

Berger/Kiefer (Hrsg.)

DICHTUNGS TECHNIK

JAHRBUCH 2010

ISGATEC 

Richtig machen!



DICHTUNGEN

 **Frenzelit**

creating
hightech
solutions

www.frenzelit.com

Dipl.-Ing. Andreas Will

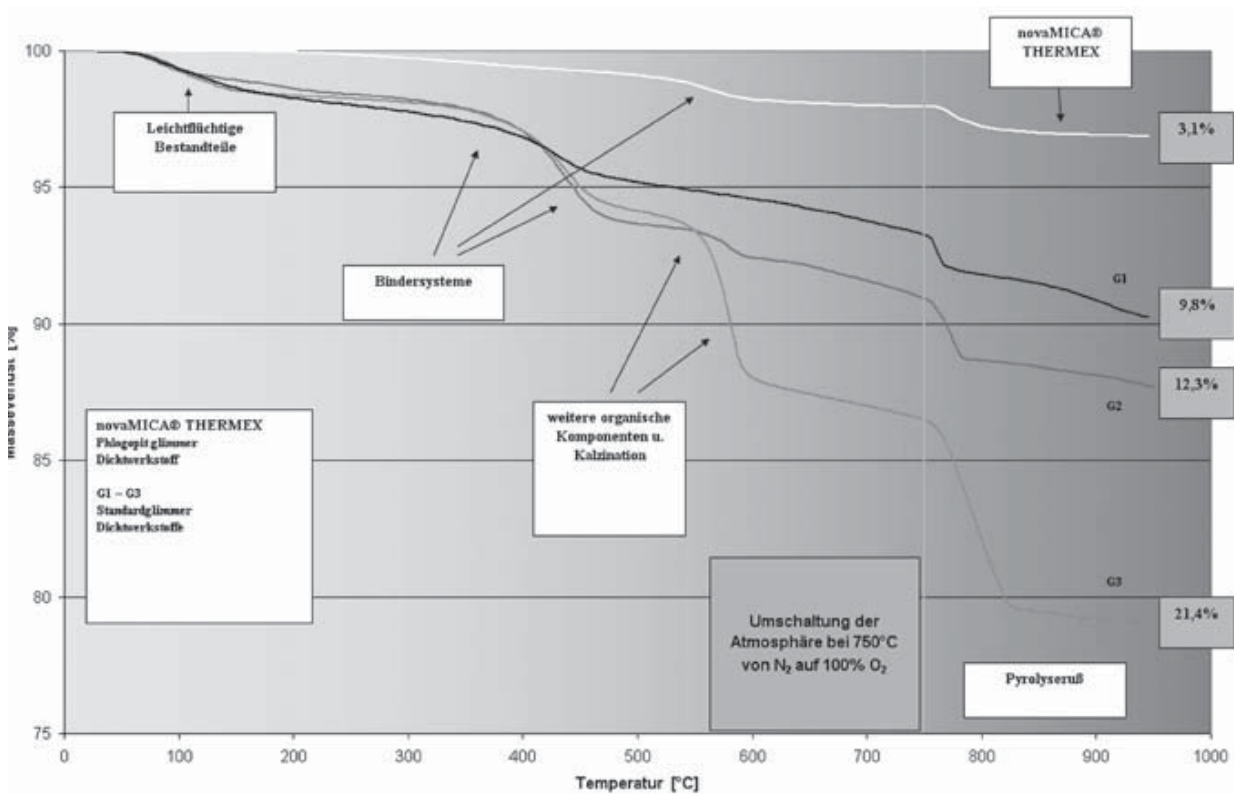
Die Entwicklung geht weiter – Phlogopit-Glimmer als Dichtungswerkstoff

CHEMIE – Durch stetig steigende Ansprüche an Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit werden Dichtwerkstoffe mit immer höheren Einsatztemperaturen konfrontiert. Dabei ist die Einsatztemperatur nach wie vor das primäre Auswahlkriterium für Dichtungen. Explizit in den Bereichen Abgasanlagen und Turbolader, aber auch für oxidierende Medien, müssen immer häufiger Dichtwerkstoffe zur Verfügung gestellt werden, die den geforderten Temperaturbereich bis zu 1.000 °C sicher und dauerhaft abdecken können. Flachdichtungswerkstoffe aus den Werkstoffklassen FA, TF und GR sind hier werkstoffbedingt naturgemäß überfordert. In diesem wichtigen Hochtemperaturbereich haben sich in jüngster Vergangenheit Weichstoff-Flachdichtungen auf Glimmerbasis etabliert.

Der Werkstoff „Glimmer“ hat herausragende physikalische sowie chemische Eigenschaften. Er ist extrem temperaturbeständig (kein Oxidationsverhalten) und nicht brennbar, hat eine hohe chemische Beständigkeit sowie gute thermische Isolationseigenschaften. Wie jedoch auch im Bereich des Dichtwerkstoffs Graphit gibt es in der Werkstoffklasse „Glimmer“ ebenfalls signifikante Qualitätsunterschiede und Leistungsklassen. Somit ist nicht jeder Glimmertyp per se als exzellenter Hochtemperatur-Dichtungswerkstoff geeignet.

