



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	19024152
Ausfertigung	1. Ausfertigung von 2 Ausfertigungen
Auftraggeber	Fermit GmbH Zur Heide 4 53560 Vettelschoß
Anfrage vom	22.Mai 2019
Ihr Zeichen	-
Eingang der unterzeichneten Auftragserteilung	5. Juni 2019
Prüfmuster	PTFE-basiertes Gewindedichtband GoldexBand / Goldenband – G – Charge KW21/19
Eingang Prüfmuster	11. Juni 2019
Prüfzeitraum / Prüfdatum	13. Juni 2019 bis 17. Juli 2019
Prüfort	BAM – Fachbereich 2.3 Haus 41
Prüfung in Anlehnung an	DIN EN 1797 und ISO 21010 „Cryogenic Vessels - Gas/Material Compatibility“;
(In der derzeit gültigen Version)	Anhang des Merkblatts M034-1 (BGI 617-1) „Liste der nichtmetallischen Materialie“ 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 6 und den Anhängen 1 bis 2.

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

1 Unterlagen und Prüfmuster

Die Firma hat folgende Unterlagen und Prüfmuster eingereicht:

- 1 Prüfauftrag
„Sicherheitstechnische Untersuchung des PTFE-basierten Gewindedichtbands "GoldexBand / Goldenband - G -, Charge KW21/19", für den Einsatz in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 60 °C sowie für den Einsatz in flüssigem Sauerstoff“
- 1 Sicherheitsdatenblatt "PTFE-Band FRp, GRp; PTFE-Gewindedichtfaden; PTFE-Gewindedichtband; PTFE-Flachband Bonnatex FA-FB-FD,FH; PTFE-Platten Bonnatex FDO8; PTFE-Packungsschnur Bonnatex R, Bonnatex E, Bonnatex G" (7 Seiten, Fa. Fermit GmbH, Version 4, Erstellungsdatum: 27.06.2018)
- 10 Rollen des PTFE-basierten PTFE-basierten Gewindedichtbands "GoldexBand / Goldenband - G -, Charge KW21/19",
Abmessungen: 12,7 mm x 0,1 mm x 13,3 m
Farbe: Weiß



2 Angewandte Prüfverfahren

Das PTFE-basierte Gewindedichtband "GoldexBand / Goldenband - G -, Charge KW21/19", soll als Dichtungsmaterial in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 60 °C sowie in flüssigem Sauerstoff eingesetzt werden.

Folgende Prüfverfahren wurden angewandt:

2.1 Prüfung des Reaktionsverhaltens bei Einwirkung von Sauerstoffdruckstößen

Diese Prüfung ist immer dann erforderlich, wenn im praktischen Einsatz schnelle Sauerstoff-Druckänderungen an dem Material nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden können.

2.2 Prüfung des Reaktionsverhaltens mit flüssigem Sauerstoff bei Schlagbeanspruchung

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

Vor dem Test wurde das Material in Teile von ca. 1 mm bis 2 mm Kantenlänge geschnitten.

4 Prüfungen

4.1 Prüfung des Reaktionsverhaltens bei Einwirkung von Sauerstoffdruckstößen

Das Prüfverfahren wird im Anhang 1 beschrieben. Auf Grund der vom Antragsteller angegebenen maximalen Betriebstemperatur wurde die Prüfung bei 60 °C durchgeführt.

4.1.1 Beurteilungskriterium

Gemäß der DIN EN 1797 „Kryo-Behälter - Verträglichkeit von Gas/Werkstoffen“ und der ISO 21010 „Cryogenic Vessels - Gas/Material Compatibility“ ist das Kriterium für eine eindeutige Reaktion des Probenmaterials mit Sauerstoff bei Einwirkung eines Druckstoßes ein Temperaturanstieg von mindestens 20 °C.

Zeigt die Probe nach der Prüfung eine Veränderung der Farbe oder der Konsistenz, so wird dies von der BAM aus Sicherheitsgründen auch als eine Reaktion des Probenmaterials mit Sauerstoff betrachtet, auch wenn kein Temperaturanstieg von mindestens 20 °C festgestellt wurde.

4.1.2 Ergebnisse

Bei den Versuchen entsprach der Sauerstoffanfangsdruck p_a dem Umgebungsdruck.

