

**Bericht**über die Prüfung eines Dichtungsmaterials  
auf Reaktionsfähigkeit mit Sauerstoff

**Aktenzeichen** II-1734/2004

**Ausfertigung** 1. Ausfertigung von 2 Ausfertigungen

**1 Auftrag**

**Auftraggeber** Rich. Klinger  
Dichtungstechnik GmbH & Co KG  
Am Kanal 8 - 10  
2352 GUMPOLDSKIRCHEN  
AUSTRIA

**Auftrag vom** 6. Mai 2004

**Zeichen** M0

**Eingegangen am** 11. Mai 2004

**Prüf-/  
Versuchsmaterial** Dichtungsmaterial KLINGERSIL® C-4500 für den Einsatz  
in Flanschverbindungen an Sauerstoffleitungen bei Tem-  
peraturen über 60 °C und für flüssigen Sauerstoff;  
BAM-Auftrags-Nr. II.1/47 421

**Eingang des Prüf-  
materials** 10. Mai 2004

**Prüfdatum** 28. Mai bis 1. Juli 2004

**Prüfort** BAM-Laboratorium II.13, Haus 41, Raum 073

**Prüfung gemäß** Anhang der "Liste der nichtmetallischen Materialien die  
von der Bundesanstalt für Materialforschung und  
-prüfung (BAM) zum Einsatz in Anlageteilen für Sauer-  
stoff als geeignet befunden worden sind." (Stand:  
31. August 2003) zur berufsgenossenschaftlichen Vor-  
schrift B 7 "Sauerstoff" der Berufsgenossenschaft der  
chemischen Industrie

Dieser Prüfbericht besteht aus Blatt 1 bis 4 und den Anhängen 1 bis 4.

Prüfberichte dürfen nur in vollem Wortlaut und ohne Zusätze veröffentlicht werden. Für veränderte Wiedergabe und Auszüge ist vorher die widerrufliche schriftliche Einwilligung der BAM einzuholen. Der Inhalt des Prüfberichtes bezieht sich ausschließlich auf die untersuchten Gegenstände.

## **2    Unterlagen und Prüfmuster**

Der Antragsteller hat folgende Unterlagen und Prüfmuster eingereicht:

- 1    Prüfauftrag,
- 1    Produktdatenblatt und
- 10   Ronden KLINGERSIL<sup>®</sup> C-4500: Ø 140 mm x 2 mm; Farbe: eine Seite anthrazit meliert; die andere Seite anthrazit, beschriftet mit „KLINGERSIL C-4500“

## **3    Prüfverfahren und -ergebnisse**

### **3.1    Zündtemperatur**

Das Prüfverfahren ist im Anhang 1 beschrieben.

Ergebnis:

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffdruck  $p_a = 112$  bar wurde eine Zündtemperatur von  $164$  °C mit einer Standardabweichung von  $\pm 3$  °C ermittelt. Der zugehörige Sauerstoffdruck  $p_a$  beträgt etwa 166 bar.

### **3.2    Verhalten bei künstlicher Alterung**

Das Prüfverfahren ist im Anhang 2 beschrieben.

Ergebnis:

Nach der Alterung des Materials bei  $110$  °C und 160 bar Sauerstoffdruck war die Probe stark versprödet. Die Probenmasse hatte um 5,8 % zugenommen.

Die Zündtemperatur der gealterten Probe lag mit  $176$  °C und einer Standardabweichung von  $\pm 6$  °C bei etwa 170 bar etwas höher als die, die bei der nicht gealterten Probe ermittelt worden war.

### **3.3    Flanschprüfung**

Das Prüfverfahren ist im Anhang 3 beschrieben.

Ergebnisse:

Die Prüfung der Flachdichtung KLINGERSIL<sup>®</sup> C-4500 bei 160 bar Sauerstoffdruck und  $85$  °C ergab, dass nur die ins Rohrinne hineinragenden Teile der Dichtung innerhalb der lichten Weite des Flansches verbrennen; der Brand wird weder auf den Stahl übertragen, noch brennt die Dichtung zwischen den Flanschen. Die Flanschverbindung blieb gasdicht. Darauf wurde der Versuch bei 160 bar und  $85$  °C noch viermal wiederholt. Auch hierbei wurde das gleiche Ergebnis wie zuvor erhalten.

### 3.4 Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff bei Schlagbeanspruchung

Das Prüfverfahren ist im Anhang 4 beschrieben.