Die richtige Wahl des Glimmertyps ist entscheidend

Naturglimmer hat einen Schmelzpunkt zwischen 1.200 und 1.350 °C. Dies ist jedoch in keinem Fall das entscheidende Kriterium für die Temperaturbeständigkeit und damit seine Eignung als Hochtemperatur-Dichtwerkstoff. Glimmer enthält stets auch einen gewissen Anteil an Hydrosilikaten oder anders ausgedrückt an kristallin gebundenem Wasser. Je nach seinem chemischen Kristallaufbau setzt bei unterschiedlichen Temperaturen Kalzination ein, d.h. der Kristallverbund wird gesprengt und Wasser tritt aus. Viele der vorliegenden Glimmereigenschaften werden ab dieser Temperatur (Kalzinationstemperatur) signifikant geändert. Entscheidend für die maximale Einsatztemperatur ist demnach nicht der Schmelzpunkt, sondern vielmehr die



>>1: Temperaturbeständigkeit von Glimmermaterialien

Kalzinationstemperatur, ab der sowohl unerwünschte als auch gezielt werkstoffverändernde Effekte auftreten.

Wie kann die Kalzinationstemperatur eines Produktes beeinflusst werden?

Primär entscheidend für die Höhe der Kalzinationstemperatur ist der chemische Aufbau des Glimmers, also der Glimmertyp. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Glimmertypen, die sich alle in Details ihrer Kristallstruktur unterscheiden. Die zwei bekanntesten Vertreter sind Muskovit und Phlogopit. Muskovit ist leicht verarbeitbar, seine Kalzinationstemperatur liegt mit ca. 600 – 700 °C jedoch vergleichsweise niedrig. Schon bei 500 °C kann erstes Entweichen von Kristallwasser festgestellt werden. Aufgrund dieser Charakteristik und der hervorragenden elektrischen Isolationseigenschaften wird Muskovit dominant für die elektrische Isolation eingesetzt. Phlogopit hingegen ist im Temperaturbereich bis 1.000 °C nicht kalzinierbar; d.h. sowohl unerwünschte als auch werkstoffverändernde Effekte treten nicht auf. Damit verfügt Phlogopit über eine echte Temperaturbeständigkeit bis 1.000 °C. Trotz dieser herausragenden Eigenschaft ist Phlogopit als „Dichtwerkstoff“ weniger stark verbreitet als vergleichsweise Muscovit oder Vermiculite, was

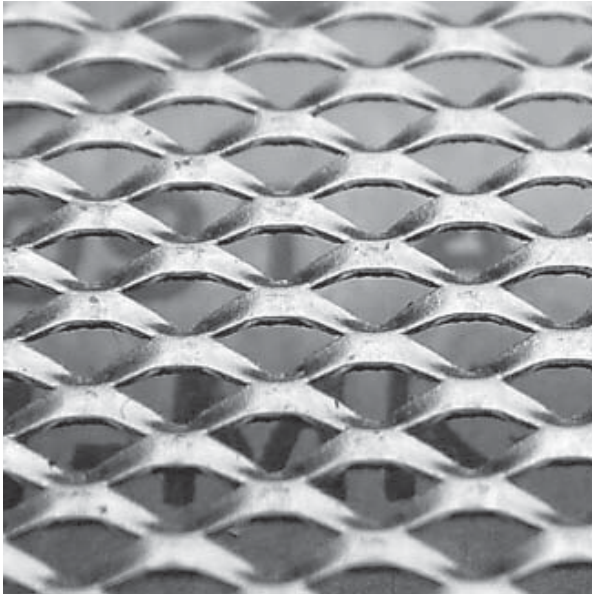
nicht zuletzt in direktem Zusammenhang mit der technisch sehr anspruchsvollen Aufbereitung und der dafür spezifisch erforderlichen Technologie zu sehen ist. >>1 zeigt Ergebnisse einer thermographimetrischen Messung von Standard-Glimmer Dichtwerkstoffen im Vergleich zum Phlogopit-Werkstoff novaMICA® THERMEX. Hierbei wird der Masseverlust der getesteten Glimmer-Dichtwerkstoffe (organische Anteile sowie im Gefüge befindliches Wasser) in einem Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 1.000 °C ermittelt und graphisch beschrieben. Die Kurvenverläufe zeigen zum Teil sehr deutliche Unterschiede in der Charakteristik der Reaktionsstufen. Je stärker die jeweilige Stufe ausgeprägt ist, desto höher ist in diesem Temperaturabschnitt der Masseverlust des Glimmerprodukts.

- Stufe 1: Entweichen der leichtflüchtigen Bestandteile
- Stufe 2: Bindersysteme
- Stufe 3: Kalzination + weitere organische Komponenten
- Stufe 4: Pyrolyseruß

Zielsetzung ist es selbstverständlich, den Gesamtmasseverlust über den gesamten Temperaturbereich möglichst gering zu halten. Dies gelingt an dem Phlogopit-Produkt novaMICA® THERMEX mit einem Gesamtmassenverlust von nur 3,1%. Naturgemäß führen höhere organische Anteile wie auch Kalzinationseffekte in der Grundkonzeption von Standardglimmer-Dichtungsmaterialien (G1 – G3) zu auffallend hohen Gesamtmasseverlusten (9,8 – 21,4%).

