

STOPFBUCHSPACKUNGEN

Technisches Handbuch

4. Auflage

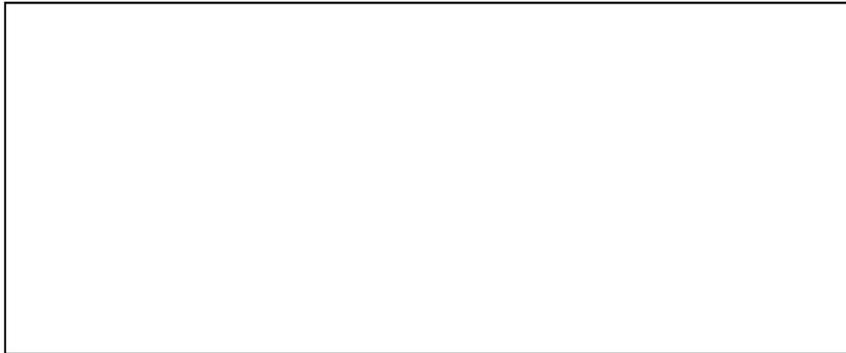


STOPFBUCHSPACKUNGEN

Technisches Handbuch

4. Auflage

Dieses Handbuch wurde überreicht durch:



© Copyright 2020

European Sealing Association. Alle Rechte vorbehalten. Ohne die vorherige schriftliche Zustimmung der ESA ist kein Nachdruck oder keine Vervielfältigung dieses Dokuments gestattet.

Herausgegeben von
FLUID SEALING ASSOCIATION

994 Old Eagle School Road, Suite 1019
Wayne, PA 19087
USA

www.fluidsealing.com

Telephone: 610-971-4850

Fax: 610-971-4859

und der

EUROPEAN SEALING ASSOCIATION

152, Route des Cottet
Le Biot

France, 74430

www.europansealing.com

Tel +33 (0) 631 941 600

Danksagung

Die FSA und die ESA freuen sich, die Zusammenarbeit ihrer Mitgliedsunternehmen bei der Erstellung dieses Dokuments anzuerkennen. Ohne ihre Unterstützung wäre dieses Dokument nicht möglich gewesen. Zu den Personen, die einen besonders wichtigen Beitrag zu dieser Veröffentlichung geleistet haben, gehören:

Carl Jones	W.L. Gore & Associates, Inc.
Phil Mahoney	A.W. Chesterton Co.
Ron Frisard	A.W. Chesterton Co.
Hans Dekker	A.W. Chesterton Co.
Greg Raty	Slade, Inc.
Jim Drago	Garlock Sealing Technologies
Chris Boss	Garlock Sealing Technologies
Larry Sheffield	YMT/Inertech, Inc.
Linda Finnegan	New England Braiding
Ralf Vogel	Burgmann Packings Ltd.
Henri Azibert	FSA
David Edwin Scott	ESA
David Mitchell	ESA

Die ESA bedankt sich auch bei den folgenden Personen für die Mitarbeit an der deutschen Übersetzung des englischen Originaldokuments:

Manuel Seyrl	Lenzing Plastics GmbH
Ralf Vogel	ESA
Florian Werner	Teadit Deutschland GmbH

INHALTSVERZEICHNIS

Definition und Verwendung von Stopfbuchspackungen	7
Wie Stopfbuchspackungen funktionieren	9
Fortschritte bei Stopfbuchspackungen	11
Ausführungen von Stopfbuchspackungen	12
Herstellungsverfahren	20
Packungsmaterialien und Imprägniermittel	26
Vorgehensweise zur Auswahl der richtigen Packung	43
Packungen für Armaturen	50
Typen von Armaturenpackungen	50
Einsatzempfehlungen für Armaturenpackungen	53
Montage- und Einbauanleitung für Armaturenpackungen	58
Packungen für Pumpen	63
Typen von Pumpenpackungen	63
Einsatzempfehlungen für Pumpenpackungen	63
Montage- und Einbauanleitung für Pumpenpackungen	68
Packungen für Spezialanwendungen	75
Typen von Packungen für Spezialanwendungen	75
Einsatzempfehlungen für Packungen für Spezialanwendungen	75
Montage- und Einbauanleitung für Packungen in Spezialanwendungen	81
Technische Referenzen	81
Stopfbuchskonstruktion und Spannungsverteilung	81
Richtlinien für Stopfbuchsabmessungen	83
Umweltkontrollen	87
Stopfbuchspackungen und Gleitringdichtungen	91
Reibverhalten an der Armaturenschindel	93
Mechanische Packungsparameter	93
Leckageraten	96
Energieverbrauch von Pumpenpackungen	99
Bestimmung der Stopfbuchsabmessung	101
Brillenbefederung	102
BVT* zur Begrenzung der Emissionen von Armaturen, Pumpen und Spezialanwendungen	105
Fehlerursachen bei Versagen	107

*Beste verfügbare Techniken

Normen, Vorschriften und Umweltgesetzgebung	109
Fachbegriffe	115
Referenzen	124

VORWORT

Dieses Handbuch wurde von den Mitgliedern der Abteilung für Packungen der FLUID SEALING ASSOCIATION und der EUROPEAN SEALING ASSOCIATION erstellt und enthält Informationen zu Stopfbuchspackungen und deren Komponenten sowie zur richtigen Auswahl und zu Anwendungsmöglichkeiten. Die in diesem Handbuch enthaltenen Empfehlungen sind aus der Zusammenarbeit der Mitglieds- und assoziierten Mitgliedsfirmen dieser Abteilungen entstanden, die das Material und das technische Personal zum Abschluss der Arbeit zur Verfügung gestellt haben. Diese Firmen sind etablierte und angesehene Packungshersteller, die qualitativ hochwertige Packungen mithilfe von modernsten Herstellungsverfahren produzieren.

Das Handbuch soll eine hilfreiche Referenz für alle Personen sein, die mit Stopfbuchspackungen zu tun haben, angefangen von der Herstellung der Fasern, über bestimmte Packungskonstruktionen bis zum Einsatz in spezifischen Anwendungen. Diese Informationen umfassen nicht nur die Verwendung von Packungen sondern auch die Beschreibung der einzelnen Bestandteile und der verschiedenen Fertigungsverfahren.

Die beschriebenen Verfahren basieren im Wesentlichen auf generell bewährten Erfahrungswerten. Beim Einsatz von Stopfbuchspackungen bestimmen aber auch der Zustand der Anwendung, der Einbau und die Wartung die Qualität der Abdichtung und die Lebensdauer. Deshalb können die Vereinigungen und deren Mitglieder keine Verantwortung für Ausfälle oder Schäden übernehmen, die aus Empfehlungen oder Vorschlägen aus diesem Handbuch resultieren.

Es bestehen auch große Unterschiede in der Qualität der Materialien und dem Aufbau von Stopfbuchspackungen. Die Mitglieder dieser Verbände halten sich an ein hohes Qualitätsniveau, sie können jedoch nicht für andere Hersteller garantieren. Das Aussehen allein genügt nicht, um über die Leistungsfähigkeit einer Packung zu entscheiden. Die Einhaltung von Industriestandards und ein Fokus auf Lebensdauerkosten der Dichtung sind hervorzuheben.

Die FSA-ESA oder einzelne Mitglieder übernehmen keine Garantie für die Richtigkeit, Relevanz, Angemessenheit, Aktualität oder Vollständigkeit der hierin enthaltenen Daten und Informationen. Es wird ausschließlich "wie es ist" dargestellt. Weiterhin schliessen die FSA-ESA oder einzelne Mitglieder alle direkten, indirekten oder zufälligen Schäden und Strafschadenersatz aus, ob vorhersehbar oder nicht, und ob bekannt oder nicht.

Die FLUID SEALING ASSOCIATION (FSA) wurde 1933 gegründet und ist ein internationaler Handelsverband. Die Mitgliedsfirmen beschäftigen sich mit der Produktion und Vermarktung von fast allen Arten von Dichtungsmaterialien weltweit. FSA-Mitglieder sind hauptsächlich Firmen aus Nordamerika; einige Mitglieder sind jedoch auch aus Europa und Zentral- bzw. Südamerika. FSA-Mitglieder produzieren fast 90 % der Dichtungsmaterialien im NAFTA-Markt.

Die EUROPEAN SEALING ASSOCIATION (ESA) wurde 1992 gegründet und ist eine europaweite Organisation, die einen Großteil der Dichtungsindustrie in Europa vertritt. Mitgliedsfirmen sind in der Fertigung, dem Handel und der Anwendung von Dichtungsmaterialien involviert, die in allen Bereichen der allgemeinen Industrie für die sichere Abdichtung von Flüssigkeiten und Gasen während der Produktion und Anwendung eingesetzt werden.

Sie finden eine aktuelle Liste der FSA- und ESA-Mitglieder sowie Antworten zu technischen Fragen hinsichtlich dieses Handbuchs auf folgenden Webseiten. Dort können Sie auch Anmerkungen zum Handbuch hinterlassen:

Fluid Sealing Association
www.fluidsealing.com

European Sealing Association
www.europeansealing.com

Eine Vervielfältigung ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Fluid Sealing Association oder European Sealing Association erlaubt.

DEFINITION UND VERWENDUNG VON STOPFBUCHSPACKUNGEN

Die Verhinderung von Flüssigkeitsverlusten ist entscheidend für den erfolgreichen Betrieb von Anlagen, die beim Fördern von Flüssigkeiten eingesetzt werden. Für die Verhinderung von Leckagen an Wellen, Stangen oder Armaturspindeln und anderen Funktionsteilen von Geräten, die Flüssigkeiten und Gase beinhalten, werden unterschiedliche Methoden eingesetzt.

Die älteste und immer noch am häufigsten eingesetzte Dichtung ist die Stopfbuchspackung, deren Name sich von der Art und Weise zu dichten ableitet. Stopfbuchspackungen werden aus relativ weichen, geschmeidigen Materialien hergestellt und bestehen aus einer Anzahl von Ringen, die in den ringförmigen Sitz (Stopfbuchse) zwischen dem rotierenden oder sich hin- und herbewegenden Teil und dem Gehäuse der Pumpe oder des Ventils eingebaut werden (siehe Abb. 1).

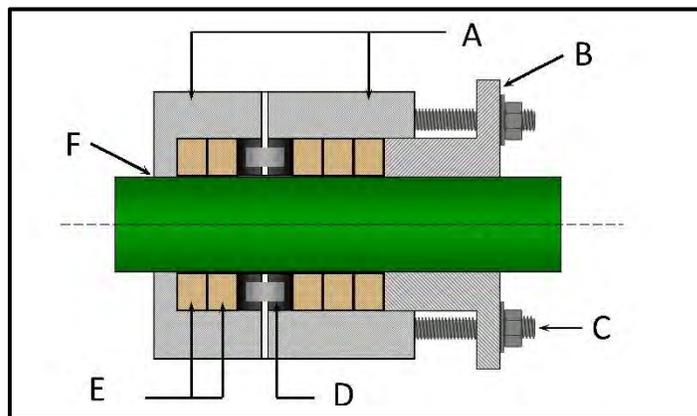


Abbildung 1: Allgemeine Stopfbuchsanordnung

- A: Stopfbuchse
- B: Brille
- C: Brillenbolzen und Muttern
- D: Laternenring
- E: Packung
- F: Stopfbuchsgrund

Durch Anziehen der flanschförmigen Stopfbuchsbrille gegen den äußersten Ring wird die Kraft auf das Stopfbuchspaket übertragen. Dadurch werden die Ringe radial gegen die Fläche der Stopfbuchse und gegen das sich hin- und herbewegende oder rotierende Teil ausgedehnt, was den Dichtungseffekt erzeugt.

