

SIGRAFLEX® Temperaturbeständigkeit

Luftsauerstoff liegt bei den meisten Flansch-, Apparateverbindungs- und Ventilspindelabdichtungen außerhalb der Verbindung an. Bis ca. 400 °C sind die meisten SIGRAFLEX Materialien an Luft über relativ lange Zeiten beständig. Je höher die Temperatur, desto stärker ist die Beständigkeit – abhängig von den Einbau- und Betriebsbedingungen – eingeschränkt.

Je nach Graphitqualität setzt ab 300 bis 450 °C mit steigender Temperatur ein technisch relevanter oxidativer Angriff des Graphits durch anwesenden Luftsauerstoff ein. Dieser macht sich durch einen kaum messbaren Gewichtsverlust bemerkbar, der mit der Temperatur zunimmt. Dabei bindet der Sauerstoff (O bzw. O₂) Kohlenstoffatome (C) aus dem hexagonalen Graphitgitter und entweicht als Kohlenmonoxid (CO) oder Kohlendioxid (CO₂) in die Umgebung.

Liegt der Luftsauerstoff nur außen an, nimmt die Masse der in der Flanschverbindung eingebauten Dichtung stetig von außen beginnend ab, so wie in den unteren Bildern gut erkennbar. Dadurch sinkt die Flächenpressung über die Zeit bis hin zum Ausfall der Dichtverbindung.

Die Grafik auf Seite 2 zeigt den typischen Gewichtsverlust von 0,5 mm dicken Graphitfolien mit einer Dichte von 1,0 g/cm³, gemessen im heißen Frischluftstrom. Sollen die Oxidationswerte und damit die Temperaturstabilität verschiedener Produkte direkt miteinander verglichen werden, so müssen unbedingt immer die gleichen Messparameter verwendet werden, da sonst die Messergebnisse durchaus um einen Faktor 10 auseinander liegen können. Idealerweise wird dabei ein definiertes Referenzmaterial mitgemessen.



↑ Bilder einer Graphitflachdichtung, die nach starkem oxidativem Angriff ausgefallen ist.

Für den praktischen Einsatz als Armaturenabdichtung werden aus SIGRAFLEX Graphitfolienbändern Packungsringe hergestellt. Diese werden als Stopfbuchspackung verbaut, hierfür ergeben sich in der Regel aus den folgenden Gründen deutlich geringere Abbrandraten verglichen mit der Grafik:

- Höhere Dichte des Graphits, in der Regel 1,4 – 1,8 g/cm³
- Größere Masse bei gleichzeitig geringerer Angriffsfläche (günstiges Oberflächen-Volumen-Verhältnis)
- Durch Permeation von Betriebsmedium, wie z. B. Wasserdampf, von innen nach außen wird die Sauerstoffdiffusion zur und in die Dichtung erschwert
- Gekammerter Einbau
- Die Stopfbuchse ist in der Regel deutlich kühler als das Betriebsmedium

Für Flachdichtungen gelten ähnliche Gesetzmäßigkeiten. Auch hier ist die Flanschttemperatur niedriger als die Betriebsmitteltemperatur, bei nicht isolierten Rohrleitungen beträgt die Differenz häufig ca. 50 – 80 °C.

Es ist deutlich zu unterscheiden, ob z. B. eine Flachdichtung mit einem unter erhöhtem Innendruck stehenden nicht-oxidierenden Medium betrieben wird oder – im ungünstigeren Fall – in einer unter Vakuum stehenden Anlage dem Luftsauerstoff ausgesetzt ist.

Im Fall einer Dampfleitung bei 500 °C kommt es aufgrund der zwar sehr geringen Diffusion des Wasserdampfs durch die Dichtung dennoch zu einer gewissen „Abschirmung“ der Dichtung gegen den Luftsauerstoff. Weil dadurch der Zutritt von Luftsauerstoff in die Dichtung erschwert ist, ergibt sich eine längere Standzeit bei hohen Temperaturen.

Betrachtet man jedoch z. B. Rückstand-Vakuumdestillationen in der Petrochemie, die bei ca. 400 °C betrieben werden, so diffundiert hier durch den innen anliegenden Unterdruck Luftsauerstoff von außen in die Dichtung. Der Abbrand der Dichtung wird dadurch sogar beschleunigt. Erfahrungsgemäß ist gegen eine kurzzeitige Anwendung bei erhöhter Temperatur von beispielsweise 600 °C nichts einzuwenden, solange die Betriebstemperatur nicht dauerhaft erhöht ist. Im Gegensatz zu vielen anderen in der Dichtungstechnik verwendeten Materialien wird der Graphit durch hohe Temperaturen nicht vorgeschädigt, sondern unterliegt einem reinen Masseverlust pro Zeiteinheit.