Leckageverhalten von Glimmer-Flachdichtungswerkstoffen

Die Darstellung der Temperaturbeständigkeit mittels thermographimetrischer Messung führt zunächst zu einer eindeutigen Aussage über Temperaturverhalten und damit verbundene Masseverluste von Glimmermaterialien. Naturgemäß beeinflussen diese Temperatureffekte aber auch das Leckageverhalten von Glimmer-Flachdichtwerkstoffen. Charakteristisch für das (Schicht-)Mineral ist die sehr gute Spaltbarkeit entlang der Schichtebenen bis hin zu extrem dünnen transparenten Scheiben. In der ersten Verarbeitungsphase liegt Glimmer daher in Plättchenform als Glimmerplättchen vor. Erst durch den Einsatz geeigneter Bindersysteme wird die Weiterverarbeitung zu einem flächigen Endprodukt erreicht. Die gewählten Bindersysteme reichen oft vom klassischen NBR/NR bis hin zu chemisch und thermisch stabileren Lösungen. Diese haben neben der Sicherstellung des Verbunds einen weiteren positiven Aspekt. Durch das Schließen der Zwischenräume wirkt der Binder als Diffusionssperre für andere Medien. Erst dann kann von einem

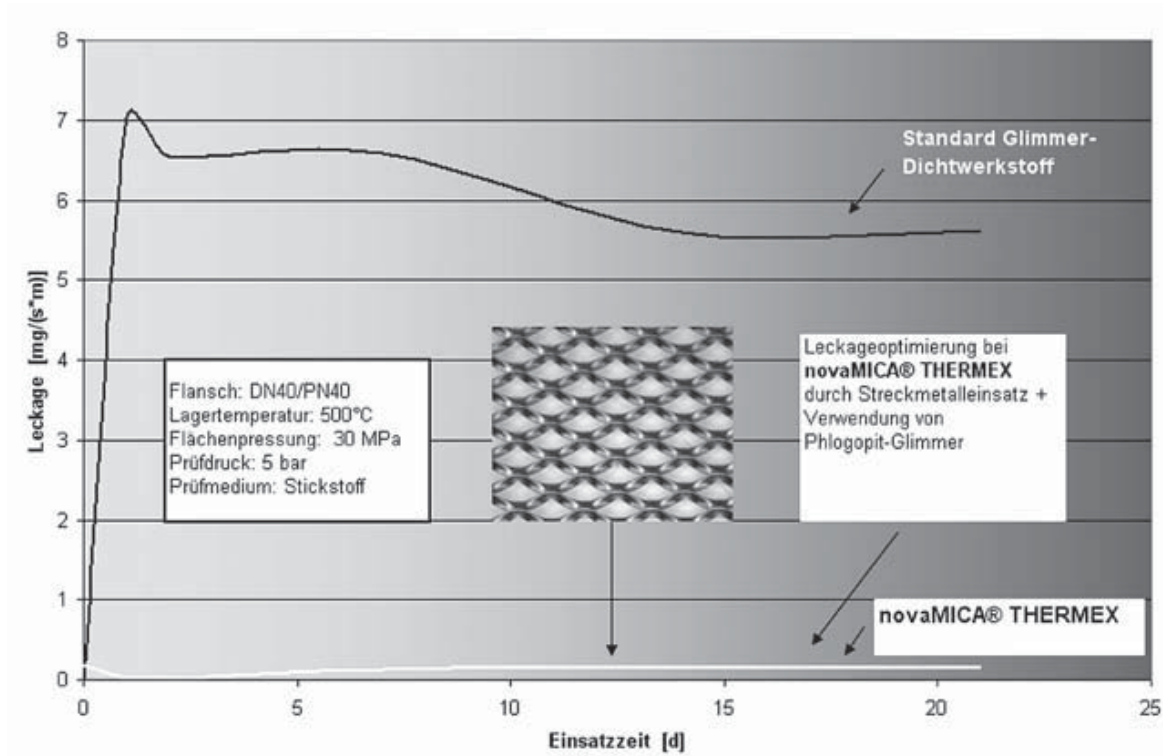


>>2: Streckmetalleinlage

der Dichtungsanforderung entsprechend „Hochleistungs-Bindersysteme“ anzustreben.

Glimmer-Dichtwerkstoff gesprochen werden. Verständlicherweise sind die gewählten Bindersysteme und die eingesetzten Bindermengen entscheidend sowohl für die Temperaturbeständigkeit als auch für die chemische Stabilität des Glimmer-Dichtwerkstoffs. Der Einsatz von herkömmlichen Bindersystemen wie z.B. NBR/NR führt dabei unweigerlich zu Leistungseinschränkungen des Gesamtsystems „Glimmer als Hochtemperatur-Dichtwerkstoff“. In Anbetracht dieser Tatsache sind im Sinne der Hochwertigkeit

