

Berger/Kiefer (Hrsg.)

DICHTUNGS TECHNIK

JAHRBUCH 2016

ISGATEC®

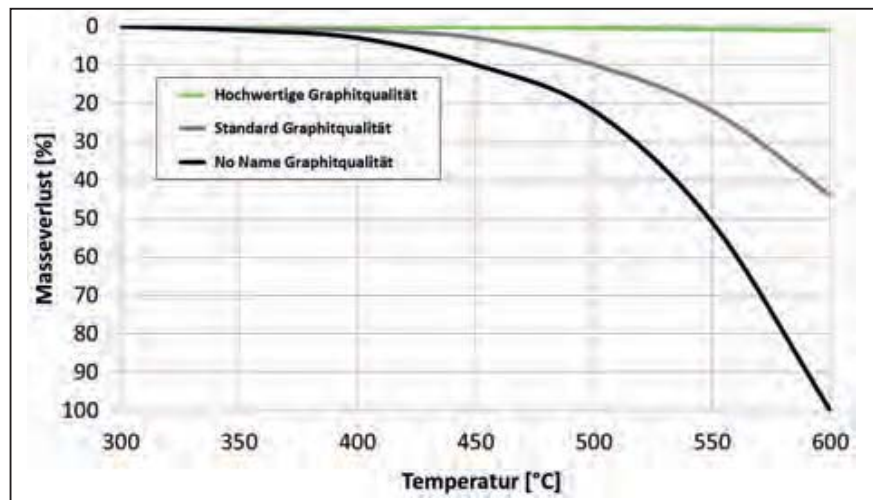
Dichtungswerkstoff Graphit bei hohen Temperaturen – Grenzen und Möglichkeiten

Graphit bietet als Dichtungswerkstoff hinsichtlich der maximalen Einsatztemperatur viele Möglichkeiten aber auch Grenzen. Dies variiert je nach Graphitsorte bzw. Qualitätsstufe deutlich. In diesem Zusammenhang ist auch immer der Einfluss der Einbausituation auf die Oxidation zu betrachten. In diesem Kontext müssen oft einige weit verbreitete Annahmen bzw. Halbwahrheiten richtig gestellt werden. Dazu dienen auch die hier zusammengestellten Untersuchungsergebnisse, die sich sowohl auf Weichstoff- als auch auf Semi-Metaldichtungen beziehen.

Graphit gilt chemisch als eine stabile Modifikation des Kohlenstoffs. Bemüht man einschlägige Literatur, erfährt man, dass Graphit in sauerstofffreier Umgebung erst bei 3.825 °C sublimiert. Zum Glück gibt es in diesem extremen Temperaturbereich keine herkömmlichen Dichtungsanwendungen. Dennoch ist völlig klar, dass die maximale Temperatureinsatzgrenze des verwendeten Graphits deutlich tiefer liegen muss. Vergleicht man die Angaben verschiedener Anbieter von Graphitdichtungen, so findet man Angaben zwischen 450 °C und 600 °C. In der Regel verwendet man für Weichstoffdichtungen, als Auflagenmaterial für Kammprofil-dichtungen und als Wickeleinlage in spiralgewickelten Dichtungen expandiertes Reingraphit. Der chemisch-thermische Prozess des Expandierens verändert die Molekularanordnung des Graphits, was mit einer Vervielfachung des Volumens einhergeht. Man erhält eine Folie aus expandiertem Graphit. Diesem Umstand verdanken Graphitdichtungen ihre überragende Anpassungsfähigkeit an Flansch-unebenheiten. Ist die verwendete Graphitfolie zu dünn, wird ein Teil dieser äußerst positiven Eigenschaft wieder zunichte gemacht. Insbesondere bei älteren, beschädigten Dichtflächen können hier die Weichstoffdichtungen ihren Vorteil gegenüber Semi-Metaldichtungen ausspielen. Ein weiterer Vorteil des expandierten Graphits ist ein gewisses Maß an innerer Festigkeit, welches die Verwendung von Bindemittel überflüssig macht. Durch die Abwesenheit von jeglichen Bindemitteln wird die Temperatureignung eindeutig positiv beeinflusst.

Von Dipl.-Ing. Marco Schildknecht
Frenzelit Werke GmbH | www.frenzelit.de

>>1: Masseverlust als Maß für die Oxidationsbeständigkeit von Reingraphitfolie (99%)



Was bestimmt die Performance?