Probentemperatur t_a [°C]	Sauerstoffenddruck p_e [bar]	Reaktion
60	25	nein*
60	30	nein*
60	40	beim 1. Druckstoß
60	30	nein*

* bei einer Serie von fünf Druckstößen

Bei zwei Versuchsreihen mit je fünf aufeinanderfolgenden Druckstößen konnte bei den folgenden Prüfbedingungen keine Reaktion des PTFE-basierten Gewindedichtbands "GoldexBand / Goldenband - G -, Charge KW21/19", mit dem Sauerstoff festgestellt werden:

Probentemperatur t_a [°C]	Sauerstoffenddruck p_e [bar]
60	30

4.2 Reaktionsverhalten mit flüssigem Sauerstoff bei Schlagbeanspruchung

Das Prüfverfahren wird im Anhang 2 beschrieben.

4.2.1 Beurteilungskriterium

Gemäß dem BAM-Standard "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.

4.2.2 Ergebnis

Versuchsreihe Nr.	Fallhöhe [m]	Schlagenergie [Nm]	Verhalten bei mechanischer Einwirkung
1	0,83	625	Reaktion beim 1. Einzelversuch
2	0,67	500	Reaktion beim 1. Einzelversuch
3	0,50	375	Reaktion beim 3. Einzelversuch
4	0,33	250	Keine Reaktion bei 10 Einzelversuchen

Bei einer Fallhöhe des Hammers von 0,33 m (Schlagenergie 250 Nm) wurden bei 10 Einzelversuchen keine Reaktionen der Probe mit dem flüssigen Sauerstoff beobachtet.

5 Zusammenfassung der Prüfergebnisse

Bei Einwirkung von Sauerstoffdruckstößen bei einer Probertemperatur von 60 °C konnten bei Enddrücken von 30 bar keine Reaktionen des Materials mit dem Sauerstoff festgestellt werden.

Bei der Prüfung des Materials auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff bei Schlagbeanspruchung wurden bei 10 Einzelversuchen mit einer Schlagenergie von 250 Nm keine Reaktionen festgestellt.

6 Meinung und Interpretation

Das PTFE-basierte Gewindedichtband "GoldexBand / Goldenband - G -, Charge KW21/19", soll als Dichtungsmaterial in Armaturen und Anlagenteilen in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 60 °C sowie in flüssigem Sauerstoff eingesetzt werden.

Basierend auf den Prüfergebnissen sowie unter Berücksichtigung der Anforderungen an Dichtungswerkstoffe, beschrieben im Merkblatt M034, sowie des Anhangs 2 des Merkblattes M034-1, der Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 407 sowie den in diesem Bericht zu Grunde gelegten Beurteilungskriterien bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung des PTFE-basierten Gewindedichtbands "GoldexBand / Goldenband - G -, Charge KW21/19", in gasförmigem Sauerstoff bei folgenden Betriebsbedingungen:

maximale Temperatur [°C]	maximaler Sauerstoffdruck [bar]
60	30

Es bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht auch keine Bedenken gegen eine Verwendung des PTFE-basierten Gewindedichtbands "GoldexBand / Goldenband - G -, Charge KW21/19", 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.

7 Hinweise

Die Untersuchungen berücksichtigen, dass einerseits beim praktischen Einsatz des Materials schnelle Sauerstoff-Druckänderungen - sogenannte Sauerstoffdruckstöße - und dass andererseits der direkte Kontakt des Materials mit flüssigem Sauerstoff und mechanische Einwirkungen nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden können.

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

Die vorliegende Erfahrung zeigt, dass die sicherheitstechnischen Kenngrößen eines Produkts auch von der Produktionscharge eines Herstellers abhängen können. Daher werden heute chargenbezogene Prüfungen von Produkten, die für den Einsatz in Sauerstoff bestimmt sind, empfohlen. In diesem Zusammenhang wird auf die Veröffentlichung aus dem September 2009 verwiesen: „The Importance of Quality Assurance and Batch Testing on Nonmetallic Materials Used for Oxygen Service“, Journal of ASTM International, Vol. 6, No. 8; Paper ID JA1102309. Diese Veröffentlichung kann unter www.astm.org kostenpflichtig erworben werden.

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.