Natürlich muss die grundsätzliche Zielsetzung sein, bei hoher Leistungsfähigkeit des Dichtungswerkstoffs den Bindemittelanteil bzw. den organischen Anteil im Gesamtsystem auf ein Minimum zu reduzieren. Dies wird insbesondere ganz bewusst mit dem Einsatz einer Streckmetalleinlage **>>2** erreicht. Die zusätzliche metallische Verstärkung leistet einen beträchtlichen Beitrag zur inneren Festigkeit des Glimmer-Dichtwerkstoffs und führt darüber hinaus durch die Ausbildung von geschlossenen Linienzügen erhöhter Flächenpressung zu signifikant verbessertem Leakageverhalten. Die extrem nachteiligen Auswirkungen von Masseverlusten durch hohe organische Anteile in Verbindung mit dem Kalzinationsverhalten bei Standardglimmer-Dichtwerkstoffen auf das Leakageverhalten unter Temperatur werden in **>>3** veranschaulicht. Im Gegensatz zu der auffälligen Leakageverschlechterung des Standardglimmer-Dichtwerkstoffs zeigt das auf einem hochwertigen Bindersystem in Kombination mit Streckmetall-Philosophie und Phlogopit-Glimmer beruhende System der novaMICA® THERMEX ein – besonders über die Einsatzzeit gesehen – stabiles Leakageverhalten auf dauerhaft niedrigem Niveau.



>>3: Leckageverhalten von Glimmer-Flachdichtungswerkstoffen bei 500 °C

(Fotos: Frenzelit-Werke GmbH & Co. KG/HS Public Relations GmbH)

Verarbeitungseigenschaften von Glimmer-Flachdichtungswerkstoffen

Neben dem funktionellen Anforderungsprofil an einen Dichtungswerkstoff nimmt die Verarbeitbarkeit sowie das Produkthandling insbesondere von Glimmer-Dichtwerkstoffen in der Praxis eine nicht zu unterschätzende Schlüsselstellung ein. Tatsächlich mussten bis dato diesbezüglich starke Abstriche hingenommen werden. Hinsichtlich der Verarbeitungseigenschaften zeigt novaMICA® THERMEX mit maximierter „innerer Festigkeit“ deutliche Vorteile gegenüber klassisch aufgebauten Glimmer-Lösungen.

Der Grundstein für die Verbesserung der „inneren Festigkeit“ wird bereits im ersten Verfahrensschritt der „Phlogopit-Glimmer-Plättchenherstellung“ (mechanische Festigkeit) gelegt und sukzessive über die Auswahl eines hochwertigen Bindersystems in Kombination mit der Streckmetall-Verstärkung weiter optimiert. Aus diesem Kombinationsprozess resultieren die guten Verarbeitungseigenschaften – übrigens mit allen auf dem Dichtungsmarkt üblichen Verarbeitungsmethodiken – dieses Phlogopit-Glimmer-Dichtwerkstoffs. Die Vorteile für den Verarbeiter liegen auf der Hand und zeigen sich in

der Möglichkeit, bestehende Standardverarbeitungstechnologien (Plottern, Wasserstrahlschneiden, Stanzen, Messer etc.) problemlos zu nutzen.

Fazit

Mit dem neuen Phlogopit-Glimmer Dichtwerkstoff gelingt sowohl ein Quantensprung im Erreichen von dauerhaft niedrigen Leckagen unter Temperatur als auch eine uneingeschränkte Eignung für Einsatztemperaturen bis zu 1.000 °C. Der Werkstoff bietet darüber hinaus eine einfache und zuverlässige Verarbeitbarkeit. Nicht nur die Verwendung absolut hochwertiger Einzelkomponenten, sondern auch die intelligente Kombination aus leistungsfähigem Phlogopit-Glimmer und einem hochwertigen Bindersystem führen zu dem Leistungssprung. Der Einsatz einer Edelstahleinlage aus Streckmetall trägt maßgeblich zu einem dauerhaft niedrigen Leckageverhalten bei und erlaubt darüber hinaus eine für Glimmer-Materialien bislang unerreichte Sicherheit in der Verarbeitung und Dichtungsherstellung.

Statische Dichtungen/Formteile



>> Dichtungskompetenz für die Industrie: Dichtungen von Frenzelit

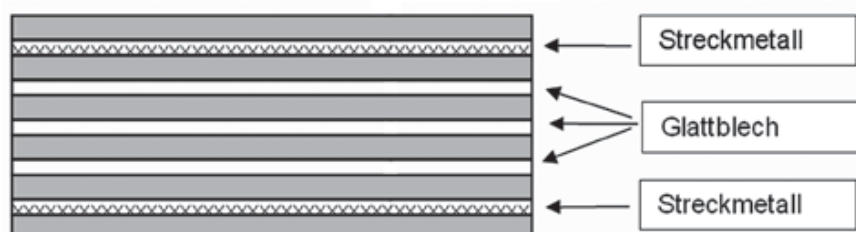
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Schmiedel

