



PRÜFBERICHT

Aktenzeichen	22043758
Ausfertigung	1. Ausfertigung von 2
Auftraggeber	Rich. Klinger Dichtungstechnik GmbH & Co. KG Am Kanal 8 - 10 2352 Gumpoldskirchen Österreich
Anfrage vom	20. Oktober 2022
Zeichen	-
Eingang der Auftragserteilung	23. November 2022
Prüfgegenstand/ Untersuchungsmaterial	PTFE-basiertes Flanschdichtungsmaterial Klinger®top-chem 2006, Charge 06636
Eingegangen am	14. Oktober 2022
Prüfzeitraum	23. November 2022 bis 6. März 2023
Prüfort	BAM – Fachbereich 2.1 „Sicherheit von Energieträgern“ (Haus 41)
Prüfung in Anlehnung an	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“

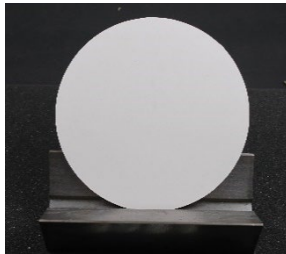
Dieser Prüfbericht besteht aus Seite 1 bis 9 und den Anlagen 1 bis 3

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.

1 Unterlagen und Prüfmuster

Die Firma hat folgende Unterlagen und Prüfmuster eingereicht:

- 1 Prüfauftrag
Sicherheitstechnische Untersuchung des PTFE-basierten Flanschdichtungsmaterials Klinger®top-chem 2006, Charge 06636, für den Einsatz in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 200 °C und bei Drücken bis 130 bar
- 1 Sicherheitsdatenblatt Klinger®top-chem 2006
(6 Seiten, Rich. Klinger Dichtungstechnik GmbH & Co. KG, Erstelldatum: 20.01.2011)
- 1 Stellungnahme zur SVHC Candidate List der REACH Verordnung Klinger®top-chem
(1 Seite, Klinger Dichtungstechnik, Erstelldatum: 08.08.2022)
- 1 Vollständig ausgefüllter Kundendatenerfassungsbogen (CMDS) (20.10.2022)
- 16 Ronden des PTFE-basierten Flanschdichtungsmaterials Klinger®top-chem 2006, Charge 06636
Abmaße: Ø 140 mm, 2 mm dick
Farbe: Weiß



2 Angewandte Prüfverfahren

Das PTFE-basierte Flanschdichtungsmaterial Klinger®top-chem 2006, Charge 06636, soll in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 200 °C und bei Drücken bis 130 bar eingesetzt werden.

Die Prüfung der Reaktionsfähigkeit des PTFE-basierten Flanschdichtungsmaterials Klinger®top-chem 2006, Charge 06636, bei Sauerstoffdruckstößen wurde nicht untersucht, da beim angedachten Anwendungsfall sowie nach Angaben des Auftraggebers Druckstöße am Material sicher ausgeschlossen werden können.

Folgende Prüfverfahren wurden angewandt:

2.1 Bestimmung der Zündtemperatur in verdichtetem Sauerstoff

Die Bestimmung der Zündtemperatur ist immer dann erforderlich, 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 zusätzliche Zündquelle von selbst entzündet. Sie ist daher maßgebend für die maximale Betriebstemperatur, die im Regelfall bei Flanschdichtungsmaterialien 50 °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 Dichtung in eine Flanschverbindung, wobei das Dichtungsmaterial in die lichte Weite des Rohres hineinragt. Bei dieser Prüfung wird das Brandverhalten einer Dichtung 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.

3 Probennahme

Die für die Untersuchung verwendete Materialprobe wurde vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

3.1 Probenvorbereitung

Für die Bestimmung der Zündtemperatur wurde das PTFE-basierte Flanschdichtungsmaterial Klinger®top-chem 2006, Charge 06636, in Teile mit einer Kantenlänge von ca. 1 bis 2 mm zerschnitten und in dieser Form verwendet.

Für die Prüfung der Alterungsbeständigkeit wurde das PTFE-basierte Flanschdichtungsmaterial Klinger®top-chem 2006, Charge 06636, in Teile mit einer Kantenlänge von ca. 40 x 20 mm zerschnitten und in dieser Form verwendet.

Da das Dichtungsmaterial elektrisch nichtleitend ist, wurden die Rundscheiben für die Prüfung im Standardflansch gemäß der Mustervorlage in Bild 1 vorbereitet.