Quantitative Aussagen zur Lebensdauer können nur schwer gemacht werden, da diese grundsätzlich von den gegebenen Einbau- und Einsatzbedingungen abhängig sind, die sehr unterschiedlich sein können. Die folgenden Angaben zur typischen Lebensdauer können daher nur eine sehr grobe Orientierung für eine korrekt ausgelegte und montierte Stopfbuchspackung aus hochwertig oxidationsgeschützter SIGRAFLEX Graphitfolie oder eine hochwertig oxidationsgeschützte SIGRAFLEX Graphitflachdichtung liefern. Unter der Voraussetzung, dass das Betriebsmedium unter Überdruck steht und keine oxidierenden Stoffe enthält, gelten die folgenden unverbindlichen Richtwerte: Etwa fünfzig Jahre bei 400 °C, etwa zehn Jahre bei 450 °C, etwa zwei Jahre bei 500 °C, etwa ein halbes Jahr bei 550 °C und etwa einen Monat bei 600 °C. In jedem Fall muss immer eine Einzelabschätzung durchgeführt werden!

Unter Berücksichtigung der oben genannten Einschränkungen lässt sich im Allgemeinen sagen, dass sich die Lebensdauer bei Verwendung der am besten oxidationsgeschützten Graphitfolie SIGRAFLEX APX2® im Vergleich zu obigen Richtwerten um den Faktor von etwa zwei bis drei verlängern lässt.

Achtung

Am Markt verfügbare Wettbewerbsmaterialien weisen in der Regel eine deutlich niedrigere Lebensdauer auf. Prinzipiell ist bei Herstellerangaben zu maximalen Einsatztemperaturen Vorsicht geboten. Während sich Angaben der SGL Carbon häufig auf fünf bis zehn Jahre sicheren Betrieb beziehen, beschränken sich andere Hersteller auf die Angabe von Kurzzeittemperaturen.

Eine Flachdichtung ist durch die Flanschdichtleisten zu einem gewissen Grad vor dem Zutritt des Luftsauerstoffes geschützt. Eine etwas längere Lebensdauer wird erreicht, wenn die Schnittkanten der Dichtung, die dem oxidierenden Medium bzw. dem Luftsauerstoff ausgesetzt sind, zusätzlich durch einen Edelstahlbördel gekammert werden. Damit der Bördel seine schützende Wirkung entfalten kann, muss dieser komplett von den Flanschdichtleisten verpresst sein.

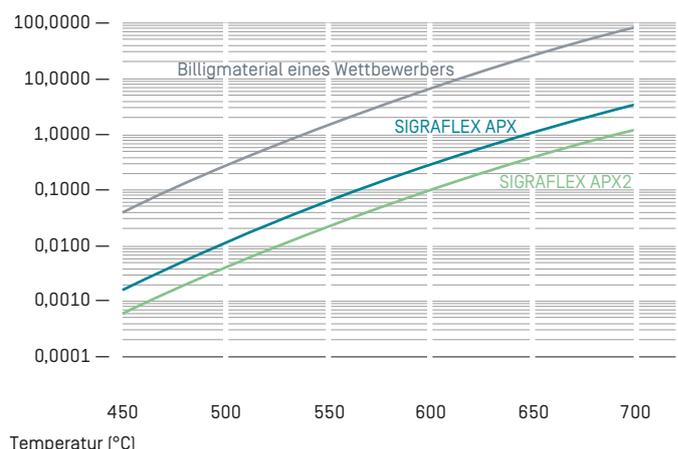
Für die Höhe der Oxidationsrate ist neben der Temperatur, der Angriffsfläche gegen den Luftsauerstoff und der Dichte in erster Linie die Graphitqualität verantwortlich. Diese wird überwiegend durch die Elementzusammensetzung des Rohstoffs Naturgraphit und die Art der Verarbeitung zur Graphitfolie bestimmt.

In der Historie getroffene Aussagen, dass mit steigendem Aschewert die Oxidationsrate überproportional zunimmt, sind nur bedingt zutreffend. Die Tendenz, dass mit einem höheren Grad an Verunreinigungen die Abbrandrate zunimmt, ist im Durchschnitt aller am Markt verfügbaren Graphitfolien sicher nach wie vor richtig, da eine geringere Verunreinigung oft auch bedeutet, dass die die Oxidation katalysierenden Elemente insgesamt in geringerer Menge enthalten sind.

Die Art der Verunreinigung und der Verarbeitung hat aber einen weit stärkeren Einfluss auf die Lebensdauer als der Aschegehalt an sich. Man findet z. B. am Markt hochreine Graphitfolie mit einem Aschegehalt von etwa 0,15 %, bei der 20fach

Typische Oxidationsrate von expandierter Graphitfolie an Luft

Typische Oxidationsrate an Luft [%/h]



höhere Abbrandwerte gemessen werden, als bei hochwertiger Graphitfolie mit 2 % Aschegehalt. Die vorangegangene Abbildung vergleicht den typischen Gewichtsverlust verschiedener Graphitfolien: Die oxidationsbeständigste Type SIGRAFLEX APX2, die mittel oxidationsbeständige Type SIGRAFLEX APX und die typische Oxidationsbeständigkeit einer Graphitfolie, bei der bei Rohstoffauswahl und Fertigung kein Augenmerk auf Temperaturbeständigkeit gelegt wurde.