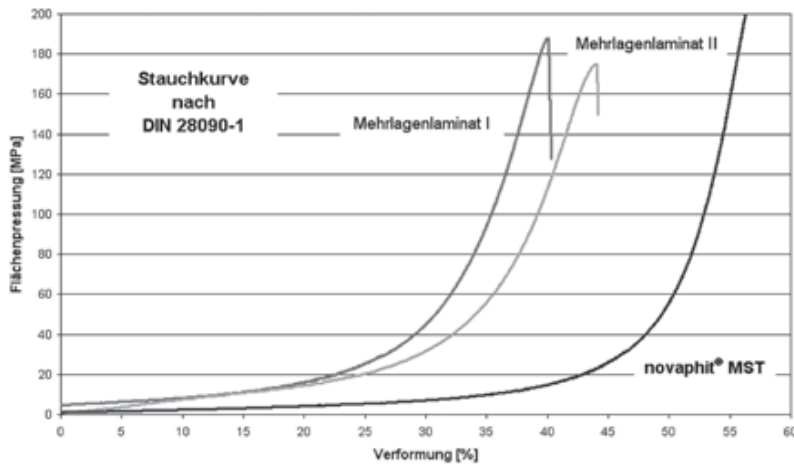
Mehr Leistung bei erhöhter Sicherheit

CHEMIE – Die Anforderungen steigen ständig. Was in Schule und Beruf heute nicht mehr wegzudiskutieren ist, gilt auch für die Dichtung. Neue Regelwerke setzen die Messlatte ständig höher. Als Beispiel sei hier nur die neue VDI-Richtlinie 2290 genannt, die dem Anwender viele wertvolle Auslegungshilfen bietet, gleichzeitig aber die Anforderung an Dichtsysteme nochmals deutlich anhebt. Es ist eine besondere Herausforderung für alle Dichtungshersteller, diesem Innovationsdruck standzuhalten und mit immer komplexeren Produktentwicklungen die permanent steigenden Marktbedürfnisse zu befriedigen. So entstehen immer wieder neue Materialkombinationen wie z.B. das Dichtungsmaterial novaphit® MST, von denen Mensch und Umwelt in hohem Maße profitieren können.

Das neue Dichtungsmaterial ist ein Mitglied der novaphit®-Produktfamilie. Zu dieser gehören grundsätzlich alle Materialien, welche auf Basis von expandiertem Graphit ohne weiteren Zusatz von Bindemitteln gefertigt werden. Betrachtet man den konstruktiven Aufbau exemplarisch an der 3,0 mm starken Dichtung, so zeichnet sich das neue Material durch fünf säurebeständige Edelstahlverstärkungen (1.4404) aus. Als jeweils äußerste Verstärkungseinlage kommt eine Streckmetalleinlage zum Einsatz. Auf diesem Weg wird die mechanische Festigkeit erheblich erhöht, ohne eine für die Anpassungsfähigkeit schädliche oder gar vollständige Trennung der äußeren Graphitlagen zu bewirken. Den Kern des Materials verstärken drei Glattblecheinlagen >>1. Aus diesem Multilayer-Aufbau resultiert eine hohe Temperatur- und Druckstabilität, kombiniert mit einer hohen Beständigkeit gegen aggressive Medien. Das Dichtungsmaterial erweitert den Einsatzbereich der novaphit-Familie

>>1: Schematischer
Aufbau der novaphit®
MST, Dicke 3 mm





>>2: Anpassungsfähigkeit verschiedener Mehrlagenlamine der Dicke 3 mm

im oberen Druck- und Flächenpressungssegment und ist damit für den Einsatz unter kritischsten Bedingungen prädestiniert.

Anpassungsfähigkeit versus Leckage

Dichtungsmaterialien aus expandiertem Graphit zeichnen sich insbesondere durch eine äußerst gute Anpassungsfähigkeit an raue oder fehlerhafte Flanschoberflächen aus. Dies ist auf ein großes freies Porenvolumen (sprich eine niedrige Dichte) im Graphitwerkstoff zurückzuführen. In einem Dichtungswerkstoff sind freie Poren jedoch gleichzeitig auch von Nachteil. Man kann sich leicht vorstellen, dass vor allem aus kleinen Molekülen bestehende abzudichtende Medien nur allzu gerne diesen freien Platz im Material als Leckagekanal nutzen und somit dem Innendruck innerhalb des Dichtsystems nachgeben. Leckage wird die Folge sein – und zwar umso mehr, je mehr Volumen durch die freien Poren für den Stofftransport zur Verfügung steht. Daher benötigen Graphitmaterialien im Allgemeinen besonders viel Flächenpressung, um „richtig dicht“ zu werden. Manche Hersteller gehen zu bereits vorverdichteten Lösungen über, um auch schon bei geringen Flächenpressungen eine akzeptable Dichtheit zu erhalten. Dies geht jedoch eindeutig zu Lasten der Anpassungsfähigkeit und nimmt der Graphitdichtung einen wichtigen Vorteil. Für den Entwickler ist dies ein klassischer Zielkonflikt. Einerseits will man bereits bei geringen Flächenpressungen eine niedrige Leckagerate erzielen, andererseits soll bei genau diesen geringen Flächenpressungen noch ein Maximum an Anpassungsfähigkeit bereitgestellt werden. Mit dem neuen Werkstoff kann man diesen Widerspruch aufheben. Verglichen mit marktbegleitenden Produkten weist das Dichtungsmaterial eine exzellente Anpassungsfähigkeit auf. Dies lässt sich in einem Stauchversuch [1] belegen. Dazu wird die Dichtung einer stetig steigenden Flächenpressung ausgesetzt und die Verformung konti-