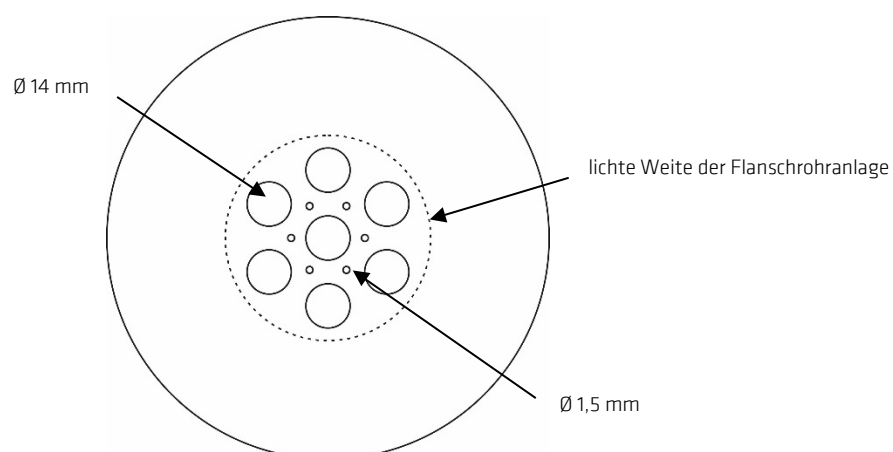


Bild 1: Mustervorlage für elektrisch nichtleitende Flachdichtungsmaterialien

4 Prüfungen

4.1 Bestimmung der Zündtemperatur in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird im Anhang 1 beschrieben.

Auf Grund des vom Antragsteller angegebenen maximalen Betriebsdrucks wurde die Bestimmung der Zündtemperatur bei einem Sauerstoffenddruck von etwa 130 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.	Sauerstoffenddruck p_e [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	130	463
2	133	462
3	131	461
4	134	467
5	133	464

Bei fünf Versuchen konnte für die Probe folgende mittlere Zündtemperatur festgestellt werden:

Mittlerer Sauerstoffenddruck p_e [bar]	Mittlere Zündtemperatur [°C]	Standardabweichung [°C]
132	463	± 2

4.2 Prüfung der Alterungsbeständigkeit in verdichtetem Sauerstoff

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 betrug die Prüftemperatur daher 225 °C. Auf Grund des vom Auftraggeber genannten maximalen Betriebsdrucks des Materials wurde die Prüfung bei einem Sauerstoffenddruck von 130 bar 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 auch berücksichtigt.

Die Zündtemperatur der gealterten Probe wird bestimmt und mit der der nichtgealterten Probe verglichen. Für den Fall, dass sich die beiden Zündtemperaturen unterscheiden, wird aus sicherheitstechnischer Sicht 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	225	130	$\pm 0,0$

Die Probe war nach der Alterung augenscheinlich unverändert. Es gab keine Änderung der Probenmasse.

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.	Sauerstoffenddruck p_e [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	131	460
2	133	462
3	134	466
4	134	466
5	134	469

Bei fünf Versuchen konnte für die gealterte Probe folgende mittlere Zündtemperatur festgestellt werden:

Mittlerer Sauerstoffenddruck p_e [bar]	Mittlere Zündtemperatur [°C]	Standardabweichung [°C]
133	465	± 4

4.3 Prüfung von Flanschdichtungen in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird im Anhang 3 beschrieben.

Auf Grund der vom Auftraggeber genannten maximalen Betriebsbedingungen wurde die Prüfung von Flanschdichtungen in verdichtetem Sauerstoff bei einem Druck von 130 bar und bei einer Temperatur von 200 °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 mehr als 2,0 mm zwischen den Flanschflächen fortsetzt, und bleibt die Verbindung gasdicht, hat das Prüfmuster die Prüfung bestanden. Dieses positive Ergebnis muss durch vier weitere Prüfungen bestätigt werden.

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

Während des Füllvorgangs kam es zu einer plötzlichen Entzündung des Materials bei einem Sauerstoffdruck von 125 bar und bei einer Temperatur von 200 °C noch bevor mit der eigentlichen Prüfung begonnen werden konnte. Das Material wurde aus der Flanschverbindung ausgeblasen. Nach Rücksprache mit dem Auftraggeber wurde der BAM per E-Mail mitgeteilt, dass die Flanschprüfung bei einem Sauerstoffdruck von 100 bar und bei einer Temperatur von 200 °C wiederholt werden soll.

Versuch Nr.	Temperatur [°C]	Sauerstoffdruck [bar]	Bemerkungen
1	200	100	Das Prüfmuster reagiert innerhalb der lichten Weite vollständig. Die Flanschdichtflächen bleiben unversehrt. Es treten keine Undichtigkeiten auf.
2	200	100	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
3	200	100	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
4	200	100	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
5	200	100	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1

Bei fünf Versuchen mit einer Temperatur von 200 °C und einem Sauerstoffenddruck von 100 bar verbrannten nur die ins Rohrinne hineintragenden Teile des Prüfmusters innerhalb der lichten Weite des Flansches. In allen Versuchen wurde der Brand weder auf den Stahl übertragen, noch brannte das Prüfmuster zwischen den Flanschen. Die Flanschverbindung blieb jeweils gasdicht. Die geprüften Prüfmuster wiesen auch nach den Versuchen im Bereich der Dichtflächen eine Dicke von ca. 2 mm auf.