Stopfbuchspackungen sind die am häufigsten verwendeten Dichtungen für die Verhinderung von Flüssigkeitsverlusten in Anlagen.

Stopfbuchspackungen werden in großem Umfang in der Prozessindustrie (z. B. Petrochemie, Pharma, Chemie, Papier & Zellstoff, Stahlwerken) und der Serviceindustrie (z. B. Energieversorgung, Schiffsbau, Wasser, Abwasser, Lebensmittel, mit fossilen Brennstoffen befeuerte Kraftwerke und Kernkraftwerke) eingesetzt.

Sie dichten alle Arten von Flüssigkeiten, einschließlich Wasser, Dampf, Säuren, Ätzmittel, Lösungsmittel, Gase, Öl, Benzin und andere Chemikalien über einen großen Temperatur- und Druckbereich ab.

Stopfbuchspackungen werden in Mischern, Rührwerken, Trocknern, Ventilen, Kompensatoren, Rußbläsern, Drehkolbenpumpen, Kreiselpumpen, Hubkolbenpumpen und vielen anderen Arten mechanischer Geräte eingesetzt.

Stopfbuchspackungen dichten alle Flüssigkeitsarten in Armaturen, Pumpen und anderen Anwendungen in der Prozess- und Serviceindustrie ab.

WIE STOPFBUCHSPACKUNGEN FUNKTIONIEREN

Die ordnungsgemäße Funktion von Stopfbuchspackungen beim Dreh- oder Hubkolbenpumpenbetrieb hängt normalerweise von einem Flüssigkeitsfilm zur Schmierung zwischen der Oberfläche der bewegten Komponente der Geräte und der Stopfbuchspackung ab. Quellen dieses Schmierfilms können entweder die Selbstschmierungseigenschaften von fortschrittlichen Packungsmaterialien, die Leckage der geförderten Flüssigkeit, in die Packung eingebrachte Schmierstoffe in flüssiger oder fester Form sowie eine Kombination daraus oder eine externe Schmierstoffversorgung sein.

Bei der Inbetriebnahme der Ausrüstung werden in die Stopfbuchspackungen eingebrachte Schmierstoffe durch die Brillenspannung freigesetzt und liefern damit eine Erstschnierung und -dichtung. Während des Betriebs wird die kontinuierliche Schmierung durch den Flüssigkeitsfilm über die weitere Anpassung der Brillenspannung sowie die Kombination der folgenden Faktoren erreicht: die eingebrachten Schmierstoffe, das Packungsmaterial, die geförderte Betriebsflüssigkeit oder die externe Schmierstoffversorgung. Wenn die geförderte Flüssigkeit nicht durch die Packungsringe austreten darf, müssen das Packungsmaterial oder die eingebrachten Schmierstoffe den Durchfluss verhindern. Wenn eine Pumpe Vakuum anzieht, können externe Mittel zur Schmierung eingesetzt werden, wie beispielsweise ein Laternenring (Dichtungskäfig) (siehe Abb. 2). Bei positiver Druckkonfiguration siehe Abb. 3.

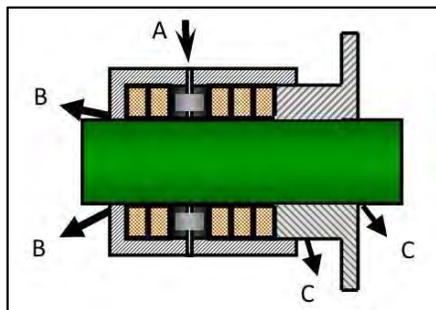


Abbildung 2: Laternenringausführung

A: Flüssigkeitseinlass verbunden mit Pumpenauslass oder externer Quelle
B: Leckage in die Pumpe
C: Externe Leckage

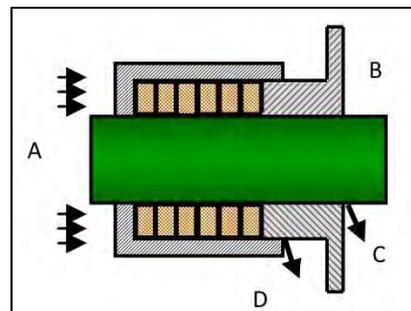


Abbildung 3: Positive Druckausführung

A: Positiver Flüssigkeitsdruck
B: Atmosphärendruck
C: Wellenleckage
D: Gehäuseleckage

Die Brillenspannung wird reguliert, um eine optimale Schmierung der Dichtung zu erreichen und dem Überhitzen und damit Folgeschäden an Welle oder Kolbenstange vorzubeugen. Die eingebrachten Schmierstoffe, die sich während des Betriebs der Ausrüstung langsam verbrauchen, werden durch das weitere Anziehen der Brille kompensiert. Bei einem federvorgespannten Packungssystem drückt die Stopfbuchsbrille kontinuierlich gegen die Stopfbuchspackung, auch dann, wenn durch Reibung, Extrusion, Verdichtung usw. Packungsvolumen verloren geht. Die effektive Lebensdauer der Packung ist erreicht, wenn durch Nachziehen der Brillenschrauben keine Reduzierung der Leckage erfolgt. Wenn die Packungsdichte aufgrund von Verfestigung und / oder Extrusion der Packung zunimmt führt dies häufig zu Volumenverlusten, die nicht mehr ausgeglichen werden können, da die Stopfbuchsbrille sich nicht mehr Nachziehen lässt oder die Leckage nicht mehr auf das Nachstellen reagiert.

Stopfbuchspackungen in Ventilen, die im langsamen, unregelmäßigen oder quasi-statischen Betrieb arbeiten, müssen ohne Leckage abdichten. Zur Erfüllung dieser Funktion können unterschiedliche Imprägniermittel eingesetzt werden. Einige Stopfbuchspackungen besitzen stabile Schmierstoffe, die nicht abwandern, für den Einsatz bei extremen Drücken oder Temperaturen. Im Kapitel *Packungsmaterialien und Imprägniermittel* finden Sie eine Beschreibung der Schmierstoffe und Imprägniermittel.

Den erforderlichen Schmierfilm zwischen der Stopfbuchspackung und der bewegten Komponente bildet ein Gleitmittel in den Stopfbuchspackungen oder eine kleine Leckage der geförderten Flüssigkeit bzw. ein externes Gleitmittel.

FORTSCHRITTE BEI STOPFBUCHSPACKUNGEN

Durch die Fortschritte in der Materialtechnologie, einschliesslich bei Fasern und Schmierstoffen, bleiben Stopfbuchspackungen eine praktikable Lösung für einen grossen Bereich moderner Dichtungsanwendungen. Diese Fortschritte haben Stopfbuchspackungen die nachfolgenden bemerkenswerten Eigenschaften verliehen:

- Hochdruck- und Vakuumeigenschaften
- Hoch- und Niedertemperatureigenschaften (kryogen)
- Chemische Beständigkeit in einem grossen Bereich
- Geringerer Abrieb an Berührungsflächen
- Verbesserte Formstabilität in Ring- oder Geflechtform
- Verbesserte Dichtungseigenschaften
- Verbesserte Verschleißfestigkeit

Die Zeiten der fettigen Schnüre oder Bündel faserigen Abfalls sind vorbei. Stopfbuchspackungen bestehen heute aus fortschrittlichen, hochmodernen Materialien, die flüchtige Emissionen an Ventilen und abrasive oder zähviskose Flüssigkeiten in Pumpen abdichten können, wenn sie zusammen mit Sperrflüssigkeiten oder Spültechniken eingesetzt werden. Neue, einspritzbare Stopfbuchspackungen können zur Abdichtung von Ausrüstung im Dauerbetrieb eingesetzt werden.

Für Anwendungen mit extremen Betriebsbedingungen wurden moderne Hochleistungs-Stopfbuchspackungen entwickelt. Zum Beispiel werden für Anwendungen mit hohen Drehzahlen ohne oder mit geringen Schmierstoffen eine ganze Reihe neuer Stopfbuchsmaterialien eingesetzt, die Wärme ableiten. Falls gewünscht, stehen auch weiterentwickelte Schmierstoffe zur Verfügung. Im Kapitel *Packungsmaterialien und Imprägniermittel* finden Sie eine Beschreibung der Schmierstoffe.

Fortschritte bei der Faser- und Schmierstofftechnologie haben bei Stopfbuchspackungen Verbesserungen in einem grossen Bereich moderner Anwendungen ermöglicht.

Moderne Hochleistungs-Stopfbuchspackungen mit Leistungsmerkmalen, die mit den Eigenschaften von Gleitringdichtungen vergleichbar sind, können zu erheblichen Kosteneinsparungen führen. Voraussetzung ist, dass die Materialien für jede spezielle Dichtungsanwendung ordnungsgemäss eingesetzt werden. Mögliche Einsparungen sind unter anderem:

- Zeitersparnis durch einfache Installation
- Einsparungen bei Geräten im Dauerbetrieb, falls die Welle sich axial bewegt
- Einsparungen bei den Dichtungen aufgrund längerer Lebensdauer bei sandigen bzw. zähviskosen Medien oder Druckwechseln im Medium und/oder der Spülung
- Einsparungen bei den Betriebskosten durch reduzierte Reibung und Energieverbrauch

Da Stopfbuchspackung speziell entwickelt werden, um für jede Anwendung einen grossen Dichtungsbereich abzudecken, können sie mit einem grossen Spektrum an Konfigurationen, Materialien und Abmessungen geliefert werden.

Beim Einsatz fortschrittlicher Stopfbuchsmaterialien in Hochgeschwindigkeitsanwendungen wird kein oder nur noch sehr wenig Schmierstoff benötigt.

AUSFÜHRUNGEN VON STOPFBUCHSPACKUNGEN

Stopfbuchspackungen werden aus einer großen Anzahl unterschiedlicher Materialien in verschiedenen Formen, Abmessungen und Bauformen hergestellt. Im Folgenden wird eine Beschreibung der häufigsten Bauformen mit ihren Vorteilen gegeben:

Bei der Qualität der Materialien und der Bauform von Stopfbuchspackungen gibt es Unterschiede, deshalb sind die Einhaltung von Industriestandards und der Fokus auf Lebenszykluskosten sehr wichtig.

Das quadratische Geflecht wird erzeugt, indem Garne, Vorgarne, Bänder und weitere verschiedene Materialien entweder alleine oder kombiniert auf Einrichtungen verarbeitet werden, bei denen die Fäden oberhalb und unterhalb der Fäden verlaufen, die in die gleiche Richtung laufen. Die auf diese Weise erzeugten Stopfbuchspackungen werden normalerweise mit einem quadratischen Querschnitt geliefert, mit dieser Methode können allerdings auch rechteckige Querschnitte geflochten werden. Die quadratisch geflochtenen Stopfbuchspackungen, die normalerweise weich und elastisch sind und eine große Menge Schmierstoff aufnehmen können, werden meist für Anwendungen mit hohen Drehzahlen und relativ niedrigem Druck eingesetzt. Durch ihre Geschmeidigkeit sind diese Stopfbuchspackungen auch in alter oder abgenutzter Ausrüstung einsetzbar.