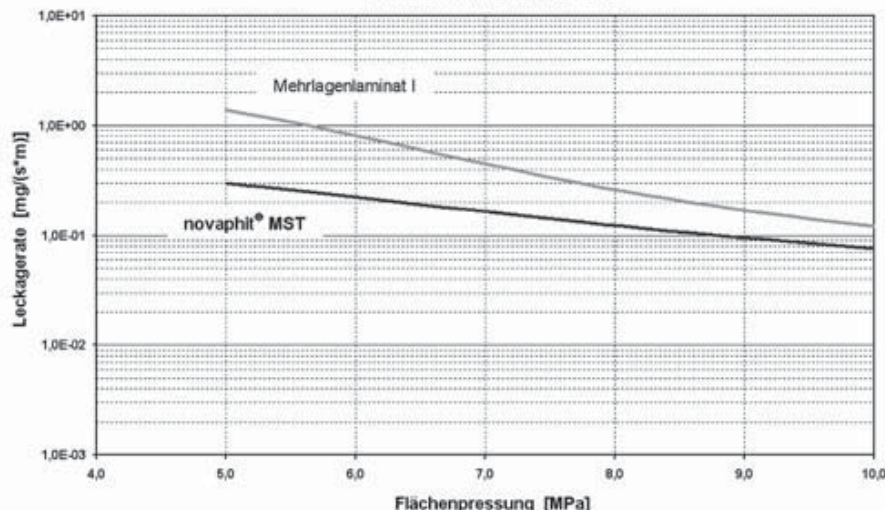
Material Dicke 3,0 mm	Verformung bei 20MPa	Zur Anpassung verfügbarer Setzbetrag 20 MPa
Mehrlagenlaminat I	23%	0,69 mm
Mehrlagenlaminat I	25%	0,75 mm
novavit MST	43%	1,35 mm

>>3: Darstellung der Anpassungsfähigkeit unterschiedlicher Mehrlagenlamine

nuerlich gemessen >>2. Bereits bei geringen Flächenpressungen unter 5 MPa zeigen sich erhebliche Unterschiede im Verformungsverhalten. Das Dichtungsmaterial weist ein deutlich stärkeres Setzvermögen auf als die anderen beiden getesteten Mehrlagenlamine. In >>3 sind die Setzbeträge beispielhaft für eine Einbaufächenpressung von 20 MPa aufgezeigt. Man kann deutlich erkennen, dass bei dem Dichtungsmaterial im Vergleich zu anderen Mehrlagenlaminen fast doppelt so viel Anpassungsvermögen zur Verfügung steht und dadurch deutlich größere Unzulänglichkeiten der Flanschoberflächen noch sicher ausgeglichen werden können. Insgesamt befindet sich die Fehlerverzeihlichkeit auf einem signifikant höheren Niveau. Diese Produkteigenschaft ist in der realen Anwendung, die nur selten aus absolut neuwertigen Flanschen besteht, ein Sicherheitsvorteil. Weiterhin zeigt >>2, dass das Dichtungsmaterial bis 200 MPa keinen Wegbrechpunkt aufweist, während man bei anderen Mehrlagenlaminen bei ca. 180 MPa ein deutliches Versagen detektiert.

Niedrige Flächenpressungen, niedrige Leckage

Welche Auswirkungen ergeben sich hinsichtlich dieser außergewöhnlichen Eigenschaften nun auf das Leckageverhalten unter den angesprochenen niedrigen Flächenpressungen? Um dies zu untersuchen, wurde ein Leckageversuch nach DIN EN 13555 [2] bei 40 bar Innendruck mit Helium durchgeführt. Als Vergleich dient ein weiteres TA Luft-konformes Mehrlagenlaminat. Der Fokus wurde dabei auf den oben dargestellten unteren Flächenpressungsbereich gelegt. Bei 5 MPa Flächenpressung zeigt das Dichtungsmaterial bereits eine um eine halbe Zehnerpotenz günstigere Leckage als das Vergleichsprodukt >>4. Natürlich sind derart geringe Flächenpressungen in der Praxis unbedingt zu vermeiden. Dennoch gibt es gerade im Apparatebau immer wieder Fälle, in denen die notwendige Flächenpressung nicht zu erreichen ist. Des Weiteren sind auch fehlerhafte Flanschoberflächen, z.B. Welligkeiten in großen Flanschsystemen, immer wieder Ursache partiell stark reduzierter Flächenpressung. In diesen Bereichen kann der neue Werkstoff seine höhere Leistungsfähigkeit zur Geltung bringen.



