

SIGRAFLEX® – ein neuer Dichtungswerkstoff aus Graphit

Flexibler Graphit – ein Widerspruch in sich oder Tatsache?

Dr. rer. nat. A. ENGELMANN
Ing. G. HOCHEGGER
Ing. grad. H. EICHER

Noch vor kurzer Zeit konnte sich kein Verfahrensmann, ob Chemiker oder Ingenieur, etwas unter solchem Graphit vorstellen, der flexibel ist. Die Autoren berichten nun über einen neuen Werkstoff aus reinem Graphit, der sich aufgrund einiger für Graphit außergewöhnlicher Eigenschaften ausgezeichnet als Dichtungswerkstoff eignet. Und zwar umfaßt der Anwendungsbereich sowohl statische wie dynamische Dichtungen. Da er daneben auch seine hohe thermische Belastbarkeit und große chemische Beständigkeit behalten hat, ist der flexible Graphit gerade unter schwierigen Betriebsbedingungen einsetzbar und ein großer Gewinn für die Verfahrenstechnik.

Auf dem Gebiet der dynamischen Dichtungen werden Kunstkohle und Graphit seit langem verwendet: Kunstkohle für Dichtungsringe, Gleitringe, Packungsringe oder Panzerringe — Graphitpulver und Kohlenstofffasern als Zusatz für Weichpackungen. Auf dem Gebiet der statischen Dichtungen konnten bislang die Werkstoffe Kunstkohle oder Graphit nicht eingesetzt werden. Seit kurzem ist nun ein Werkstoff aus reinem Graphit verfügbar, der sowohl für dynamische als auch für statische Dichtungen geeignet ist und mit dem auch schwierige Dichtungsprobleme gelöst werden können.

Dieser Werkstoff wird in der BRD unter dem Namen „SIGRAFLEX®“ hergestellt und ist in Form von flexiblen Folien, von Laminaten und anderen Preßkörpern, wie z. B. Ringen, erhältlich.

Herstellung

Das Ausgangsprodukt für die Herstellung dieser neuen Graphitprodukte ist reiner, gut geordneter Graphit. Durch chemische und thermische Behandlung werden die Abstände der Schichtebenen im Kristallgitter des Graphits auf ein Vielfaches des normalen Wertes von 3,35 Å aufgeweitet. Es resultiert ein sehr leichtes Schüttgut aus wurmförmigen Einzelteilen, das anschließend auf Kalandern oder Pressen zum Endprodukt verdichtet wird. Dabei werden die Schichten des Graphitgitters und die Einzelteilchen des Schüttgutes allein durch Anwendung von mechanischem Druck wieder fest miteinander verbunden. Bindemittel oder Füllstoffe werden

nicht zugesetzt. Außerdem richten sich bei diesem Preßvorgang die kristallographischen a-Achsen der einzelnen Kristallplättchen weitgehend senkrecht zur Preßrichtung, d. h. parallel zur Oberfläche der Folien bzw. Laminaten aus. Damit wird die Richtungsabhängigkeit der Eigenschaften im Graphiteinkristall makroskopisch im Sigraflex® wirksam, wie aus der Zusammenstellung einiger Eigenschaftswerte in Tab. 1 hervorgeht.

		Sigraflex® F	Sigraflex® L
Rohdichte	g/cm ³	0,9—1,1	0,9—1,1
Spez. elektr. Widerstand			
in Richtung d. Oberfläche	Ω·mm ² /m	8	8
senkrecht zur Oberfläche	Ω·mm ² /m	1,2 · 10 ³	6 · 10 ²
Anisotropiekoeffizient		150	75
Wärmeleitfähigkeit (20 °C)			
in Richtung d. Oberfläche	kcal/mh °C	190	190
senkrecht zur Oberfläche	kcal/mh °C	6	6
Anisotropiekoeffizient		30	30
Gasdurchlässigkeit (Luft)	cm ² /sec	< 10 ⁻⁵	< 10 ⁻⁵
Aschegehalt	%	< 0,02	< 0,02