Ergebnisse:

Bei einer Fallhöhe des Hammers von 0,17 m (Schlagenergie 125 Nm) wurde bereits beim ersten Versuch eine sehr heftige Reaktion registriert.

## 4 Zusammenfassung und Beurteilung

Die Versuche haben eine Zündtemperatur des Materials in verdichtetem Sauerstoff von  $(164 \pm 3) ^\circ\text{C}$  bei einem Sauerstoffdruck von etwa 166 bar ergeben.

Bei 110 °C und 160 bar Sauerstoffdruck erwies sich das Material als nicht ausreichend alterungsbeständig. Auf Grund der festgestellten Versprödung des Materials nach der Alterung in verdichtetem Sauerstoff, kann ein Einsatz der Flachdichtung KLINGERSIL<sup>®</sup> C-4500 nur für Flanschverbindungen befürwortet werden, die keinen dynamischen Beanspruchungen ausgesetzt sind. Darüber hinaus kann das ungünstige Alterungsverhalten die praktische Verwendung der Dichtung einschränken.

Unter Berücksichtigung der o. a. Forderung bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung der Flachdichtung KLINGERSIL<sup>®</sup> C-4500 zum Abdichten von Flanschverbindungen aus Kupfer, Kupferlegierungen oder Stahl und zwar sowohl in Flanschen mit glatter Dichtleiste als auch in Flanschen mit Vor- und Rücksprung oder mit Nut und Feder bei folgenden Betriebsbedingungen:

Temperatur	maximaler Sauerstoffdruck
bis 85 °C	bis 160 bar

Auf Grund der Prüfergebnisse der Flachdichtung KLINGERSIL<sup>®</sup> C-4500 mit flüssigem Sauerstoff ist diese sicherheitstechnisch nicht geeignet für eine Verwendung in Anlagen oder Anlagenteilen für flüssigen Sauerstoff.

## 5 Hinweise

Die Gültigkeit dieser Beurteilung endet sofort, wenn die Zusammensetzung des untersuchten Materials verändert wird. Sie endet spätestens am 31. Juli 2014. Eine Verlängerung über dieses Datum hinaus ist möglich, wenn der Antragsteller zum genannten Zeitpunkt schriftlich bestätigt, dass das Produkt dann noch identisch ist mit dem zu dieser Beurteilung eingereichten Material.

In den Handel gebrachte Produkte, die von uns auf Eignung für den Einsatz in Sauerstoff geprüft worden sind, müssen entsprechend unserer Beurteilung im BAM-Prüfbericht gekennzeichnet werden. D. h., der Hinweis allein auf einem Produkt, dass eine BAM-Prüfung erfolgte und/oder das Anführen unserer Tagebuch-Nr. ohne zusätzliche Angabe des Verwendungszwecks und der zulässigen Betriebsbedingungen ist in sicherheitstechnischer Hinsicht nicht zu verantworten.

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

**Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)**  
12200 Berlin, 28. Juli 2003

**Fachgruppe II.1**  
**"Gase, Gasanlagen"**

im Auftrag



Dr. Chr. Binder  
Laborleiter

**Laboratorium II.13**  
**"Gaseinrichtungen, Sauerstoff"**

im Auftrag



Dipl.-Ing. K. Arlt  
Sachbearbeiterin

Verteiler:

1. Ausfertigung: Rich. Klinger Dichtungstechnik GmbH & Co KG
2. Ausfertigung: BAM – Laboratorium II.13, Dr. Binder

## 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 cm<sup>3</sup> 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 einer Chrom-Nickel-Stahl-Hülse 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 Rohrinne hineintragt. Die Prüfapparatur wird durch Heizmanschetten auf die jeweils vorgesehene Versuchstemperatur erwärmt, die mindestens 50 °C niedriger sein muss als die Zündtemperatur des Dichtungswerkstoffes. Die geschlossene Apparatur wird bis zum vorgesehenen Prüfdruck mit Sauerstoff gefüllt und der ins Rohrinne 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 Rohrinne 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.

#### Anhang 4

##### 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 Speicheroszilloskop 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, entsprechend einer Fallhöhe des Hammers von 0,17 m, Reaktionen beobachtet werden. In diesem Fall gilt der Werkstoff sicherheitstechnisch als ungeeignet für Flüssigsauerstoff-Anlagen.