Bei Betriebstemperaturen, die 400 °C überschreiten, wird generell empfohlen, Rücksprache mit dem Dichtungshersteller zu halten, bei Verwendung von Billigmaterialien bereits bei niedrigeren Temperaturen.

Eignung von SIGRAFLEX als Dichtungsmaterial für Sauerstoff

Von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin wurden einige SIGRAFLEX-Produkte bei Sauerstoffdrücken bis 160 bar und Temperaturen bis 300 °C getestet. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung zum Abdichten von Flanschverbindungen aus Kupfer, Kupferlegierungen oder Stahl bestehen.

Dies gilt sowohl in Flanschen mit glatter Dichtleiste als auch in Flanschen mit Vor- und Rücksprung oder mit Nut und Feder.

„Gegen eine Verwendung der aufgeführten SIGRAFLEX-Materialien in Anlagen oder Anlagenteilen für flüssigen Sauerstoff bestehen ebenfalls keine Bedenken. Da ein auf den flüssigen Sauerstoff ausgeübter Druck keine wesentlichen Konzentrationsänderungen bewirkt, also auch keinen merklichen Einfluss auf die Reaktionsfähigkeit des Werkstoffes hat, ist eine Begrenzung auf einen bestimmten Druckbereich nicht erforderlich.“ [Quelle: BAM-Untersuchungsbericht über die sicherheitstechnische Eignung eines ausgewählten Dichtungsmaterials für Sauerstoff]

Beständigkeit gegen diverse Medien bei Temperaturen über 400 °C

Die nachfolgenden Angaben gelten selbstverständlich nur, wenn SIGRAFLEX Graphit an keiner Stelle Luftsauerstoff ausgesetzt ist. Sinnvollerweise kann hier nur über anorganische Verbindungen bzw. Elemente gesprochen werden, da fast sämtliche organischen Verbindungen – das heißt die Betriebsmedien – bei diesen hohen Temperaturen nicht

beständig sind. Die folgenden Angaben gelten nur für SIGRAFLEX Graphit, nicht jedoch für die bei einigen SIGRAFLEX-Produkten verwendete Edelstahlverstärkung. Auch ist bei diesen Metall-einlagen aus ASTM 316L die Begrenzung auf ca. 800 °C zu beachten.

Anorganische Gase

- **Edelgase, z. B. Helium (He), Argon (Ar), Xenon (Xe):** SIGRAFLEX Graphit ist beständig bis etwa 3000 °C, oberhalb von 2000 °C allmähliche Versprödung.
- **Stickstoff (N₂):** Ab etwa 1600 °C bildet sich in Stickstoffatmosphäre Dicyan. Bei Anwesenheit von Wasserstoff (Reduktion von Wasserdampf) kommt es dann zur Bildung von Cyanwasserstoff (HCN).
- **Kohlendioxid (CO₂):** Ab etwa 600 °C setzt ein geringer Angriff ein, der jedoch bis etwa 800 °C technisch kaum relevant ist. Hierbei bildet sich Kohlenmonoxid (CO).
- **Wasserdampf (H₂O):** Ab etwa 600 °C setzt ein geringer Angriff ein, der jedoch bis etwa 700 °C technisch kaum relevant ist. Hierbei bilden sich je nach Temperatur Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Wasserstoff und Methan aus Wasserstoff in einer Sekundärreaktion.
- **Wasserstoff (H₂):** Ab etwa 900 °C ist in Wasserstoffatmosphäre Methanbildung möglich.
- **Sauerstoff (O₂):** Bei reinem Sauerstoff ist SIGRAFLEX Graphit angemessen beständig bis etwa 300 °C.
- **Ozon (O₃):** Bei reinem Ozon ist SIGRAFLEX Graphit angemessen beständig bis etwa 150 °C.

SIGRAFLEX Graphit ist beispielsweise nicht beständig gegen Schwefeltrioxid (SO₃), Brom (Br₂) oder Fluor (F₂).

SIGRAFLEX Graphit ist beispielsweise beständig gegen Ammoniak (NH₃), Schwefelwasserstoff (H₂S), Schwefeldioxid (SO₂), Chlorwasserstoff (HCl) oder Kohlenmonoxid (CO).

Die jeweiligen Einsatzgrenzen müssen im Bedarfsfall experimentell ermittelt werden.

Bitte beachten Sie dazu auch unsere technische Information Medienbeständigkeit.

Salzschmelzen

Graphit ist nicht beständig gegen stark oxidierende Schmelzen, wie z. B. Kaliumchlorat (KClO₃), Kaliumnitrat (KNO₃) oder Natriumperoxid (Na₂O₂).

Metallschmelzen

Mit Ausnahme von Alkalischmelzen ist SIGRAFLEX gut beständig gegen Metallschmelzen bis zur Carbiddbildungsgrenze.