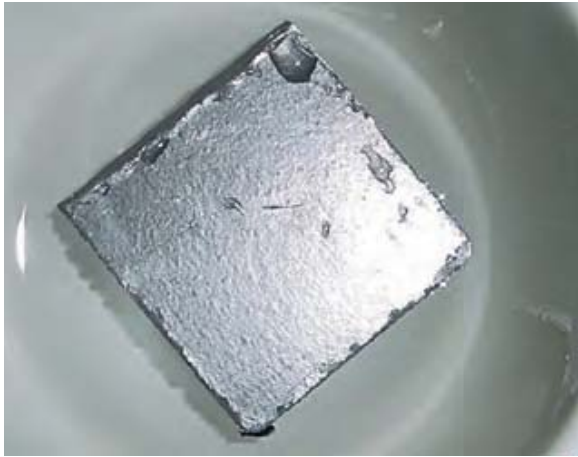
Mit dem Aufkommen der expandierten Graphitdichtungswerkstoffe war die Reinheit des Graphits ein großes Thema. Der natürlich vorkommende Rohstoff Graphit muss selbstverständlich durch mehrere aufwändige und teure Reinigungsschritte für den Expandierungsprozess vorbereitet werden. Hier ergibt sich ein weites Feld für signifikante Qualitätsunterschiede, die man mit bloßem Auge leider nicht erkennen kann. Mittlerweile hat sich herumgesprochen, dass die Reinheit des Graphits (Verhältnis Anteil Kohlenstoff zu Gesamtmasse) allein keine aussagefähige Größe zu dem wichtigen Thema Oxidationsbeständigkeit darstellt. Graphit hat die „angeborene“ Tendenz, mit oxidierenden Medien zu reagieren, was i.d.R. mit einem stetigen Verlust an Masse verbunden ist. Dieser unvermeidliche Vorgang ist u.a. von der Temperatur und natürlich der Zeit abhängig. Es ist also ein Verfahren nötig, welches die Oxidationsfestigkeit des Graphits untersucht.

Aktuelle Norm beseitigt Lücke

In der überarbeiteten Fassung der DIN 28090-2:2014-11 wird erstmals ein präzises Verfahren zur Messung der Oxidationsbeständigkeit des Graphits standardisiert. Die Messungen erfolgen mittels einer hochpräzisen TGA (Thermo-Gravimetrischen-Auswertung), in der eine Materialprobe eine bestimmte Zeit einer festgelegten Atmosphäre ausgesetzt wird und gleichzeitig der Massenverlust detektiert wird.

Schwarz ist nicht schwarz

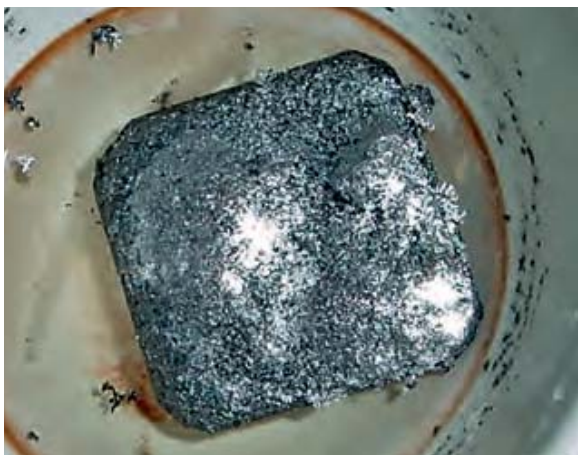
>>1 zeigt einen Vergleich von drei verschiedenen Graphitsorten, die allesamt eine Reinheit von 99% aufweisen. Dieser Vergleichstest wurde mit einem Sauer-



>>2: Einlagerungen nach einem Tag, links hochwertige Graphitfolie, rechts No-Name-Graphitfolie