Sigraflex® F = Folie; Sigraflex® L = Laminate

Tab. 1 Physikalische Eigenschaften von Sigraflex®

Eigenschaften

Der neue Werkstoff ist gas- und flüssigkeitsdicht. Seine Alterungs- und Korrosionsbeständigkeit ist hervorragend. Selbst unter schwierigen Betriebsbedingungen verspricht es nicht. Von den meisten anorganischen und organischen Chemikalien wird es nicht angegriffen. So ist es z. B. gegen Flußsäure, Salzsäure und Phosphorsäure, gegen Natronlauge und geschmolzenes Natriumhydroxid sowie gegen alle gebräuchlichen organi-

schon Lösungsmittel ebenso wie gegen heiße Öle und Wachse beständig. Kritisch ist lediglich sein Einsatz bei Gegenwart stark oxidierend wirkender Agenzien und von Substanzen, die unter Bildung von Einlagerungsverbindungen mit Graphit reagieren können. Hierzu gehören konzentrierte Salpetersäure, hochkonzentrierte Schwefelsäure, Chrom-VI-Lösungen, Chlorsäure und Permanganat sowie Alkali- und Erdalkali-Metalle. An Luft ist es bis 400 °C ohne Bedenken und unter Schutzgas bis 3000 °C einsetzbar. Darüber hinaus ist das Material ausgezeichnet temperaturwechsel- und druckwechselbeständig.

Die Graphitfolien und Lamine haben eine glatte, verhältnismäßig weiche, schmiegsame Oberfläche. Beim Anpressen passen sie sich infolgedessen eventuellen Unebenheiten von Auflageflächen, wie Kratzern oder Ausfressungen von Flanschen vorzüglich an. Besonders hervorzuheben ist, daß das Material weder Kalt- noch Warmflußeigenschaften zeigt. Unter konstanter Druckbelastung bleibt es absolut formstabil. Die guten selbstschmierenden Eigenschaften sind für die Verwendung als trockenlaufende, dynamische Dichtungen Voraussetzung. Bewegte Teile nützen sich nicht ab. Die Reibungskoeffizienten für Trockenlauf liegen mit Werten zwischen 0,08 und 0,1 sehr niedrig. Die entstehende Reibungswärme wird aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit schnell abgeleitet. Die ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit und die hohe Reinheit, verbunden mit physiologischer Verträglichkeit, ermöglichen auch eine Verwendung für spezielle Dichtungsprobleme, wie sie z. B. in der Forschung der analytischen und medizinischen Technik auftreten.

Anwendungen

Flachdichtungen

Der Einsatz von Kunstkohle oder Graphit für Flachdichtungen war wegen der geringen Elastizität und der großen Sprödigkeit dieser Werkstoffe bislang nicht möglich. Graphitfolien und -lamine sind im Gegensatz dazu nicht spröde. Sie sind kompressibel und in Abhängigkeit von ihrer Rohdichte mehr oder weniger elastisch. Diese Eigenschaften sowie die ausgezeichnete Querschnittsdichtigkeit, die geringe Dichtpreßkraft und die bereits vorerwähnten Merkmale, wie Alterungs- und Korrosionsbeständigkeit, Temperatur- und Druckwechselbeständigkeit sowie Formstabilität machen sie zu ausgezeichneten Werkstoffen für statische Dichtungen. In Tab. 2 sind die Dichtungskennwerte von Sigraflex® „F“ aufgeführt. Zum Vergleich sind die entspre-

Dichtungsmaterial	$K_0 \cdot K_D$ [kp/mm]	K_1 [mm]
Gummi	$0,2 \cdot b_D$	$0,5 \cdot b_D$
Sigraflex® F		
0,5 g/cm ³	$0,45 \cdot b_D$	$0,55 \cdot b_D$
1,0 g/cm ³	$0,6 \cdot b_D$	$0,9 \cdot b_D$
PTFE armiert	$0,8 \cdot b_D$	$0,75 \cdot b_D$
PTFE	$2,5 \cdot b_D$	$1,1 \cdot b_D$
IT	$20 \cdot \sqrt{\frac{b_D}{h_D}}$	$1,3 \cdot b_D$

Tab. 2 Dichtungskennwerte von Sigraflex® und einigen gebräuchlichen Dichtungsmaterialien für Gase

chenden Daten für andere gebräuchliche Dichtungsmaterialien angegeben. Kompressibilität und Rückfederungsvermögen sind von der Rohdichte abhängig. Für Sigraflex® ist dieser Zusammenhang in Abb. 1 wieder-