Diese Flechtart wird vor allem für die Herstellung von kleineren quadratischen Stopfbuchspackungen mit einem Querschnitt von bis zu 6 mm (1/4") eingesetzt. Dieses zweibahnige, quadratische Geflecht führt bei größeren Abmessungen zu gröberen Stopfbuchspackungen. Acht Flechtgarne werden um 4 Eckfäden zu einer zweibahnigen Flechtung gesponnen (siehe Abb. 4). Die Flechtfäden verlaufen diagonal durch die Stopfbuchspackung, sodass auch bei Beschädigung eines Fadens das Geflecht nicht zerfällt. Die Eckfäden sorgen für die Stabilität der Stopfbuchspackung. Das Zopfgeflecht ist sehr elastisch und einfach zu fertigen.

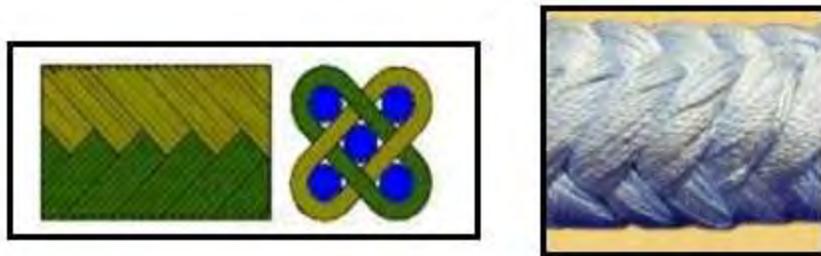


Abbildung 4: Quadratisches Geflecht mit zweibahniger Struktur

Das Diagonalgeflecht bzw. die Kreuzflechtung ist auch unter dem geschützten Namen Lattice® Braid bekannt. Es wird geformt, indem Garne, Vorgarne und Bänder und weitere verschiedene Materialien entweder alleine oder kombiniert auf Geräten verarbeitet werden, bei denen die Fäden kreuz und quer von der Oberfläche diagonal durch den Körper der Stopfbuchspackung verlaufen. Jeder Faden wird kräftig von anderen Fäden eingeschlossen, womit eine solide, homogene Struktur erzeugt wird, die im Betrieb nicht aufgetrennt oder zerfallen kann. Es wird keine Umhüllung benötigt und die Geflechtzöpfe lockern sich nicht. Diagonalgeflecht-Stopfbuchspackungen besitzen eine durchgängige und gleichmäßige Verteilung der Garndichte und liefern eine bessere Schmierstoffrückhaltung. Die endgültige Stopfbuchspackung ist relativ dicht, aber flexibel.

Diagonalgeflecht-Stopfbuchspackungen sind für die Anwendung in Rührwerken, Ventilen, Kompensatoren, Kolben- und Kreiselpumpen sowie für Ofentüren oder statische Abdichtungen geeignet. Für größere Stopfbuchspackungsquerschnitte werden dreibahnige (siehe Abb. 5) oder vierbahnige (siehe Abb. 6) Geflechte verwendet. Der Name Diagonalgeflecht kommt von den diagonalen Bahnen, die von den zusätzlichen Garnbändern erzeugt werden. Für ein dreibahniges Geflecht werden im Allgemeinen Flechtmaschinen mit 12 bis 18 Klöppeln für die Herstellung von Stopfbuchspackungen mit Querschnitten zwischen 5 und 12 mm (3/16" und 1/2") eingesetzt. Stopfbuchspackungen mit Querschnitten von 10 bis 80 mm (3/8" bis 3") werden normalerweise auf vierbahnigen Flechtmaschinen mit 24, 32 oder mehr Klöppeln hergestellt.

Das Diagonalgeflecht wird auch als Kreuzflechtung bezeichnet.

Durch die Verwendung einer größeren Anzahl von Klöppeln können bei größeren Packungsabmessungen feinere Oberflächenstrukturen erzielt werden, die einen besseren Kontakt zwischen der Stopfbuchspackung, der Welle und dem Gehäuse gewährleisten. Durch die Verwendung dünnerer Garne kann ein wesentlich dichteres Geflecht erzeugt werden, das Imprägniermittel besser zurückhält und Leckagewege minimiert.

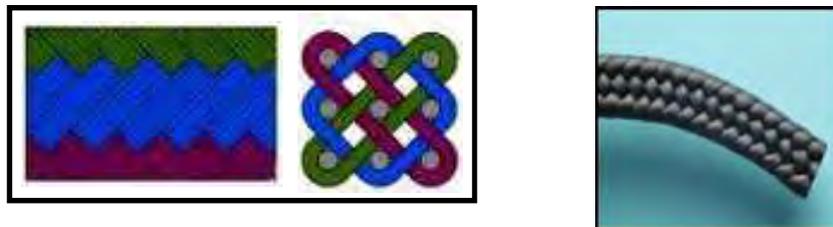


Abbildung 5: Diagonale 3-dimensionale Struktur

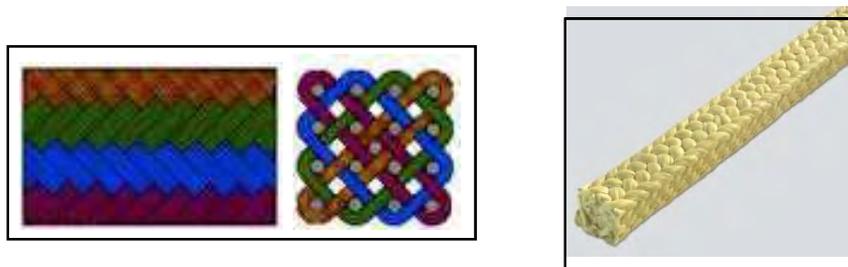


Abbildung 6: Diagonale 4-dimensionale Struktur

Bei kantenverstärktem Diagonalgeflecht (siehe Abb. 7), sind die Fasern in den Ecken verstärkt, was auf zwei Arten erzielt werden kann. Bei der ersten Methode wird eine längs verlaufende Faser in jeder Ecke der Stopfbuchspackung eingebracht. Die Umhüllung wird um diese Eckfäden herumgeflecht, was die Zugfestigkeit in jeder Ecke erhöht. Bei der zweiten Art, auch als Überkreuzspur bezeichnet, kommt eine dickere Faser zum Einsatz, die nur in den Ecken der Stopfbuchspackung eingeflochten wird. Dieser Eckfaden erhöht die Zug- und Extrusionsfestigkeit. Zwischen den Ecken der Stopfbuchspackung wird eine Faser mit höherer Schmierfähigkeit oder Wärmeableitung verwendet, um die Reibung zu reduzieren. Kantenverstärkte Stopfbuchspackungen sind für Anwendungen mit erhöhtem Abrieb in Kombination mit Hochgeschwindigkeits-Kreiselpumpen geeignet.



Abbildung 7: Kantenverstärkung

KONZENTRISCHES GEFLECHT

Beim konzentrischen Geflecht wird um ein Kernmaterial ein dünnes, schlauchartiges Geflecht angebracht. Die Flechtung ist konzentrisch oder rund. Rund-Flechtmaschinen flechten schlauchförmige Umhüllungen unter Verwendung von Garnen, Vorgarnen, Bändern und anderen Materialien, entweder alleine oder in Kombination. Mit Schlauchgeflecht können runde, quadratische oder rechteckige Packungsquerschnitte erzeugt werden.

Das Geflecht hat eine feine und dichte Oberflächenstruktur, die nicht so abriebest ist wie Diagonalgeflecht. Zur Erhöhung der Dichte oder der Abmessung kann der Kern mit mehreren Garnschichten überflochten werden. In Abhängigkeit von der Größe der Maschinen für die Packungsherstellung werden 16, 48, oder mehr Klöppel verwendet (siehe Abb. 8). Als Kernmaterial können parallel angeordnete oder verdrehte Garne verwendet werden, die für eine gute Elastizität und Flexibilität sorgen.

Alternativ können auch extrudierte Gummi- oder Elastomerkern eingesetzt werden. Je nach Form der Stopfbuchspackung können nicht nur quadratische, sondern auch rechteckige oder runde Querschnitte hergestellt werden. Große endlose konzentrische Stopfbuchspackungsringe können mit speziellen Flechtmaschinen hergestellt werden, bei denen das Oberteil auseinander geklappt werden kann.

Stopfbuchspackungen mit konzentrischem Geflecht haben eine relativ hohe Dichte und werden für Hochdruckanwendungen mit niedrigen Drehzahlen empfohlen, wie beispielsweise Armaturenspindel, Kompensatoren und für Nutabdichtungen. Aufgrund ihrer hohen elastischen Verformbarkeit werden diese Stopfbuchspackungen hauptsächlich für statische Anwendungen eingesetzt.

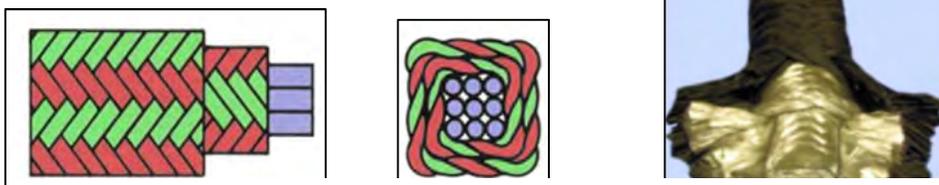


Abbildung 8: Bahnstruktur bei konzentrischem Geflecht

Das konzentrische Geflecht wird auch Schlauchgeflecht genannt.

KONZENTRISCHES GEFLECHT MIT KERN

Das fertige konzentrische Geflecht mit Kern wird hergestellt, indem eine einzelne oder mehrere Umhüllungen aus Garnen, Vorgarnen, Bändern oder weiteren verschiedenen Materialien über einen Kern geflochten werden, der entweder extrudiert, verdrillt, umhüllt oder verstrickt sein kann (Abb. 9). Dieser Aufbau ermöglicht eine große Anzahl unterschiedlicher Dichten und Querschnittsformen.



Abbildung 9: Konzentrisches Geflecht mit Kern

KOMBINATIONSSÄTZE

Wie der Name bereits sagt, bestehen Kombinationssätze von Stopfbuchspackungen aus einer Kombination unterschiedlicher Ringarten von Stopfbuchspackungen (Abb. 10). Es gibt mehrere Gründe dafür, zwei oder mehrere Packungsarten zu kombinieren. Der häufigste Grund ist die Vermeidung von Extrusion durch Ringe, die an beiden Enden des Stopfbuchspackungssatzes auf der Seite der Stopfbuchsbrille und der Medienseite in die Stopfbuchse eingelegt werden.

Diese Kammerungsringe (oder Anti-Extrusionsringe) haben eine höhere Druckbeständigkeit als das Stopfbuchspackungsmaterial zwischen ihnen und verhindern die Extrusion der Stopfbuchspackung durch den Spalt in der Stopfbuchse. Zusätzlich zum Extrusionsschutz können diese Kammerungsringe auch als Abstreifer fungieren, indem sie lose Stopfbuchspackungspartikel in der Stopfbuchse zurückhalten. Eine typische Kombination besteht aus Kohlefaser-Kammerungsringen und flexiblen Grafitringen. Des Weiteren werden Kammerungsringe für weiche Stopfbuchspackungen, wie beispielsweise extrudierte oder eingespritzte Packungen benötigt, da diese bei niedrigen Drücken schnell durch den Spalt abwandern.

Anderen Materialien, wie beispielsweise Metallscheiben oder durch spangebende Umformung hergestellte Kunststoffe werden ebenfalls als Kammerungsringe beispielsweise auf der Medienseite eingesetzt, um das Eindringen von abrasiven Materialien in die Stopfbuchse zu verhindern.



