Die Probenmasse nahm um 4 % ab und die Probe war nach der Alterung augenscheinlich unverändert.

4.2.2.2 Bestimmung der Zündtemperatur des gealterten Materials in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird im Anhang 1 beschrieben. Die Bestimmung der Zündtemperatur des gealterten Materials wurde bei gleichen Prüfbedingungen wie unter 4.1 beschrieben durchgeführt.

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangedruck p_a [bar]	Sauerstoffenddruck p_e [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	62	166	> 500
2	62	166	> 500
3	62	166	> 500
4	62	166	> 500
5	62	167	> 500

Bei fünf Versuchen wurde bei einem Sauerstoffenddruck p_e von etwa 166 bar keine Entzündung des gealterten Materials bis 500 °C festgestellt. Dies zeigt, dass bei der gealterten Probe sowie bei der nicht gealterten Probe keine Entzündung des Materials bis 500 °C festgestellt worden war.

Die Bestimmung der Zündtemperatur in Sauerstoff kann nur bis 500 °C durchgeführt werden, da dies die maximale Betriebstemperatur der Prüfanlage ist.

4.3 Prüfung von Flanschdichtungen in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird im Anhang 3 beschrieben. Auf Grund der vom Antragsteller angegebenen maximalen Betriebsbedingungen wurde die Flanschprüfung bei einem Sauerstoffenddruck von 160 bar und einer Temperatur von 300 °C durchgeführt.

4.3.1 Beurteilungskriterium

Verbrennen nach der künstlich eingeleiteten Zündung des Prüfmusters bei fünf Einzelversuchen nur die ins Rohrinne hineintragenden Teile des Dichtungsmaterials, ohne dass sich der Brand zwischen den Flanschflächen fortsetzt, und bleibt die Verbindung gasdicht, bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung des Dichtungsmaterials als Flachdichtung bei diesen Betriebsbedingungen.

Zeigen die Versuche hingegen, dass sich der Brand des Prüfmusters zwischen den Flanschflächen fortsetzt oder dass die Flanschverbindung undicht wird, hat das Material die Prüfung nicht bestanden. In diesem Fall kann die Prüfung nach Rücksprache mit dem Antragsteller gegebenenfalls bei niedrigeren Temperaturen und/oder Sauerstoffdrücken fortgesetzt werden.

4.3.2 Ergebnisse

Versuch Nr.	Temperatur [°C]	Sauerstoffdruck [bar]	Bemerkungen
1	300	160	Die Flanschdichtung reagiert innerhalb der lichten Weite vollständig; Es treten keine Undichtigkeiten auf.
2	300	160	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
3	300	160	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
4	300	160	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
5	300	160	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1

Bei fünf Versuchen mit einer Temperatur von 300 °C und einem Sauerstoffdruck von 160 bar verbrannten nur die ins Rohrinne hineintragenden Teile des Prüfmusters innerhalb der lichten Weite des Flansches. Der Brand wurde weder auf den Stahl übertragen, noch brannte das Prüfmuster zwischen den Flanschen. Die Flanschverbindung blieb gasdicht. Die geprüften Prüfmuster hatten nach den Versuchen im Bereich der Dichtflächen eine Dicke von etwa 1,9 mm.

4.4 Reaktionsverhalten mit flüssigem Sauerstoff bei mechanischer Einwirkung

Das Prüfverfahren wird im Anhang 4 beschrieben.

4.4.1 Beurteilungskriterium

Gemäß des BAM-Standards "Prüfung auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff bei Schlagbeanspruchung" gilt ein nichtmetallisches Material grundsätzlich als ungeeignet für den Einsatz in flüssigem Sauerstoff, wenn bei einer Fallhöhe von 0,17 m (Schlagenergie 125 Nm) oder weniger Reaktionen mit dem flüssigen Sauerstoff beobachtet werden.