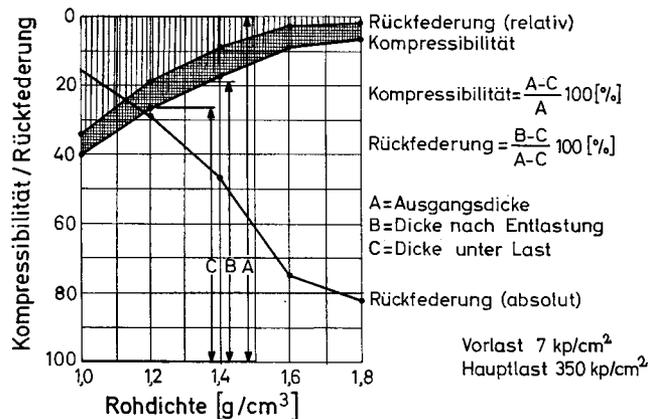


Abb. 1 Kompressibilität und Rückfederung von Sigraflex® F (geprüft nach ASTM F 36—61 T Verfahren A)

gegeben. Für den normalen Anwendungsfall beträgt die Rohdichte 1,0 g/cm³. Durch das Anspannen der Flansche beim Dichtpressen wird dann die endgültige Rohdichte erreicht. Bei einer Verdichtung auf 1,6 g/cm³ wird z. B. eine Abdichtung gegenüber Innendrücken bis 200 atü erzielt. Abb. 2 gibt die Abhängigkeit der Rohdichte vom spez. Preßdruck wieder. Je nach Anwendungsfall kann aber die Rohdichte von Sigraflex® in weiten Bereichen eingestellt werden. Die hohe Kompressibilität bei geringen Rohdichten macht man sich bei zwei speziellen Anwendungsfällen zunutze, die bisher nur schwer oder gar nicht realisiert werden konnten:

Fall 1: Abdichten unebener Flanschen

Die Abdichtung von Flanschen, deren Oberflächen uneben sind, wie bei emaillierten Teilen oder deren Dichtflächen durch radiale Einkerbungen oder Ausfressungen verletzt worden sind. Hierbei geht man von einem

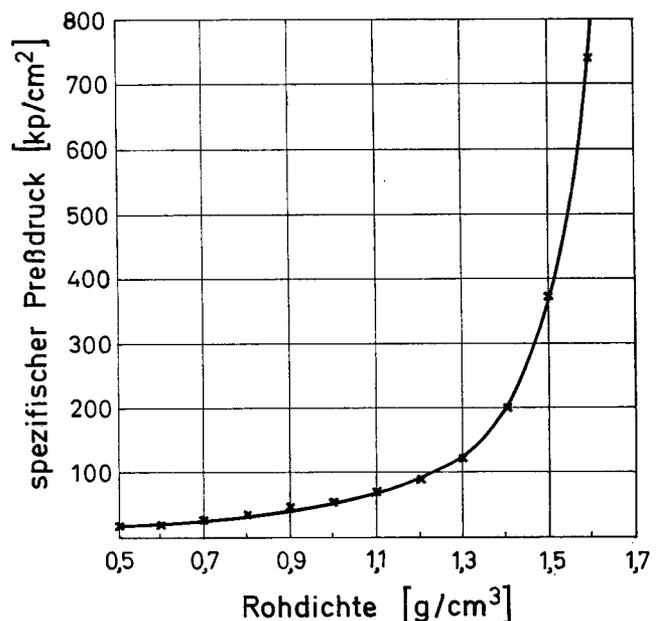


Abb. 2 Abhängigkeit der Rohdichte von Sigraflex® F vom spezifischen Preßdruck

Dichtungsring niedriger Rohdichte, z. B. von $0,3 \text{ g/cm}^3$ aus. Dieser wird durch Anspannen der Flansche auf die Rohdichte verpreßt, die gemäß dem Innendruck der Apparatur für eine genügende Dichtwirkung erforderlich ist. Dabei wird Sigraflex® wie kein anderer druckbeständiger Dichtungswerkstoff in alle Unebenheiten und Verletzungen der Auflageflächen eingepreßt und dichtet ab. Der wirtschaftliche Nutzen dieses Verfahrens liegt auf der Hand: Beschädigte Flansche müssen seltener erneuert bzw. abgedreht werden.