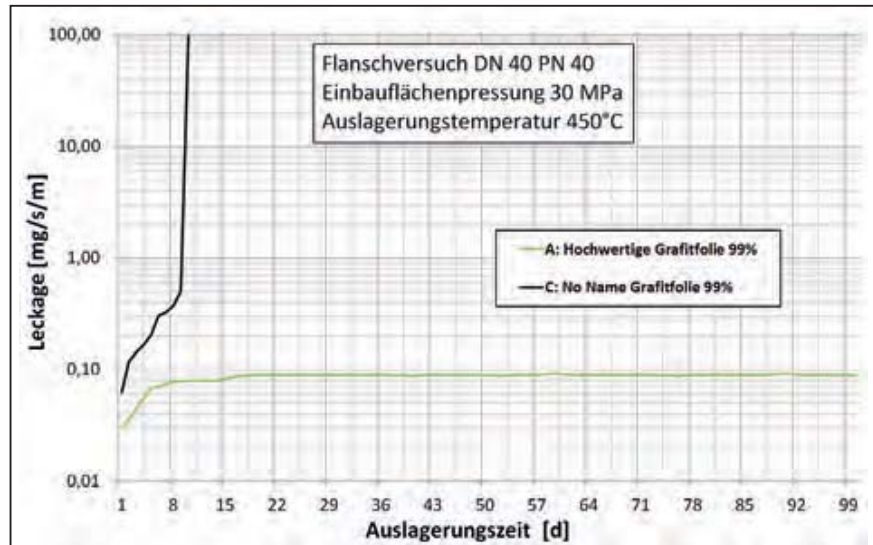


>>3: Einlagerungen nach 30 Tagen, links hochwertige Graphitfolie, rechts No-Name-Graphitfolie



>>4: Einlagerungen nach 96 Tagen, links hochwertige Graphitfolie, rechts No-Name-Graphitfolie

>>5: Ergebnisse der
Leckagemessung



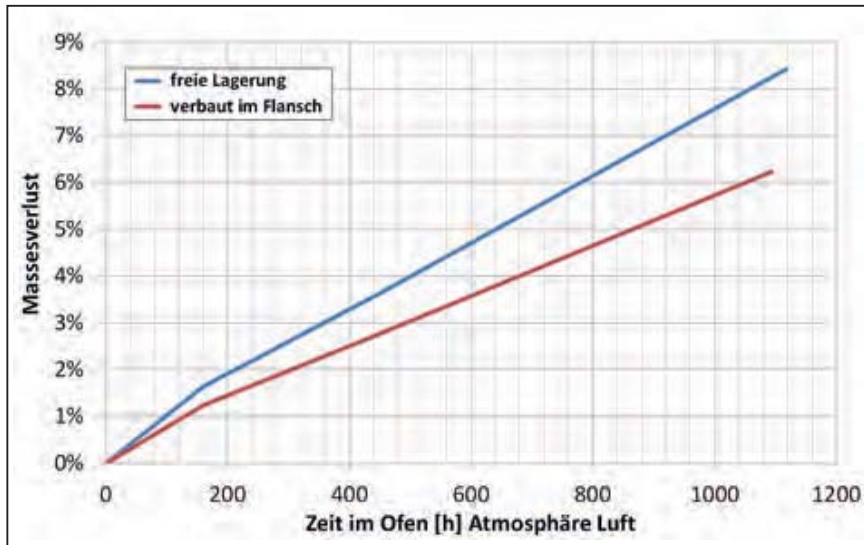
stoff-Stickstoff-Gemisch von 20:80 durchgeführt und simuliert somit perfekt die Umgebungsluft, die i.d.R. immer Kontakt mit der Dichtung – zumindest an den Außenschnittkanten – hat. Der Vergleich zeigt eindrucksvoll enorme Qualitätsunterschiede, obwohl die Reinheit des Graphits exakt identisch ist. Die Messzeit pro Temperatur betrug jeweils 8 h.

Salzschmelze als Herausforderung

Ein weiteres Beispiel aus der Praxis für oxidative Medien sind Salzschmelzen. >>2, 3, und 4 zeigen eine Einlagerung einer hochwertigen (a) und einer No-Name-Graphitfolie (b) gleicher Reinheit in Kaliumnitrat (KNO_3) bei 350 °C. Die Bilderreihe zeigt, dass bereits 350 °C ausreichen, um mit einem entsprechend oxidierendem Medium den Graphit anzugreifen. Die Fotos zeigen eindeutig, welche verheerende Folgen eine minderwertige Graphitfolie in der praktischen Anwendung haben kann.

Dichtheit in der Praxis

Welchen Einfluss hat eine schlechtere Oxidationsbeständigkeit auf die Leckageperformance in der Praxis? Zu diesem Zweck wurden wiederum zwei verschiedene Graphitfolien (Dicke 1 mm) in je einem Flanschpaar PN 40/DN 40 gemäß DIN 28090-2 mit einer Flächenpressung von 30 MPa verbaut. Nach entsprechender Temperaturauslagerung bei 450 °C wurden fortlaufend Leckagemessungen mit einem Innendruck von 40 bar Stickstoff vorgenommen. >>5 zeigt den Verlauf der Leckage. Das Resultat ist dramatisch. Während die hochwertige Graphitfolie über 100 Tage ein konstantes Niveau halten kann, bläst die Dichtverbindung mit der minderwertigen Folie bereits nach einer Woche aus. Dies ist



>>6: Masseverlust eines minderwertigen Graphits bei 350 °C
(Bilder: Frenzelit Werke GmbH)

umso bemerkenswerter, da man bislang immer davon ausging, dass die Oxidation bei einem „guten Einbau“ immer wesentlich langsamer verläuft als bei einer freien Lagerung, wie etwa bei dem in DIN 28090-2 beschriebenen Oxidationstest mittels TGA.