5 Zusammenfassung der Prüfergebnisse

Das Prüfmuster hat bei einem mittleren Sauerstoffenddruck p_e von 132 bar eine mittlere Zündtemperatur von 463 °C mit einer Standardabweichung von ± 2 °C.

Bei einer Temperatur von 225 °C und einem Sauerstoffdruck von 130 bar erwies sich das Material als alterungsbeständig.

Die Untersuchung des Brandverhaltes von Rundscheiben des Materials in einem Standardflansch ergab, dass es während des Füllvorgangs bei einer Temperatur von 200 °C und einem Sauerstoffdruck von 125 bar zu einer Reaktion des Materials kam.

Die Untersuchung des Brandverhaltes von Rundscheiben des Materials in einem Standardflansch hat ergeben, dass bei einer Temperatur von 200 °C und einem Sauerstoffdruck von 100 bar nur die ins Rohrinne hineintragenden Teile des Prüfmusters innerhalb der lichten Weite des Flansches brennen. Die Prüfmuster brannten nicht zwischen den Flanschdichtflächen. In allen Fällen blieb die Flanschverbindung gasdicht.

6 Messunsicherheit

Die Prüfungen werden in Anlehnung an die auf dem Deckblatt dieses Berichts genannten Normen, Richtlinien bzw. Standards durchgeführt. Danach soll die Temperaturmessung eine maximale Abweichung von ± 2 K und die Druckmessung eine maximale Abweichung von ± 2 bar haben.

Für die Prüfung in Kapitel 4.1 hat die verwendete Temperatur-Messkette (gemäß Kalibrierprotokoll vom 23.01.2023) eine erweiterte Messunsicherheit von 0,7 K, und die verwendete Druck-Messkette hat (gemäß Kalibrierprotokoll vom 25.01.2023) eine Messunsicherheit von 0,3 bar.

Für die Prüfung in Kapitel 4.2 hat die verwendete Temperatur-Messkette (gemäß Kalibrierprotokoll vom 14.01.2021) eine erweiterte Messunsicherheit von 1,0 K, und die verwendete Druck-Messkette hat (gemäß Kalibrierprotokoll vom 14.01.2021) eine Messunsicherheit von 0,3 bar.

Für die Prüfung in Kapitel 4.3 hat die verwendete Temperatur-Messkette (gemäß Kalibrierprotokoll vom 27.02.2023) eine erweiterte Messunsicherheit von 2,8 K, und die verwendete Druck-Messkette hat (gemäß Kalibrierprotokoll vom 08.09.2022) eine Messunsicherheit von 0,7 bar.

7 Aussagen zur Konformität

Die Prüfungen werden in Anlehnung an die auf dem Deckblatt dieses Berichts genannten Normen, Richtlinien bzw. Standards durchgeführt. Abweichende oder ergänzende Prüfkriterien werden im jeweiligen Unterkapitel „Beurteilungskriterium“ im Kapitel 4 „Prüfungen“ beschrieben.

8 Meinung und Interpretation

Das PTFE-basierte Flanschdichtungsmaterial Klinger®top-chem 2006, Charge 06636, sollte ursprünglich in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 200 °C und bei Drücken bis 130 bar eingesetzt werden. Auf Grund der nichtbestandenen Flanschprüfung wurden die angedachten Betriebsbedingungen vom Auftraggeber auf 100 bar und 200 °C abgesenkt.

Unter Berücksichtigung aller Prüfergebnisse sowie unter Berücksichtigung der Anforderungen an Dichtungswerkstoffe, beschrieben im Merkblatt M034, sowie des Anhangs 2 des Merkblattes M034-1, der Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 407 sowie den im Merkblatt M034-1 und in diesem Bericht zu Grunde gelegten Beurteilungskriterien bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung des PTFE-basierten Flanschdichtungsmaterials Klinger®top-chem 2006, Charge 06636, in gasförmigem Sauerstoff bei folgenden Betriebsbedingungen:

maximale Temperatur [°C]	maximaler Sauerstoffdruck [bar]
200	100

9 Hinweise

Die Untersuchungen berücksichtigen einerseits, dass beim praktischen Einsatz des Materials schnelle Sauerstoff-Druckänderungen - sogenannte Sauerstoffdruckstöße - am Material mit Sicherheit ausgeschlossen werden können. Außerdem berücksichtigen die Untersuchungen, dass das Material bei Temperaturen über 60 °C in Sauerstoff eingesetzt werden soll.

Der Inhalt des Prüfberichtes bezieht sich ausschließlich auf die geprüfte Probe des PTFE-basierten Flanschdichtungsmaterials Klinger®top-chem 2006, Charge 06636.

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 JA102309. 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 nur in gasförmigem 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

4. April 2023

Fachbereich 2.1 „Sicherheit von Energieträgern“

Im Auftrag

Dr. Thomas Kasch
Prüfleiter

Dr. Kai Holtappels
Fachbereichsleiter

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.

Verteiler: 1. Ausfertigung: Rich. Klinger Dichtungstechnik GmbH & Co. KG
2. Ausfertigung: BAM - Fachbereich 2.1