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

**Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
12200 Berlin**

29. Juli 2019

Fachbereich 2.3 „Druckgeräte, Ausrüstungsteile, Gaswarngeräte“

Im Auftrag



Dr. Thomas Kasch

Verteiler: 1. Ausfertigung: Fermit GmbH
2. Ausfertigung: BAM - Fachbereich 2.3



Anhang 1

Prüfung auf Reaktionsfähigkeit bei Einwirkung von Sauerstoff-Druckstößen

Etwa 0,2 g bis 0,5 g des pastenartigen oder zerkleinerten festen oder auf Keramikfaser aufgetragenen flüssigen Versuchsmaterials werden in eine Stahlhülse von 15 cm³ Inhalt gegeben. Die von außen beheizte Stahlhülse ist über ein 750 mm langes Rohr von 14 mm Durchmesser und ein Schnellöffnungsventil mit einem Sauerstoff-Druckbehälter verbunden.

Nach Erwärmen der Hülse auf die Versuchstemperatur von mindestens 60 °C und anschließendem Füllen des Rohres und der Hülse mit Sauerstoff bis zum Anfangsdruck p_a wird das Schnellöffnungsventil geöffnet. Auf 60 °C vorgewärmter Sauerstoff mit dem Enddruck p_e strömt schlagartig in das Rohr und in die Hülse ein. Der im Rohr und in der Hülse befindliche Sauerstoff wird dadurch annähernd adiabatisch vom Druck p_a auf den Druck p_e innerhalb von 17,5 ms \pm 2,5 ms (gemäß DIN EN 1797 und ISO 21010) verdichtet und erwärmt. Tritt hierbei eine Reaktion des Versuchsmaterials mit dem Sauerstoff ein, erkennbar am aufgezeichneten steilen Temperaturanstieg in der Hülse, so werden die Versuche bei einem verringerten Druckverhältnis p_e/p_a fortgesetzt. Wenn dagegen nach 30 Sekunden Wartezeit eine Reaktion des Versuchsmaterials mit dem Sauerstoff nicht zu erkennen ist, wird die Hülse wieder druckentlastet und der Versuch noch vier mal unter gleichen Bedingungen und mit gleichem Material wiederholt. Ist auch nach dem fünften Einzelversuch der jeweiligen Versuchsreihe keine Reaktion eingetreten, so werden die Versuche mit jeweils neuen Proben bei höheren Druckverhältnissen p_e/p_a fortgesetzt, bis schließlich jenes Druckverhältnis ermittelt ist, bei dem innerhalb einer Versuchsreihe aus fünf Einzelversuchen gerade noch keine Reaktion eintritt. Führt eine Wiederholung dieser Versuchsreihe mit einer neuen Probe zum gleichen Ergebnis, kann die Prüfung beendet bzw. bei einer anderen Versuchstemperatur fortgesetzt werden.



Anhang 2

Prüfung auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff bei Schlagbeanspruchung

Jeweils etwa 0,5 g des pastenartigen oder zerkleinerten festen Versuchsmaterials werden in einen schalenförmigen Probenbehälter von 10 mm Höhe und 30 mm Durchmesser und 0,01 mm dickem Kupferblech gegeben. Der Probenbehälter wird mit flüssigem Sauerstoff gefüllt und der Schlagwirkung eines Fallhammers mit einer Masse von 76,5 kg ausgesetzt. Die Fallhöhe des Hammers ist veränderlich. Als Unterlage für den Probenbehälter dient ein Stahlamboss mit einem Einsatz aus Chrom-Nickel-Stahl.

Eine Reaktion der zu untersuchenden Probe mit dem flüssigen Sauerstoff ist in der Regel an einer Flammenbildung zu erkennen, die messtechnisch durch Photoelemente erfasst und auf einem Speicheroszillogoskop registriert wird. Es ist gleichzeitig ein mehr oder weniger heftiger Explosionsknall wahrnehmbar. Durch Verändern der Fallhöhe des Hammers wird jene Schlagenergie ermittelt, bei der gerade noch keine Reaktion eintritt. Dieses Ergebnis muss durch zehn Einzelversuche unter gleichen Bedingungen bestätigt werden.

Die Versuche werden abgebrochen, falls bei einer Schlagenergie von 125 Nm oder weniger, entsprechend einer Fallhöhe des Hammers von 0,17 m, Reaktionen beobachtet werden. In diesem Fall gilt der Werkstoff sicherheitstechnisch als ungeeignet für Flüssigsauerstoff-Anlagen.