Abbildung 10: Kombinationssatz

LOSES SCHÜTTGUT

Loses Stopfbuchspackungsmaterial ist homogen und wird in pulverisierter, zerkleinerter oder faseriger Form geliefert und kann alleine oder als Mischung mit anderen Materialien verwendet werden. Dies ist ein hoch anpassungsfähiges Produkt, das für die Befüllung von unterschiedlichen Stopfbuchsabmessungen verwendet werden kann (Abb. 11).

Einspritzbare Packungen, eine Form von losen Stopfbuchspackungsmaterial, werden unter hohem Druck eingespritzt, um eine Dichtung in Geräten nachzufüllen, die in Betrieb ist, um unnötige Stillstandszeiten bis zum Erreichen des regulären Wartungsintervalls zu vermeiden.



Abbildung 11: Loses Schüttgut

VERDRILLT

Verdrillte Packungen werden erzeugt, indem Garne, Vorgarne, Bänder und andere Materialien zusammen oder um einen Kern verdrillt werden, um die gewünschte Abmessung zu erzielen (Abb. 12). Bei Garn oder Vorgarn kann eine Packungsabmessung für verschiedene Stopfbuchsabmessungen verwendet werden, da aufgrund des verdrillten Aufbaus Fäden mit größerer Abmessung abgewickelt und entfernt werden können, sodass die verbliebene Stopfbuchspackung in eine kleinere ringförmige Stopfbuchse passt. Wenn metallische Materialien in der Stopfbuchspackung verwendet werden, kann dadurch eine gute Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und Drücke erreicht werden, um das Durchdringen von Flüssigkeiten zu verhindern und die Unregelmäßigkeiten von abgenutzten Geräten zu kompensieren.

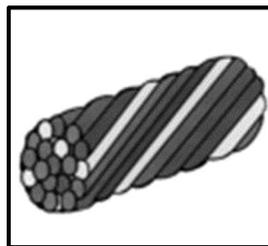


Abbildung 12: Verdrillt

GEWICKELT, GEROLLT UND GEFALTET

Gewickelte, gerollte und gefaltete Packungen werden hergestellt, indem Streifen unterschiedlicher Materialien (z. B. Blei, Kupfer, Aluminium, gummierte Faservliesstoffe) entweder spiralförmig eingewickelt, gerollt oder gefaltet werden oder aufeinander oder um einen federnden oder komprimierbaren Kern gefaltet werden (siehe Abb. 13). Die Ausführungen mit gummiertem Faservliesstoff sind fest, dicht, widerstandsfähig und verringern das Durchdringen von Flüssigkeiten. Die metallischen Ausführungen können ebenfalls gegenüber dem Durchdringen von Flüssigkeiten resistent gemacht werden und können sich an die Unregelmäßigkeiten von abgenutzten Geräten anpassen.

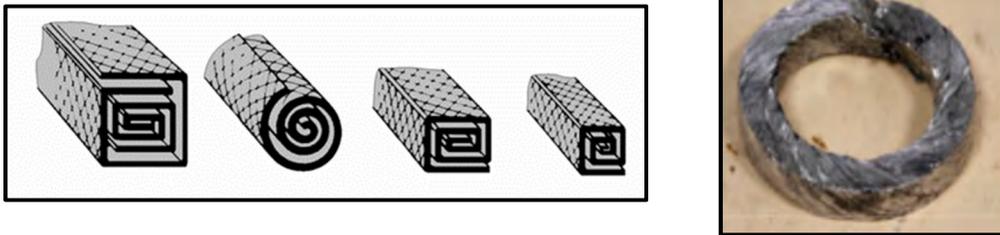


Abbildung 13: Gewickelte, gerollte und gefaltete Strukturen

EXTRUDIERT

Extrudierte Packungen bestehen aus einer homogenen Mischung verschiedener Materialien, die zur Herstellung des gewünschten Querschnitts extrudiert wird (Abb. 14). Extrudierte Stopfbuchspackungen können in vielen verschiedenen Dichten und Kompressibilitätsstufen hergestellt werden und werden manchmal mit einer skelettartigen Umhüllung geliefert. Diese Stopfbuchspackungen wurden entwickelt, um Schmierstoffe zu speichern und damit eine längere Standzeit zu gewährleisten. Sie können sich an Unregelmäßigkeiten der Stopfbuchse anpassen. Extrudierte Stopfbuchspackungen werden in Kreisel- und Kolbenpumpen eingesetzt und decken einen großen Bereich an Betriebsanforderungen ab. Extrudierte Ringe werden in Kombination mit Anti-Extrusionsringen eingesetzt, um das Risiko der Spaltextrusion zu verringern.



Abbildung 14: Extrudiert

LAMINIERT

Laminierte Packungen werden hergestellt, indem in Plattenform gebrachte laminierte Faserschichten in Streifen oder Ringe der gewünschten Abmessung geschnitten werden (Abb. 15). Die Details im Aufbau können sich voneinander unterscheiden, um die Anforderungen des Endkunden zu erfüllen. Diese Art von Stopfbuchspackungen ist hoch elastisch.

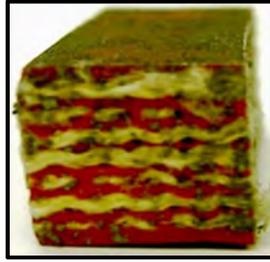


Abbildung 15: Laminiert

GEFORMT

Geformte Packungen sind eine Mischung aus verschiedenen Materialien, die nicht unbedingt homogen sind und so geformt sind, dass sie den gewünschten Querschnitt ergeben (Abbildung 16). Geformte Packungen können in einem weiten Bereich von Dichten und Kompressibilitätsstufen hergestellt werden. Geformte Packungsmaterialien werden nicht unbedingt hydraulisch verpresst und können, abhängig von den verwendeten Materialien, Temperaturbehandlungen erfordern, um das Teil endgültig zu formen. Dachmanschetten sind eine Art geformter Stopfbuchspackung, die vor allem als Hydraulikdichtungen in Ruderstabilisatoren für Schiffe eingesetzt werden.

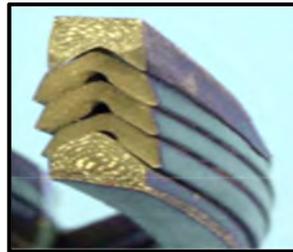


Abbildung 16: Geformt

FORMGEPRESST

Die formgepressten Packungen werden in vorkomprimierter Ringform geliefert. Viele Stopfbuchspackungsmaterialien, die üblicherweise in einem Werkzeug bestimmter Größe komprimiert werden, können mit festgelegter Dichte und Größe geliefert werden (Abb. 17).



Abbildung 17: Formgepresst

SPANABHEBEND BEARBEITET

Spanabhebend bearbeitete Packungsringe werden üblicherweise aus Polytetrafluoroethylen (PTFE) in V- oder U-förmigen Querschnitten hergestellt (Abb. 18). Sie werden im Regelfall in Sätzen mit einem oberen und einem unteren Adapterring und einer ausreichenden Anzahl von V- oder U-Ringen geliefert, um die erforderliche Länge zu erreichen. Die Aktivierung erfolgt über Lippendichtungen und wird teilweise über die Druckkräfte erzielt, die auf den Dichtungssatz wirken. Die hohe chemische Beständigkeit, der sehr niedrige Reibungskoeffizient und die gute Verschleißfestigkeit von PTFE sind insbesondere in sich hin- und herbewegenden Ventil- und Pumpenanwendungen von Vorteil.

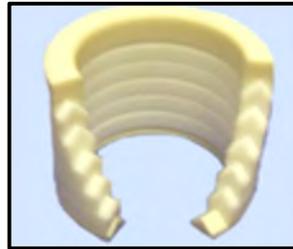


Abbildung 18: Spanabhebend bearbeitet

FLEXIBLES GRAFITBAND

Die Herstellung von flexiblen Grafitbändern erfolgt durch Abschälen und Kalandrieren natürlichen Flockengrafit, der in verschiedene Bandbreiten geschnitten wird. Wenn er als Stopfbuchspackung verwendet wird, wird das geschnittene Band normalerweise geriffelt oder geprägt, um die Handhabungseigenschaften zu verbessern und damit die Möglichkeit ihn in Ringe umzuformen. Der Grafit kann in Werkzeugen geformt oder in der Stopfbuchse komprimiert werden, um endlose Ringe herzustellen (Abb. 19).

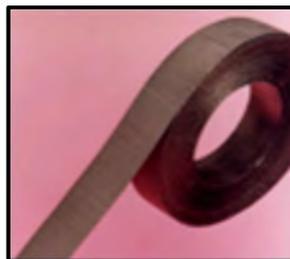


Abbildung 19: Grafitband

HERSTELLUNGSVERFAHREN

Zu den möglichen Herstellungsmethoden für Stopfbuchspackungen zählen das Flechten, Formen mit Presswerkzeugen und Werkzeugen, Laminieren und Extrudieren. Dies sind allgemein übliche Technologien, die eingesetzt werden. Nachfolgend wird eine kurze Beschreibung jedes Verfahrens gegeben.

TECHNOLOGIE DES FLECHTENS

Bei der Herstellung einer ganzen Bandbreite von Formen, Abmessungen und Bauformen von Stopfbuchspackungen kommen Flechtmaschinen mit unterschiedlicher Bauart zum Einsatz. Die Fasern werden auf Spulen aufgewickelt und auf einer Trägerplatte montiert. Jede Spule legt einen bestimmten Weg zurück und wird auf einer Bahn geführt, der sich mit den Bahnen der anderen Spulen (siehe Abb. 20 und 21) überkreuzt. Die verschachtelten Wege bestimmen den Aufbau der Stopfbuchspackung. Häufig wird im Zentrum der Stopfbuchspackung ein Faserkern oder ein anderes Material zugeführt, während über die Spulen der äußere Teil und die generelle Form der Stopfbuchspackung hergestellt werden. Die häufigste Form ist quadratisch, es können aber auch rechteckige oder runde Formen erzeugt werden.

Die von den Spulen zurückgelegten überkreuzten Bahnen der gewickelten Fasern bestimmen den Aufbau der Stopfbuchspackung.

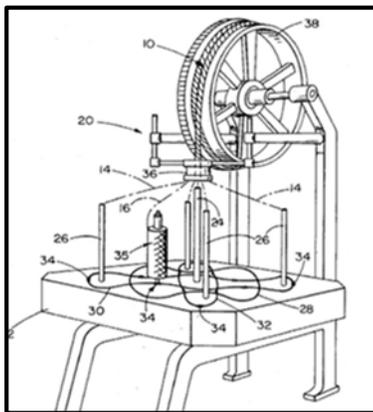


Abbildung 20: Flechtbahnen

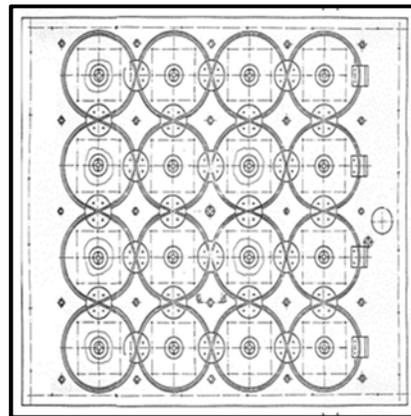


Abbildung 21: Überkreuzte Bahnen

Flechtmaschinen werden manchmal über die Richtung, in der die Stopfbuchspackung geformt wird, klassifiziert. Traditionelle Flechtmaschinen flechten die Stopfbuchspackungen oberhalb der Spulen/Klöppeln (siehe Abb. 22). Dies wird als aufrechte Flechtmaschine bezeichnet. Eine hängende Flechtmaschine stellt die Stopfbuchspackungen unter den Spulen/Klöppeln her (siehe Abb. 23 bis 25). Die Stopfbuchspackung kann auch horizontal auf der Seite hergestellt werden (siehe Abb. 26).