Fall 2: Abdichten von Flanschen großer Durchmesser

In solchen Fällen wird Sigraflex® geringer Rohdichte in Form von Dichtungssegmenten so auf die Dichtungsfläche aufgesetzt, daß sich die Enden der Segmente jeweils um ca. 10 mm überlappen. Beim nachfolgenden Anspannen der Flansche wird das Material an den Stoßstellen sauber ineinandergepreßt. Es dichtet zuverlässig ab. Die Stoßstellen sind keine Schwachstellen. Dieses Verfahren kann z. B. beim Austausch von leck gewordenen Dichtungen an großen Chemieapparaten angewendet werden; hier besonders bei solchen, die Einbauten in axialer Richtung haben, wie Wärmeaustauschern, Rührkesseln usw. Eine völlige Demontage ist nicht mehr notwendig. Der oberhalb der Dichtung befindliche Apparateteil wird um einige Zentimeter angehoben und die defekte Dichtung entfernt; sodann wird die neue Dichtung in Form von Segmenten eingelegt, das Apparateoberteil abgesenkt und die Spannvorrichtung angezogen. (Die vorübergehende Befestigung der beschriebenen Dichtungen an vertikal angeordneten Flanschen kann durch punktweises Anheften mit einem herkömmlichen Klebstoff erfolgen. Auch horizontal liegende Dichtungen oder Segmente können so gegen Verrutschen fixiert werden.)

Dynamische Dichtungen

Auf diesem Gebiet wird Sigraflex® in Form von Stopfbüchsen-Packungsringen verwendet. Packungen aus diesen Ringen sind gerade für den Einsatz unter schwierigen Betriebsbedingungen geeignet. Sie haben hohe Querschnittsdichtigkeit, gute Selbstschmiereigenschaften und sind gegen die meisten Chemikalien beständig.

Die Reibwerte für Trockenlauf liegen zwischen 0,08 und 0,1. Es tritt dadurch praktisch kein Wellenverschleiß auf. In radialer Richtung haben sie äußerst geringe Wärmeausdehnung, aber ein hohes Wärmeleitfähigkeitsvermögen. Die zuletzt genannten Eigenschaften, Selbstschmierung, Wärmeausdehnung und Wärmeleitfähigkeit, vermindern erheblich die Gefahr von Packungsüberhitzungen mit all ihren negativen Begleiterscheinungen. Für die Verwendung bei hohen Temperaturen ist also das Material prädestiniert. Bei der Montage von Stopfbuchspackungen werden gewöhnlich Ringe mit Rohdichten von $0,4\text{--}0,6 \text{ g/cm}^3$ so in das Packungsgehäuse eingebaut, daß zur Welle ein geringes Spiel verbleibt. Beim Aufschieben geschnittener Ringe auf die Welle in radialer Richtung muß darauf geachtet werden, daß jeweils die einander zugehörigen Halbschalen montiert und die Schnittfugen versetzt angeordnet werden. Durch vorsichtiges Anziehen der Stopfbuchsbrenne wird dann die Packung soweit zusammengepreßt, bis Dichtheit erreicht ist. Dabei nimmt die Rohdichte um etwa 30 bis 60 % zu. Es resultiert ein genaues Anliegen der Packung um die Welle, eine minimale Leckage und ein niedriges Drehmoment.

Sehr gute Betriebserfahrungen wurden bisher z. B. an Pumpen für heiße Öle oder Wachse und bei Anwendungen in der petrochemischen Industrie gemacht. Auch bei der Abdichtung gegenüber heißen, klebenden oder pastösen Stoffen wurde das Material mit Erfolg eingesetzt.

Postskript der Redaktion zum Manuskript der Autoren

Die vorstehenden Ausführungen zeigen überzeugend, daß die geschilderte Entwicklung eines deutschen Unternehmens zu einem Material geführt hat, das in der Zukunft ganz neue Problemlösungen in der Dichtungstechnik eröffnet.

Nun ist das einwandfreie Dichten von Leitungen und Apparaten ein so wichtiges und eventuell konsequenzreiches Erfordernis, daß man die Abneigung vor Experimenten verstehen kann, welche Betriebsingenieure angesichts von Neuerungen oft zur Schau tragen. Immerhin wird es einen aufschlußreichen Test ergeben, wenn man beobachten kann, wie die „Dichtungsleute“ in Labor und Betrieb der chemischen Industrie auf „Sigraflex“® reagieren. oek