>>4: Leckageverhalten von TA Luft-konformen Mehrlagenlaminaten, Dicke 3 mm

Das Konstruktionsprinzip des Dichtungsmaterials

Bei Graphitwerkstoffen handelt es sich naturgemäß um ein poröses Material. Die Poren bilden dabei innerhalb des Graphitwerkstoffes ein heterogenes Netz aus vielen Kanälen und Hohlräumen, welche zum großen Teil miteinander verbunden sind **>>5**. Vor allem ein kleines Gasmolekül wird immer einen Weg durch das Gefüge finden. Je mehr Poren vorhanden sind, umso mehr Möglichkeiten ergeben sich und desto höher wird die Wahrscheinlichkeit eines schnellen Durchtritts. Eine Möglichkeit, das Porenvolumen im Material wirksam einzudämmen, besteht darin, die Poren durch ein anderes Material zu füllen. Dieses Imprägnieren mit oft organischen Mitteln hat jedoch viele Nachteile. Zum Einen reduziert das Füllen der Poren mit organischen Imprägnierungen die Anpassungsfähigkeit, zum Anderen ergeben sich dadurch auch negative Auswirkungen auf die mechanische Temperaturstabilität. Bei dem neuen Dichtungsmaterial geht man einen neuen Weg und entwickelte ein eigenes Verfahren zur Weiterveredelung von Graphitfolien. Diese neuartige Technologie, die hier erstmalig zum Einsatz kommt, beruht auf dem Prinzip der Kapselung der Graphitporen, wodurch den Gasmolekülen der Weg durch das Gefüge verwehrt bzw. deutlich erschwert wird **>>6**. Das Verfahren hat viele Vorteile: Die Menge an Imprägniermittel, die zur Kapselung der Poren benötigt wird, ist deutlich geringer als bei herkömmlichen Imprägnierungen. Weiterhin ergeben sich so gut wie keine negativen Auswirkungen auf die mechanische Stabilität des Werkstoffes, weder unter Raum- noch unter erhöhter Temperatur. Die damit erzielte Leckageverbesserung ist dennoch erheblich, wie das Vergleichsdiagramm **>>4** belegt.



Das Online-Fachbuch *www.fachwissen-dichtungstechnik.de* erläutert in 24 Fachkapiteln ausführlich die physikalischen Vorgänge und die technologischen Überlegungen für die Gestaltung und den Betriebseinsatz von Dichtungen und Dichtsystemen.

Autoren: Prof. Dr.-Ing. Heinz K. Müller, IMA, Universität Stuttgart, Dr. Bernard S. Nau, British Hydromech. Research Group, BHRG.

INHALT

Allgemeine Grundlagen

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Grundbegriffe der Dichtungstechnik | 13. Gleitringdichtungen: Gestaltung |
| 2. Polymerwerkstoffe | 14. Gleitringdichtungen: Werkstoffe |
| 3. O-Ring: Theorie und Praxis | 15. Kolbenringe f. Mot. u. Verdichter |
| 4. Fluidströmung im engen Dichtspalt | 16. Drosseldichtungen f. Flüssigkeiten |

Abdichtung bewegter Maschinenteile

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 5. Hydraulikdichtungen | 17. Drosseldichtungen für Gase |
| 6. Pneumatikdichtungen | 18. Gewinde-Wellendichtungen |
| 7. Abstreifer | 19. Zentrifugal-Wellendichtungen |
| 8. Wellendichtringe ohne Überdruck | 20. Magnetflüssigkeits-Dichtungen |
| 9. Wellendichtringe mit Überdruck | 21. Membran- u. Faltenbalgdichtungen |
| 10. Fanglabyrinth-Dichtungen | |
| 11. Stopfbuchs-Packungen | |
| 12. Gleitringdichtungen: Grundlagen | |

Abdichtung ruhender Maschinenteile

- | |
|---------------------------------------|
| 22. Flanschabdichtung: Grundlagen |
| 23. Flanschdichtungen: Bauformen |
| 24. Stat. Dichtungen: Sonderbauformen |

www.fachwissen-dichtungstechnik.de wird von namhaften Sponsoren unterstützt. Das umfangreiche Fachwissen der Autoren steht dem individuellen Nutzer unentgeltlich zur Verfügung. Jedes Kapitel kann als PDF-File heruntergeladen werden. Das Online-Fachbuch wendet sich an alle, die ihre Kenntnisse über Dichtungen und Dichtprobleme vertiefen wollen, an Konstrukteure, Entwicklungs- und Betriebsingenieure, Mitarbeiter in Kundendienst und Marketing sowie Studierende der technischen Fachbereiche.

Das Interesse der Fachwelt an fundierten Informationen zu Themen der Dichtungstechnik ist unvermindert groß. Die Website *www.fachwissen-dichtungstechnik.de* verzeichnet seit ihrem Erscheinen im Internet nun (Anfang September 2009) mehr als 300.000 individuelle Besucher.

Das in *www.fachwissen-dichtungstechnik.de* vermittelte Wissen kann den notwendigen Kontakt zwischen Dichtungsherstellern und Anwendern nicht ersetzen, aber es kann dabei helfen, bei Dichtproblemen das Wesentliche zu erkennen, zweckmäßige Fragen zu stellen und einen Weg zu brauchbaren Antworten zu finden.