Probleme auch deutlich unter 400°C

Welche Erklärung gibt es für den schnellen und drastischen Anstieg der Leckage bei Verwendung des No-Name-Graphits und ab welcher Temperatur wird es überhaupt kritisch? Eine weit verbreitete These besagt, dass unter 400 °C praktisch keine Oxidation stattfindet. Möglicherweise soll mit dieser Darstellung minderwertiger Graphit zumindest für einen Großteil der Anwendungen salonfähig gemacht werden. Um diese Annahme zu überprüfen und ebenso das dramatische Leckageverhalten zu erklären, wurde eine weitere Testreihe durchgeführt. Identische Graphitsorten wurden parallel sowohl frei als auch mit 30 MPa Flächenpressung eingebaut und bei bestimmten Temperaturen ausgelagert. >>6 zeigt den Masseverlust nach Auslagerung bei 350 °C.

Die Unterschiede im Massenverlust zwischen freier Lagerung und verbautem Zustand sind erstaunlich gering. Herrschte doch bislang die Meinung vor, im verbauten Zustand – hier immerhin mit 30 MPa Flächenpressung – sei das Problem der Oxidation nicht so ausgeprägt, muss nun umgedacht werden. Dieser Vergleichstest liefert die Erklärung für das vorzeitige Versagen von Graphitdichtungen, die mit einem minderwertigen Graphit hergestellt wurden. Ein hochwertiger Graphit mit Oxidationseigenschaften, wie ihn die neue DIN 28091-4 fordert (max. 4%/h bei 670°C) würde im obigen Test keinen messbaren Masseverlust zeigen.

Nur Qualität löst das Problem

Wo liegt nun eine seriöse Obergrenze der Einsatztemperatur von Graphit? Hochwertige Graphitsorten sind mit einem entsprechenden Oxidationsinhibitor ausgerüstet, der das Abbrandverhalten nachhaltig positiv beeinflusst. In der Praxis ergeben sich damit Dauereinsatztemperaturen von max. 550 °C. Die XP-Technologie, die den Graphit durch eine anorganische Behandlung passiviert, sorgt für eine nochmals verbesserte Oxidationsfestigkeit. Die Langzeitstabilität wird durch diese Technologie positiv beeinflusst. Selbst für extrem stark oxidierende Medien, wie z.B. Salzsäure, ist ein Dauereinsatz in Abhängigkeit der Temperatur möglich.

Fazit

Der Naturwerkstoff Graphit ist praktisch immer der Oxidation durch Umgebungssauerstoff bzw. anderen oxidierenden Medien ausgesetzt. In Abhängigkeit der Graphitqualität kann es bereits ab 300 °C zu nennenswerten Masseverlusten durch die Oxidation kommen, sodass zuverlässige Standzeiten in der Anwendung nicht zu realisieren sind. Der Anwender ist gut beraten, auf die Einhaltung der neuen Grenzwerte aus der DIN 28091-4 mit max. 4% Masseverlust pro h bei 670 °C zu achten. Einen weiteren Vorteil für die Anlagensicherheit und -verfügbarkeit bietet die XP-Technologie, da die Oxidationswerte nochmals verbessert werden und somit zuverlässige Dichtverbindungen auch bei erhöhten Anwendungstemperaturen garantiert werden.

Mit uns kommen Sie schneller ans Ziel – Technisches Consulting



**Stets informiert über aktuelle Entwicklungen,
erarbeiten wir die technisch und wirtschaftlich optimierte Lösung.**

Konstruktions- und Entwicklungsbereiche

- ❑ Teilekonstruktion und -modifikation
- ❑ Werkstoffspezifikation
- ❑ Verarbeitungstechnik, Prozessoptimierung
- ❑ Lieferantenqualifizierung,
Qualitätsmanagement

u.a. für

- ❑ Statische Dichtsysteme
- ❑ Dynamische Dichtsysteme
- ❑ Klebtechnik und
Flüssigdichtsysteme
- ❑ Formteile und Profile

Rufen Sie uns an! Telefon: +49 (0) 621-717 68 88-0

DICHTEN KLEBEN ELASTOMER

WWW.ISGATEC.COM