Abbildung 22: Aufrechte Flechtmaschine

Eine hängende Flechtmaschine ist der aufrechten Flechtmaschine in vielen Aspekten überlegen. Hängende Flechtmaschinen bieten die Möglichkeit, durch Dispersionen und Schmierstoffe hindurch zu flechten und liefern damit eine höhere Qualität bei geringeren Kosten und Produktionszeiten. Hängende Flechtmaschinen ermöglichen das Zusetzen von Imprägnierungsmitteln während des Prozesses. Das verbessert die Schmiereigenschaften der Stopfbuchspackungen nach dem Flechten im Vergleich zur Imprägnierung trockener Stopfbuchspackungen, wie es bei den traditionellen aufrechten Flechtmaschinen durchgeführt wird.

Partikel, die während des Flechtverfahrens vom Garn fallen, führen nicht zur Verschmutzung der Stopfbuchspackungen und fallen nicht in die Getriebe und auf die Spulen, womit übermäßiger Verschleiß und Schäden beim Flechtverfahren vermieden werden. Der reduzierte Verschleiß an Führungsschuhen und Stirnrädern reduziert die Möglichkeit von Schäden an den Stopfbuchspackungen aufgrund gebrochener Fasern. Hängende Flechtmaschinen haben mehr Spulen, was eine schnellere Produktion größerer Mengen von Stopfbuchspackungen ermöglicht.



Abbildung 23: Hängende Flechtmaschine

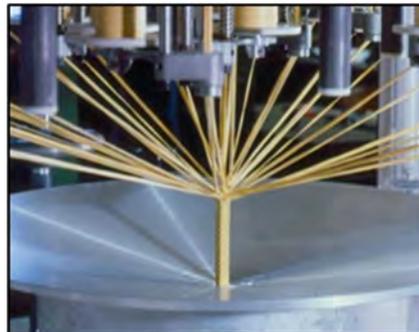


Abbildung 24: Hängendes Flechten

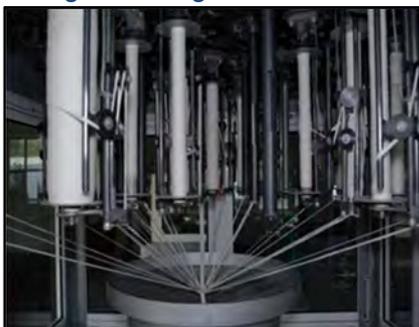


Abbildung 25: Hängende Klöppel



Abbildung 26: Horizontale Flechtmaschine

Dreibahnige Maschinen sind schneller, aber vierbahnige Maschinen produzieren eine Flechtung, bei der der Querschnitt quadratischer ist. Flechtmaschinen mit weniger Klöppeln produzieren größere Mengen Stopfbuchspackungen mit hoher Geschwindigkeit; aber die auf Flechtmaschinen mit mehr Klöppeln hergestellten Stopfbuchspackungen mit dem gleichen Querschnitt behalten ihre Form besser bei und zeigen eine durchgängig bessere Leckageresistenz.

Andere Überlegungen in Bezug auf die Konstruktion von Flechtmaschinen beeinflussen ebenfalls die Qualität und Leistung. Beispielsweise arbeiten Maschinen mit einer geraden Anzahl von Fadenaufnahmen pro Umdrehung gleichmäßiger; eine Maschine, die zum Beispiel 2 Fadenaufnahmen pro Umdrehung durchführt ist besser als eine, die 1,5 Fadenaufnahmen durchführt. Obwohl es vielleicht schwer sein mag, die Unterschiede zu beobachten, erkennt das geschulte Auge die Unterschiede beim Betrieb der Maschine und beim darauf hergestellten Produkt.

Bewertung der Produktionsmenge

Maschinenhersteller bieten Spezifikationsblätter, mit deren Hilfe die Produktionsmenge der Maschine bestimmt werden kann. Die folgende Gleichung wird zur Bestimmung der Produktionsmenge der Flechtmaschine (PM) verwendet:

$$PM \text{ (m/h or ft/h)} = [60 * UPM * P_{hg}] / P_{fp} \quad \{1\}$$

wobei UPM die Anzahl der Umdrehungen pro Minute,
P_{hg} die Anzahl der Fadenaufnahmen pro Hornrad und
P_{fp} die Anzahl der Fadenaufnahmen pro produziertem Meter oder Fuss ist.

Konstruktion der Klöppel

Die Freigabe durch den Klöppel muss gleichmäßig ohne Aufhängen oder Verklemmen erfolgen. Die Rollen müssen mit leicht laufenden Lagern ausgestattet sein. Die Rollen müssen breit und tief genug sein, um mehrere Garnenden aufnehmen zu können, ohne dass das Garn von der Rolle springen kann.

Spulenkapazität

Je mehr Meter eine Spule aufnehmen kann, desto länger läuft die Maschine, bevor sie erneut eingerichtet werden muss. Allerdings führen große Spulenabmessungen zu größeren, langsameren Hornrädern, was zu höheren Kosten beim Bau der Maschine führt. Hierbei muss geprüft werden, ob die Maschinengröße über die Vorteile der reduzierten Anzahl von Einrichtungsvorgängen abgeschrieben werden kann.

Spannfedern

Jede Faser hat unterschiedliche Charakteristiken. Einige zerfransen oder dehnen sich leicht, während dies bei anderen nicht der Fall ist. Durch Einstellen der Federspannung an der Flechtmaschine kann der Einrichter die Charakteristiken vieler unterschiedlicher Faserarten berücksichtigen.

Abziehmechanismus

Der Mechanismus der Maschine zum Herausziehen der Stopfbuchspackung aus der Flechtmaschine muss mit der Bildung der Stopfbuchspackung synchronisiert werden, um das Brechen oder Beschädigen der Stopfbuchspackung zu vermeiden. Einige Sekundärprozesse, wie beispielsweise das Erzeugen der quadratischen Form, können durchgeführt werden, während die Stopfbuchspackung die Flechtmaschine verlässt.

TECHNOLOGIE DES FORMPRESSENS

Die Herstellung von in Presswerkzeugen geformten oder einfach geformten Ringen beginnt mit der spanabhebenden Bearbeitung des Werkzeuges auf die gewünschte Ringgröße und -geometrie. Das Werkzeug (siehe Abb. 27) besteht aus einem Kern, Druckstück, Mantel und einer Grundplatte, die normalerweise alle aus einem belastbaren Werkzeugstahl hergestellt werden. Der Kern, Mantel und die Grundplatte bringen das Dichtungsmaterial auf die gewünschte Ringgeometrie und -abmessung. Normalerweise ist dies eine zylindrische Geometrie mit den Abmessungen des inneren und äußeren Durchmessers des Rings.

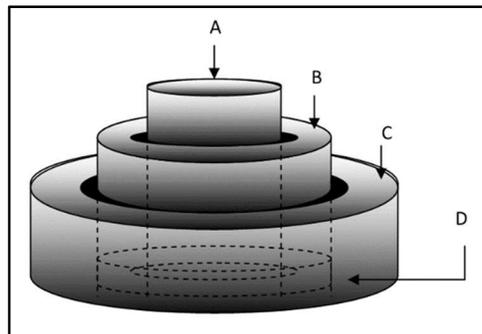


Abbildung 27: Presswerkzeug

- A: Kern
- B: Druckstück
- C: Gehäuse
- D: Grundplatte

Die Menge des verwendeten Dichtungsmaterials und die eingeleitete Verdichtung bestimmen die Dichte und die Höhe des Rings.

Das Druckstück presst das Dichtungsmaterial gegen Kern, Mantel und Basis und auf die erforderliche Dichte und Höhe. Die Menge des verwendeten Dichtungsmaterials und die aufgebrachte Last bestimmen die Dichte und die Höhe des Rings (siehe Abb. 28). Das Werkzeug wird meistens hydraulisch zusammengefahren, um eine gleichmäßige Lastaufbringung und eine einheitliche Dichte über den gesamten Ring zu gewährleisten.

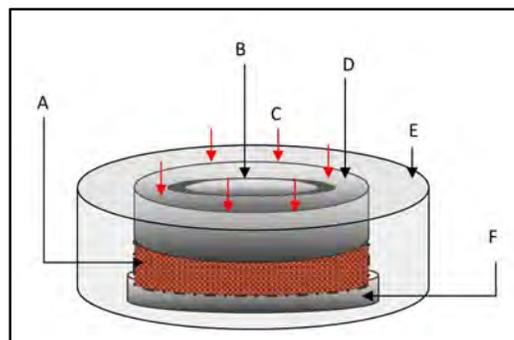


Abbildung 28: Werkzeug während des Pressens

- A: Dichtungsmaterial
- B: Kern
- C: Last
- D: Druckstück
- E: Gehäuse
- F: Grundplatte

TECHNOLOGIE DES FORMENS

Materialien wie Fasern und Klebstoffe werden gemischt und in eine Form oder einen hohlen Block gegeben. Hohe Temperaturen und Drücke können auf die Form aufgebracht werden, um die enthaltenen Materialien auf die Geometrie der Form zu bringen. Die Form selbst ist aus einem Material hergestellt, das den aufgetragenen Temperaturen oder Drücken standhält. Ähnlich wie Formpressen werden die Materialien auf die Geometrie der Form begrenzt und ausgeformt, aber im Gegensatz zum Formen in Presswerkzeugen ist eine Verdichtung nicht erforderlich und es wird Wärme oder ein Trocknungsprozess für die Aushärtung des verwendeten Materials eingebracht.

Im Gegensatz zum Formen mit Presswerkzeugen ist das Verdichten beim Formen nicht notwendig.

TECHNOLOGIE DES LAMINIERENS

Gewebelagen, die üblicherweise 300 bis 400 mm (11,8" bis 15,7") breit sind und mit unvulkanisiertem Natur- oder Synthetikgummi imprägniert und abgedichtet wurden, werden aufeinander geschichtet, um eine Platte in der erforderlichen Dicke zu bilden. Dieser Vorgang kann entweder auf einem ebenen Tisch durchgeführt werden oder, wie in den meisten Fällen, durch Aufwickeln des Materials auf eine drehende Trommel mit großem Durchmesser und anschließendem Zerschneiden in Plattenform. Bei einigen Produkten werden die Gewebelagen von dünnen Gummischichten getrennt.

Danach wird die Platte zwischen den erhitzten Platten einer Presse zum Ausvulkanisieren gepresst, wodurch ein Verbundmaterial mit exzellenter Widerstandsfähigkeit entsteht. Anschließend kann die Platte entlang ihrer Kanten geschnitten werden, um Streifen mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt zu erzeugen, die dann auf die erforderliche Länge geschnitten werden, um Ringe der gewünschten Abmessung oder in Formen ausgeformte Ringe herzustellen. Die Streifen werden häufig mit flüssigen Schmierstoffen imprägniert, beispielsweise Mineralölen, oder die Oberfläche wird mit Graphit oder anderen trockenen Schmierstoffen versehen.