>>5: Offene Graphitporen



>>6: Gekapselte Graphitporen

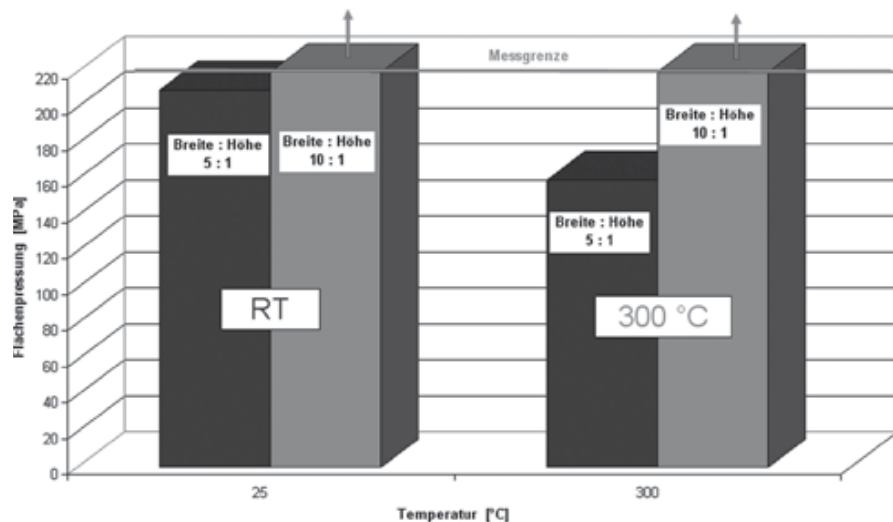
Mechanische Belastbarkeit

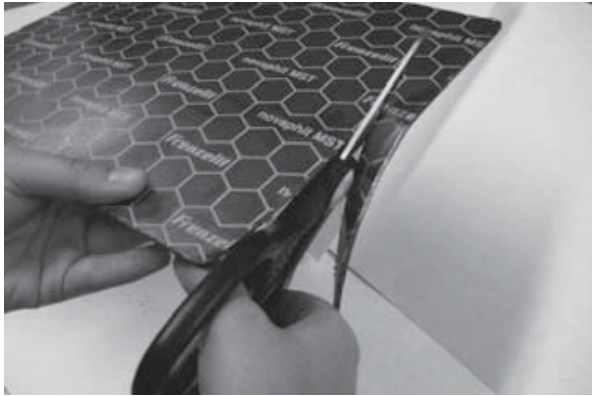
Die herausragende mechanische Stabilität zeigt sich klar im Stauchversuch. Hier wird das Material mit sukzessiv steigender Flächenpressung belastet, bis ein Versagen auftritt >>7. Bei einem Breiten-Höhen-Verhältnis von 10:1 zeigt sich weder bei Raumtemperatur noch bei 300 °C ein Versagen. Der Zerstörungspunkt liegt über der Prüfstandskapazität. Lediglich bei einem deutlich ungünstigeren Breiten-Höhen-Verhältnis von 5:1 kann überhaupt ein Versagenspunkt ermittelt werden. Doch auch bei einer Temperatur von 300 °C liegt dieser mit über 150 MPa noch deutlich über den in der Praxis üblichen Verpressungen.

Verarbeitbarkeit

Die Stärken des neuen Dichtungsmaterials liegen nicht nur in den technischen Eigenschaften. Auch die Verarbeitbarkeit des Materials ist einfach und unkompliziert. So kann das Material problemlos geplottert, gestanzt oder mittels Wasserstrahl geschnitten werden. Der wirkliche Vorteil zeigt sich dem Anwender jedoch in der immer wieder notwendigen Handkonfektionierung. Hier kann das Material mit allen üblichen Werkzeugen verarbeitet werden. Sogar mit einer Schere kann es einfach geschnitten werden >>8. Für die Herstellung des Materials finden nur sorgfältig ausgewählte Rohstoffe Verwendung. So wird das Oxidationsverhalten der Graphitfolie stets vor der Verarbeitung geprüft und muss hohen internen Anforderungen, die wesentlich

>>7: Maximal mögliche Flächenpressung des Dichtungsmaterials





>>8: Hohe Verarbeitbarkeit - auch per Handzuschchnitt (Fotos: Frenzelit-Werke GmbH & Co. KG/ HS Public Relations GmbH)

hen ebenfalls zur Verfügung. Weiterhin liegen alle notwendigen Zulassungen vor, beispielsweise TA Luft.

Fazit

Das neue Dichtungsmaterial vereint sämtliche Vorteile der verschiedenen bestehenden Graphitlösungen in sich. Ob in den maximal möglichen Druck-, Temperatur- oder Flächenpressungsbelastungen, in der niedrigen Leckage-rate oder auch in der guten Verarbeitbarkeit – in jedem Fall weist das neue Dichtungsmaterial Bestnoten auf. Dies gibt dem Betreiber ein Höchstmaß an Sicherheit und Verlässlichkeit beim Einsatz auch in den kritischsten Anwendungen.

Literatur:

[1] **DIN 28090-1: Statische Dichtungen für Flanschverbindungen, Teil 1 Dichtungskennwerte und Prüfverfahren, Ausgabe Sept. 1995.**

[2] **DIN EN 13555: Flansche und ihre Verbindungen – Dichtungskennwerte und Prüfverfahren für die Anwendung der Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtungen, Ausgabe Feb. 2005.**

[3] **DIN 14772: Flansche und ihre Verbindungen – Qualitätssicherungsprüfung und Prüfung von Dichtungen nach den Normen der Reihen EN 1514 und EN 12560, Ausgabe April 2005.**

[4] **AREVA KS D 2021 / 50 Rev. D, Anhang D: Dichtungen und Packungen, Sept. 2006.**

strenger als die genormten Grenzwerte [3] liegen, genügen.

Mit einer Reinheit von mindestens 99,5% und äußerst geringen Halogengehalten entspricht das Material den hohen Anforderungen nach der AREVA Komponentenspezifikation D 2021/50 Rev. D [4] und ist damit für die Verwendung in kerntechnischen Anlagen geeignet. Die notwendigen Dichtungskennwerte nach allen gängigen Normen stehen ebenfalls zur Verfügung.