4.1.2 Ergebnis

Versuch Nr.	Fallhöhe [m]	Schlagenergie [Nm]	Reaktion
1	0,83	625	keine
2	1,00	750	keine
3	1,00	750	keine
4	1,00	750	keine
5	1,00	750	keine
6	1,00	750	keine
7	1,00	750	keine
8	1,00	750	keine
9	1,00	750	keine
10	1,00	750	keine
11	1,00	750	keine

Bei 1,00 m Fallhöhe des Hammers (Schlagenergie 750 Nm) konnten bei zehn Einzelversuchen weder Explosionen noch sonstige Reaktionen der Probe mit dem flüssigen Sauerstoff beobachtet werden.

5 Zusammenfassung und Beurteilung

Das Produkt Sigraflex Hochdruck Pro V20011Z3I-P mit einer Dicke von 2 mm, unbekannt Charge, soll als Flachdichtung in Armaturen und Anlagenteilen für gasförmigen und flüssigen Sauerstoff eingesetzt werden.

Bei 325 °C und 160 bar Sauerstoffdruck erwies sich das Flachdichtungsmaterial als nicht alterungsbeständig. Es ist zu beachten, dass das ungünstige Alterungsverhalten die praktische Verwendung der Flachdichtung einschränken kann.

Auf Grund der Prüfergebnisse der Flanschprüfung bestehen keine Bedenken gegen den Einsatz des nichtmetallischen Materials Sigraflex Universal Pro V20011Z31-P, unbekannte Charge, als Flachdichtung mit einer Dicke von 2 mm in Flanschverbindungen aus Kupfer, Kupferlegierungen oder Stahl für gasförmigen Sauerstoff bei den folgenden Betriebsbedingungen, wenn das ungünstige Alterungsverhalten bei der praktischen Verwendung berücksichtigt wird:

maximale Temperatur [°C]	maximaler Sauerstoffdruck [bar]
300	160

Dies gilt für Flansche mit glatter Dichtleiste und auch für Flansche mit Vor- und Rücksprung oder mit Nut und Feder.

Es bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht auch keine Bedenken gegen eine Verwendung Flachdichtungsmaterials Sigraflex Hochdruck Pro V20011Z31-P, unbekannte Charge, mit einer maximalen Dicke von 2 mm, in flüssigem Sauerstoff. Da ein auf den flüssigen Sauerstoff ausgeübter Druck keine wesentliche Konzentrationsänderung bewirkt, also auch keinen merklichen Einfluss auf die Reaktionsfähigkeit des nichtmetallischen Materials hat, ist eine Begrenzung auf einen bestimmten Druckbereich nicht erforderlich.

6 Hinweise

Bei der sicherheitstechnischen Beurteilung des Dichtungsmaterials für den Einsatz in Sauerstoffarmaturen und -anlagenteilen wird berücksichtigt, dass im praktischen Einsatz des Materials schnelle Sauerstoff-Druckänderungen - sogenannte Sauerstoffdruckstöße - mit Sicherheit an dem Material ausgeschlossen werden können. Der direkte Kontakt des Materials mit flüssigem Sauerstoff und mechanische Einwirkung können hingegen nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Der Inhalt des Prüfberichtes bezieht sich ausschließlich auf das geprüfte Muster einer bestimmten Charge.

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.

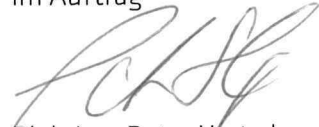
Es muss eindeutig erkennbar sein, dass das Produkt für den genannten Verwendungszweck in gasförmigem und flüssigem Sauerstoff einsetzbar ist. Maximal zulässiger Sauerstoffdruck, maximale Betriebstemperatur sowie eventuell andere Einschränkungen beim Gebrauch müssen deutlich angegeben sein.

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
12200 Berlin

1. März 2017

Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“

Im Auftrag



Dipl.-Ing. Peter Hartwig

Verteiler:

1. Ausfertigung:

2. Ausfertigung:

SGL Carbon GmbH

BAM - Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“