Der Aufbau innerhalb der Platte kann variiert werden, um unterschiedliche Eigenschaften zu erzielen. Beispielsweise können schmale Gewebestreifen mit einem Winkel von 45° zur Oberfläche auf die Trommel gewickelt und breitere Schichten aus Gummi oberhalb und unterhalb platziert werden. Wenn die Platte nach dem Pressen geschnitten wird, hat der entstandene Querschnitt eine Gewebeschicht, die unter einem Winkel von 45° verläuft. Das ergibt eine fertige Stopfbuchspackung, die weicher ist und sich besser an der Stopfbuchse anpasst, was für die Abdichtung von abgenutzten oder beschädigten Wellen empfohlen wird.

Der Aufbau innerhalb der laminierten Platte kann variiert werden, um unterschiedliche Eigenschaften zu erzielen.

TECHNOLOGIE DES EXTRUDIERENS

Extrudierte Stopfbuchspackungen werden üblicherweise aus PTFE-Pulver, Grafitpulver, Füllstoffen, Bindemitteln und Fasermaterialien hergestellt. Diese Rohmaterialien werden in einem Mischer oder Rührwerk gemischt, um ein Granulat oder Kunstharz zu bilden.

Dieses Granulat wird dem Extruder über einen Beschicker zugeführt. Der Zylinder des Extruders wird auf Temperaturen von bis zu 200 °C (392 °F) aufgeheizt. Das Material schmilzt und wird durch einen Kolben oder eine rotierende Schnecke transportiert und unter Druck gesetzt.

Am Ende des Zylinders wird das Packungsmaterial durch eine Matrize gepresst. Die Matrize bestimmt Form und Abmessung der Stopfbuchspackung. Hauptsächlich werden runde, quadratische oder rechteckige Formen hergestellt.

Es wird ein kontinuierlicher Strang geformt, der entweder durch Luft- oder Wasserkühlung ausgehärtet wird, nachdem er die Matrize verlässt. Das abgekühlte Produkt kann aufgewickelt oder auf Länge geschnitten werden. Auf diesem Wege werden sehr dichte und plastisch verformbare Stopfbuchspackungen geformt. Die Stopfbuchspackung kann gasdicht ausgeführt werden und in der Lage sein, abrasive Partikel aus dem Medium einzubetten.

Durch Extrusion werden sehr dichte und geschmeidige Stopfbuchspackungen hergestellt.

PACKUNGSMATERIALIEN UND IMPRÄGNIERMITTEL

Achtung: Viele Hersteller von Packungen bieten Mischungen aus den unten angeführten Materialien an. Aufgrund der Mischung ändern sich die Einschränkungen hinsichtlich Geschwindigkeiten, Temperaturen, pH-Bereich oder anderen Eigenschaften. Bitte fragen Sie den Packungshersteller nach den spezifischen Anwendungsinformationen.

Wenden Sie sich an den Anbieter/Hersteller der Packung, wenn spezielle Typen für Nuklearanwendungen, FDA-Tauglichkeit oder andere Spezialanwendungen benötigt werden. Die Anwendungsbeschränkungen einer Packung desselben Materials variieren von Anbieter zu Anbieter aufgrund unterschiedlicher Additive, wie beispielsweise Beschichtungen und Imprägniermittel. Bei der Qualität der Materialien und der Bauform von Stopfbuchspackungen gibt es Unterschiede, deshalb sind die Einhaltung von Industriestandards und der Fokus auf Lebenszykluskosten sehr wichtig. Dieses Handbuch erhebt nicht den Anspruch, alle Gesundheits- und Sicherheitsaspekte zu beschreiben, die mit der Handhabung der angeführten Packungsmaterialien einhergehen.

Es liegt in der Verantwortung des Anwenders, sicherzustellen, dass das gewählte Material mit dem Prozess, in dem es eingesetzt werden soll, in Bezug auf seine Leistung, aber auch hinsichtlich Aspekten wie Gesundheit, Sicherheit und gesetzlicher Vorschriften kompatibel ist.

ZELLULOSISCHE ODER PFLANZENFASERN

Zellulosen wie beispielsweise Flachs, Jute, Ramie und Baumwolle sind Naturfasern, die in Packungen eingesetzt werden. Da sie natürlichen Ursprungs sind, werden sie bereits länger eingesetzt als Chemiefasern. Ihr Hauptvorteil ist ihr niedriger Preis im Vergleich zu synthetischen Fasern. Ihr Hauptnachteil ist ihre geringe chemische und thermische Beständigkeit. Sie verfügen über eine sehr geringe Beständigkeit gegenüber Säuren, sind aber generell beständig gegenüber Basen.

BASTFASERN

Flachs

Flachs wird aus dem Stamm einer Pflanze gewonnen. Es ist die älteste textile Faser innerhalb der Gruppe der pflanzlichen Fasern und kann eine Länge von bis zu einem Meter erreichen.

Jute

Jute wird ebenfalls aus dem Stamm einer Pflanze gewonnen. Der Stamm produziert etwa zwei- bis fünfmal so viele Fasern wie die Flachspflanze. Fasern aus Rohjute verfügen über eine Faserlänge von 1,2 bis 2,1 Meter. Der größte Nachteil der Faser ist, dass sie in Wasser zerfällt.

Ramie

Ramie ist, wenn es sorgfältig entharzt wird, weiß, weich, hochglänzend und sehr beständig gegenüber Bakterien und Pilzen. Die Nass- und Trockenfestigkeiten sind sehr hoch. Ramie zählen zu den reißfestesten Naturfasern. Die Anknötungseigenschaften und ihre Flexibilität sind ebenfalls sehr hoch. Ramie Fasern müssen vor der Verarbeitung als Garn sorgfältig entgummiert werden, da das Gummi, das die Fasern verbindet, wasser- und alkalilöslich ist und das Garn vereinzeln könnte.

Baumwolle

Baumwolle ist die bekannteste und meist eingesetzte Naturfaser. Baumwollfasern sind mit weniger als 50 mm kürzer als die anderen Zellulosefasern. Wie in den Fällen der anderen Zellulosefasern verfügt Baumwolle über eine geringe Beständigkeit gegenüber Säuren.

CHEMIEFASERN

Acrylfasern

Acrylfasern werden von zahlreichen Unternehmen hergestellt und unter verschiedenen Produktnamen vermarktet. Die Eigenschaften der verschiedenen Acrylfasern, die in Packungen eingesetzt werden, gleichen sich. Acrylfasern beginnen sich bei Temperaturen um 204 °C (400 °F) zu verändern. In den meisten Umgebungen oberhalb von 177 °C (351 °F) schrumpft die Faser um bis zu 10 %.

Bessere Ergebnisse können durch den Einsatz von speziellen wärmebehandelten, voroxidierten Acrylfasern erreicht werden. Fasern dieses Typs halten Temperaturen von 260 °C (500 °F) bei minimaler Schwindung stand. Die chemische Struktur macht diese speziellen Fasern wärmeleitfähiger als die grundlegende Acrylfaser und macht sie etwas beständiger gegenüber Chemikalien.

Aramidfasern

Aramidfasern können in zwei grundlegende Kategorien eingeteilt werden: Para-Aramid und Meta-Aramid. Die Kategorien unterscheiden sich durch den Typ der Bausteine (Monomere), welche die molekulare Struktur der Polymerketten bestimmen. Die Fasern können einfach anhand ihrer Farbe unterschieden werden, haben jedoch auch erheblich unterschiedliche chemische und physikalische Eigenschaften. Die Para-Aramidfasern sind hellgelb, während die Meta-Aramidfasern weiß sind.

Para-Aramidfasern sind für ihre hohe Festigkeit bekannt und fünfmal so belastbar wie Stahldraht bei gleichem Gewicht. Sie verfügen über einen hohen Modul ähnlich Glasfasern, ohne deren Brüchigkeit aufzuweisen. Die hohe Festigkeit und lineare Ausrichtung dieser Fasern befähigt sie zum Einsatz in Hochdruck-Packungen und in hochabrasiven Medien. Para-Aramidfasern sind aufgrund ihrer niedrigen Wärmedehnungsrate für Hochtemperaturanwendungen geeignet. Die chemische Beständigkeit der Para-Aramidfasern deckt eine hohe Bandbreite von organischen Lösemitteln und Säuren und Basen innerhalb eines pH-Bereichs von 3 bis 11 ab.

Para-Aramidfasern sind als Filamentgarne oder Stapelfasern erhältlich. Kontinuierliche Filamentgarne sind üblicherweise länger und weisen eine sehr hohe Reiß- und Abriebfestigkeit auf. Diese Fasern eignen sich besser zur Abdichtung von hohen statischen Drücken oder Kolbenpumpen. Para-Aramid-Stapelgarne bestehen aus kürzeren, verdrillten Fasern. Stapelgarne absorbieren mehr Imprägniermittel und eignen sich besser für die Abdichtung abrasiver Flüssigkeiten, die viele kleine scharfkantige Partikel enthalten.

Meta-Aramidfasern sind bekannt für ihre chemische und hydrolytische Beständigkeit, Faserstärke und Hochtemperaturbeständigkeit. Der pH-Bereich für Meta-Aramid liegt bei 1 bis 13. Durch ihre Beständigkeit gegenüber hydrolytischem Abbau wird sie bevorzugt unter heiß-feuchten Bedingungen eingesetzt. Die thermische Stabilität beider Fasern ist hervorragend. Meta-Aramidfasern schmelzen erst ab einer Temperatur von 426 °C (800 °F), und Para-Aramide bleiben bis 555 °C (1031 °F) stabil. Die Glasübergangstemperatur von Meta-Aramidfasern beträgt 270 °C (518 °F), was ihren Einsatz im Vergleich zu Para-Aramidfasern einschränkt.

Viele Hersteller von Packungen empfehlen Para-Aramidfasern für den Dauereinsatz bis zu 260 °C (500 °F) unter harten Bedingungen. Beide Fasern ergeben langlebige Packungen, sodass sie sich für Anwendungen mit abrasiven Flüssigkeiten und Schlämmen eignen.

Polyphenylensulfid-Fasern (PPS)

Polyphenylensulfid-Fasern (PPS) sind weiß und enthalten langkettige synthetische Polysulfide, wobei mindestens 85 % der Sulfidverbindungen direkt an aromatischen Ringen gebunden sind. Diese Faserart bietet eine gute Kombination von physikalischen, thermischen und chemischen Eigenschaften. Die Faser behält 40 % ihrer Zugfestigkeit bis zu 227 °C (440 °F) und bietet exzellente Beständigkeit bei Säuren und Basen. Stark oxidierende Chemikalien verursachen jedoch eine Verschlechterung dieser Faser, die jedoch nicht hydrolyseempfindlich ist.

Polyimid-Fasern (PI)

Polyimidfasern (PI) sind ursprünglich goldgelb, aber auch blau oder orange gefärbt erhältlich. Sie werden aus einem aromatischen Polyimid trocken gesponnen. Die Fasern verfügen über eine hervorragende Wärmebeständigkeit bis zu 260 °C (500 °F) und gute Beständigkeit gegenüber Chemikalien. Wie bei anderen Textilien bieten PI Fasern eine überragende Form- und Extrusionsbeständigkeit, kombiniert mit minimalem Wellenverschleiß. Sie sind in Stopfbuchspackungen oftmals mit PTFE Fasern vermischt, um ihre Leistung noch zu steigern.

Polybenzimidazole-Fasern (PBI)

Polybenzimidazol-Fasern (PBI) werden aus organischen Hochleistungsverbindungen hergestellt. Die Faser ist flammbeständig, brennt nicht in Luft, schmilzt und tropft nicht. Die Faser bietet eine exzellente Beständigkeit gegenüber Chemikalien, Lösemitteln, Treibstoffen und Dampf. Nach Temperaturbeaufschlagung behält sie eine hohe Festigkeit bei und kann Temperaturen bis zu 298 °C (570 °F) kurzfristig standhalten.

Melaminfasern

Melaminfasern werden aus Melaminharz gewonnen. Die Faser ist nur als Stapelfaser erhältlich. Die Stapelfaser ist thermisch stabil und bietet eine exzellente Flammbeständigkeit. Die empfohlene Dauereinsatztemperatur liegt bei bis zu 204 °C (400 °F). Melaminfasern sind sehr beständig gegenüber Aromaten und Basen sowie hydrolysebeständig, bieten jedoch keine permanente Beständigkeit gegenüber Säuren.

Kohlenstoff- und Grafitfasern

Alle faserbasierten Kohlenstoff- und Grafitgarne, die in Stopfbuchspackungen eingesetzt werden, werden durch eine Reihe von Wärmebehandlungen (Wärmestabilisierungen) einiger organischer oder synthetischer Vorprodukte hergestellt. Nach dem abschließenden Wärmebehandlungsverfahren behalten die Fasern ihre ursprüngliche Form größtenteils bei, allerdings findet ein erheblicher Volumenverlust statt.

Nachdem die kohlenstoffhaltige Faser erzeugt wurde, wird sie normalerweise zusätzlichen Wärmebehandlungen unterzogen, die den Kohlenstoffgehalt, den Reinheitsgrad und den Kristallinitätsgrad erhöhen. Bei guten Herstellungsbedingungen werden die mechanischen Eigenschaften ebenfalls verbessert. Kohlenstoff- und Grafitgarne für Stopfbuchspackungen sind mit Kohlenstoffgehalten in einem Bereich von etwa 63 % bis zu mehr als 99 % erhältlich, abhängig von dem verwendeten Vorprodukt, der Methode der Wärmebehandlung und der Dauer der Temperaturbeaufschlagung während der Herstellung. Beschreibungen des Kohlenstoffgehaltes folgen.

0 – 63 %: Diese Garne sind nicht für den Einsatz in geflochtenen Packungen geeignet.

63 – 65 % „PRE-OX“: Das Vorprodukt wurde einem vorläufigen Wärmebehandlungsprozess unterzogen, aber der Reinheitsgrad der Fasern ist noch niedrig. Die Fasern haben nur eine geringe Wärmestabilisierung und dürfen nur bis zu einer Temperatur von 300 °C (572 °F) verwendet werden. Diese Garne werden hauptsächlich für den Einsatz in geflochtenen Packungen für Pumpenanwendungen verwendet.

73 – 85 % „INTERMEDIATE“: Das Vorprodukt wurde höheren Temperaturen zur Wärmestabilisierung ausgesetzt als die Pre-Ox-Materialien, aber der Kohlenstoffgehalt und der Reinheitsgrad ist weiterhin relativ niedrig. Diese Fasern sind typische kostengünstige Packungsmaterialien für Betriebstemperaturen bis 350 °C (662 °F).

95 – 99 % „KOHLENSTOFF“: Das Vorprodukt wurde bis ungefähr 1800 °C (3272 °F) wärmebehandelt, wobei der Reinheitsgrad und der Kohlenstoffgehalt der Fasern deutlich erhöht wurde. Kohlenstoffpackungen werden universell bei Ventilanwendungen mit höheren Temperaturen bis zu 400 °C (752 °F) eingesetzt, bei denen der Reinheitsgrad normalerweise nicht von Belang ist.

über 99 % „GRAFIT“: Das Vorprodukt wurde bis 2000 °C (3632 °F) und höher wärmebehandelt, wobei wiederum der Kohlenstoffgehalt und der Reinheitsgrad gegenüber Kohlenstofffasern höher sind. Die Grafitgarne werden bei Temperaturen bis zu 450 °C (842 °F) und in Anwendungen eingesetzt, bei denen es auf den Reinheitsgrad ankommt.

Nachfolgend die Beschreibung der drei Vorprodukte, die zur Herstellung von Kohlenstoff- bzw. Grafitfasern eingesetzt werden:

Rayon: Kontinuierliche Filamentstränge aus weißer Rayon-Viskose werden verdrillt, gereinigt und dann zwei Wärmebehandlungen unterzogen, um den erwünschten Kohlenstoff- oder Grafitgehalt (Reinheitsgrad) zu erreichen. Karbonisiertes oder grafitisiertes Rayon verfügt über ausreichend Zugfestigkeit und einen niedrigen Modul. Diese Fasern eignen sich hervorragend für Hochgeschwindigkeits-Pumpenanwendungen. Die Garne haben eine gleichmäßige Oberfläche und werden normalerweise eingesetzt, wenn eine minimale Beschichtung erwünscht ist. Grafit-Rayon-Garn ist ein Standardmaterial in nuklearen und militärischen Anwendungsgebieten.

Pech: Nebenprodukte des Petroleum-Destillationsprozesses werden in Fasern auf Pechbasis extrudiert. Diese Faserbündel werden in Stapelfilamentstränge verdrillt, in Garne versponnen und anschließend wärmebehandelt, bis der gewünschte Kohlenstoff- oder Grafitanteil erreicht ist. Diese Garne verfügen üblicherweise über eine weniger gleichmäßige Oberfläche und nehmen Beschichtungen und Schmierstoffe besser auf. Kohlenstofffasern auf Pechbasis sind in Armaturpackungen weit verbreitet, werden jedoch zunehmend durch PAN-Fasern ersetzt. Grafitierte, isotrope Pechfasern eignen sich bestens für Wärmeableitung, während karbonisierte isotrope behandelte Fasern ein Material mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften darstellen.

PAN: Polyacrylnitril (PAN) ist eine thermisch stabilisierte synthetische Faser, die weiter zu einem Material mit ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften wärmebehandelt wird. Karbonisierte PAN-Fasern dominieren den Markt der Kohlenstofffasern. Vorteile sind ihre hohe Festigkeit und gute kristalline Struktur bei Grafitierung, was zu einer herausragenden Oxidations- und Chemikalienbeständigkeit führt.

Kohlenstoff- und Grafitfasern sind inert gegenüber den meisten Chemikalien und haben niedrige Reibungskoeffizienten. Kohlenstoff- und Grafitpackungsgarne sind üblicherweise mit PTFE, Kolloidgraphit oder weiteren Beschichtungen imprägniert, um die Verarbeitbarkeit des Materials zu unterstützen und um die Dichtungsanforderungen der spezifischen Packungsanwendungen zu treffen. Abb. 29 zeigt die mechanischen Eigenschaften der Kohlenstoff- und Grafitfasern.

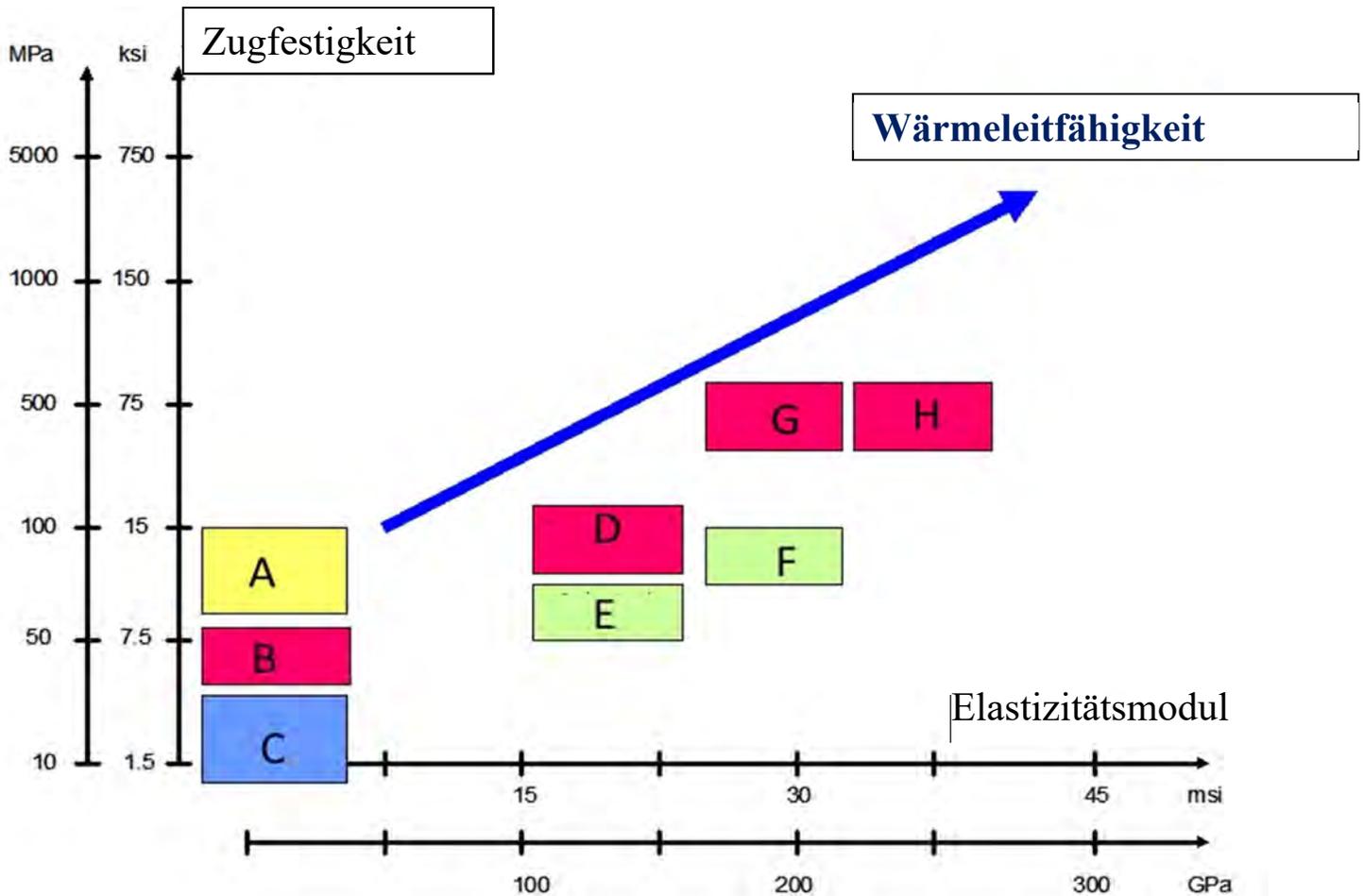


Abbildung 29: Mechanische Eigenschaften von Kohlenstoff- und Grafitfasern

- A: Karbonisiertes grafitiertes Rayon
- B: Oxidiertes PAN
- C: Flexibles Grafit
- D: Halbkarbonisiertes PAN
- E: Karbonisiertes Pech
- F: Grafitiertes Pech
- G: Karbonisiertes PAN
- H: Grafitiertes PAN

Keramische Garne

Keramische Garne werden aus Silikatfasern hergestellt, die üblicherweise auf Glasfasern basieren. Keramische Garne verfügen über eine extreme Temperaturbeständigkeit bis zu 900 °C (1652 °F). Sie werden in statischen Anwendungen wie Ofentüren und Feuerungen eingesetzt und werden als Abdichtungsmaterial in Verbindung mit Dichtungsklappen verwendet.

Glasfasern

Glasfaser verfügen über eine überragende Temperaturbeständigkeit, Formbeständigkeit und Festigkeit. Sie sind gegenüber den meisten Chemikalien beständig und können so formuliert werden, dass sie auch beständig gegen starke Säuren sind. Glasfasern sind als kontinuierliches Filamentgarn, Stapelfasergarn, texturiertes Garn, Kurzschnittfasern und Matten erhältlich. Die Fasern werden in zwei grundlegenden Formen produziert: Stapelfaser und kontinuierliches Filament. Die Schüttdichte und die Festigkeit der Stapelgarne sind deutlich niedriger als bei einem Filamentgarn.

Mehrere Glasformulierungen werden zum Formen der Fasern verwendet. E (elektrisches) Glas ist die verbreitetste Form. C (chemisches) und S (starkes) Glas sind ebenfalls wichtig. Jeder Typ wird für spezifische Eigenschaften ausgelegt, um die durch die Endanwendungen geforderten Ansprüche zu treffen. Glas wird nur für statische Anwendungen empfohlen. Um die Faser zu schützen wird Glas mit chemischen Additiven behandelt. Dabei wurden Behandlungen entwickelt, wie die Zugabe von PTFE bei Stopfbuchspackungen, um spezifische Anwendungen zu erfüllen.

Glasfasern brennen nicht. Üblicherweise vorliegende Temperaturen schädigen die Glasfaser nicht; E-Glasfasern behalten 75 % der Festigkeiten bei 343 °C (650 °F) und 50 % bei 583 °C (1081 °F). E-Glasfasern bauen zwischen 732 °C und 877 °C (1350 °F – 1611 °F) ab und S-Glasfasern zwischen 849 °C und 970 °C (1560 °F – 1778 °F). Übliche Lösungsmittel, Öle, Petroleumdestillate, Bleichmittel und die meisten organischen Chemikalien schädigen die Glasfasern nicht. Starke Säuren mit einem pH-Wert unter 4 korrodieren jedoch E-Glas bei steigendem Druck. C-Glas und S-Glas sind gegen alle starken Säuren beständig mit Ausnahme von Fluorwasserstoffsäure und sind resistenter als E-Glas. Starkes Alkali korrodiert alle kommerziell erhältlichen Glasfasern.

Novoloid Fasern

Novoloidfaser sind thermisch stabile (nicht schmelzende) Phenolharzfasern mit einer guten Beständigkeit gegenüber Chemikalien inklusive Säuren, Basen, Bleichmitteln, Lösungsmitteln, Ölen, heißem Wasser und Dampf. Der pH-Bereich für Novoloidfasern liegt zwischen 1 und 13. Bei Erwärmung wird die Faser weder weich noch schrumpft sie. Sie widersteht Temperaturen bis zu und über 250 °C (480 °F). Packungshersteller empfehlen möglicherweise niedrigere Anwendungsgrenzen je nach Formulierung.

Novoloidfasern sind goldfarben bis lila-braun. Mit einer niedrigen Faserdichte von 1,27 g/cm³ füllen die Fasern mehr Volumen pro Einheit als andere Packungsfasern. Die Novoloidfasern sind hochverträglich mit PTFE und anderen Imprägnierungen und sind als Spinnfasergarn erhältlich. Novoloidfasern sind flexibel und nicht aggressiv. Sie haben einen niedrigen Modul und sind gut dehnbar. Deswegen sind Novoloid Packungen elastisch und passen sich bei niedrigem Abrieb gut an Oberflächen an. Sie sind leicht zu schneiden und einzubauen. Aufgrund ihrer Elastizität eignen sie sich gut für den Einsatz mit Schlämmen und Suspensionen.

Polytetrafluoroethylen Fasern (PTFE)

PTFE-Fasern verfügen über eine besonders hohe Beständigkeit gegenüber Chemikalien und Wärme sowie ausnahmslos über niedrige Reibungskoeffizienten und ein geringes Haftvermögen. PTFE-Fasern haben eine höhere molekulare Orientierung als ihre Gegenstücke aus Harz und verfügen daher über eine höhere Beständigkeit gegenüber Kaltfluss.

Packungen aus PTFE-Fasern bieten außergewöhnliche Eigenschaften in hochkorrosiven Umgebungen sowie unter weniger rauen Bedingungen. Sie haben einen niedrigen Reibungskoeffizienten, eine hohe Druckfestigkeit, gute Formbeständigkeit und sind selbstschmierend. Sie eignen sich für einen pH-Bereich von 0 bis 14 und können je nach Geschwindigkeit und Druck kontinuierlich bis zu 260 °C (500 °F) eingesetzt werden. Einige Hersteller bieten PTFE-Packungen an, die sowohl in Sauerstoffanwendungen als auch in der Nahrungs- und Pharmaindustrie eingesetzt werden können.

Expandiertes PTFE

Der Reckprozess für PTFE bildet eine Mikrostruktur von ineinander verbundenen PTFE-Knoten und Fasern, wodurch eine extrem starke Mikrostruktur mit wesentlich höherer Zugfestigkeit entsteht. Diese Festigkeit trägt zu deutlich höherer Beständigkeit gegenüber Kaltfluss bei, was dann das Kriechverhalten im Vergleich zu traditionellem, nicht expandiertem PTFE verbessert. Die resultierende Faser besteht weiterhin zu 100 % aus PTFE und behält deshalb alle inerten Eigenschaften von PTFE in einem pH-Bereich von 0 – 14 bei. Es hat eine niedrige freie Oberflächenenergie (18,5 Dyn/cm²) mit exzellenten Selbstschmierungswerten und kann in kontinuierlichem Betrieb bei Temperaturen von -200 °C bis 260 °C (-328 °F bis 500 °F) bestehen. Die Struktur des expandierten PTFE macht diese Faser aufnahmefähiger für Additive, wie beispielsweise viskose Imprägniermittel (Silikonöl ist am üblichsten) oder PTFE-Dispersionen. Die Faser erfüllt alle Anforderungen von FDA-relevanten Anwendungen (FDA 21 CFR 177.1550) und kann für Sauerstoffanwendungen eingesetzt werden. Expandierte PTFE-Garne werden in Einzel- oder Multitwistform angeboten und liegen im Denier-Bereich von ungefähr 10.000 bis 23.000. Diese Garne werden generell in Anwendungen eingesetzt, bei denen die Umfangsgeschwindigkeit der Welle unter 10 m/s (2000 FPM) liegt.

Expandierte Polytetrafluoroethylen/ Grafit-Hybridfaser (ePTFE/Grafit)

ePTFE/Grafit bildet eine Faser für Stopfbuchspackungen, welche die Eigenschaften der beiden Materialien kombiniert. Der Grafitgehalt bildet eine Faser, die thermisch stabil ist und über hohe Wärmeleitfähigkeit verfügt. Die ePTFE Faser bietet Festigkeit und hohe Konformität und erleichtert den Ein- und Ausbau der Packung. Die Kombination der zwei Materialien führt zu einer Packung mit einem niedrigen Reibungskoeffizienten, guter Formbeständigkeit sowie einer hohen Chemikalienresistenz im pH-Bereich von 0 bis 14. ePTFE/Grafit-Fasern sind nur durch die Temperatur begrenzt und können im Dauerbetrieb bis zu 288 °C (550 °F) eingesetzt werden. Diese Garne werden generell in Anwendungen eingesetzt, in denen die Umfangsgeschwindigkeit der Welle unter 20 m/s (4000 FPM) liegt.

METALLE

Folien

Metalle werden in zwei verschiedenen Kategorien unterteilt: Folien und Drähte. Blei, Kupfer und Aluminium sind formbare, hitzebeständige Metalle und werden in Packungen verwendet.

Bleifolie

Imprägnierte Bleifolienpackungen können so wie sie sind verwendet werden oder in Kombination mit anderen Materialien eingesetzt werden, um den Druck abzubauen oder Deformationen in der installierten Packung auszugleichen. Bleifolienpackungen können bei Temperaturen bis 233 °C (450 °F) eingesetzt werden.

Aluminiumfolie

Imprägnierte Aluminiumfolienpackungen werden in Hochtemperaturpumpen oder Ventilen, die Rohöl und Erdöldestillaten führen, eingesetzt. Aluminiumfolie lässt sich bei Betriebstemperaturen bis 538 °C (1000 °F) einsetzen.

Kupferfolie

Imprägnierte Kupferfolienpackungen werden hauptsächlich als Kammerungsringe in langsam laufenden, abgenutzten und/oder nicht zentrierten Wellen bei Betriebstemperaturen bis zu 538 °C (1000 °F) verwendet.

Draht

Kupferdraht

Kupferdraht kann allein zu einer Packung geflochten werden oder innerhalb eines Garns eingearbeitet werden, um die Zugfestigkeit des Garns zu erhöhen. Kupferdraht ist, als geflochtene Packung, funktionsfähig bis zu Temperaturen von 538 °C (1000 °F). In Kombination mit Garnen wird die Temperatur durch das eingesetzte Garn bestimmt.

Messingdraht

Messingdraht ist normalerweise in eine Packung integriert, um der Packung eine erhöhte Zugfestigkeit zu geben. Die Temperaturgrenzen sind abhängig vom eingesetzten Garn.

Bleidraht

Bleikomponentendraht ist zu einer quadratischen Packung geflochten und kann entweder in Spiral- oder Ringform geliefert werden. Generell wird das Material als ein Anti-Extrusionsring in Kombination mit anderen Packungen bei Temperaturen bis zu 233 °C (450 °F) eingesetzt.

Inconel®-Draht

Inconel®-Draht wird als ein Einsatz in Hochtemperaturgarnen genutzt, um deren Zugfestigkeit zu erhöhen. Der Draht kann ebenfalls als Geflecht für das Kernmaterial geliefert werden. Das Material wird bei Temperaturen bis zu 538 °C (1000 °F) oder höher eingesetzt, abhängig von dem in der Anwendung eingesetzten Garn.

Edelstahldraht

Draht aus Edelstahl wird normalerweise als Einsatz in einer Anzahl von Garnen zur Erhöhung der Festigkeit einer Packung verwendet und ist funktionsfähig bei Temperaturen bis zu 454 °C (850 °F).

Monel®-Draht

Monel® -Draht wird als Einsatz in Hochtemperaturgarnen verwendet, wurde aber in den meisten Fällen durch den Inconel™-Draht ersetzt. Der Draht ist funktionsfähig bei Temperaturen bis zu 454 °C (850 °F).

FLEXIBLE GRAFITBÄNDER UND GARNE

Flexible Grafitbänder können druckgeformt oder vor Ort komprimiert werden, um endlose Labyrinthringe zu formen (s. Abbildung des druckgeformten Rings auf Seite 9). Die endgültige Dichte des druckgeformten oder komprimierten Grafits variiert zwischen 1,2 g/cm³ (75 lb/ft³) und 1,8 g/cm³ (113 lb/ft³). Grafitbandpackungen haben einen niedrigen Reibungskoeffizienten, einen pH-Bereich von 0 – 14 und sind bekannt für ihre hervorragenden thermischen Eigenschaften, die den Einsatz bei Temperaturen in Anwendungen bis zu 2500 °C (4532 °F) in nicht oxidierender Atmosphäre ermöglichen. Aufgrund ihrer Temperaturbeständigkeit und Dichte ergeben sie ideale Dampfventilpackungen. Das Band verfügt über fast universelle chemische Inertheit und ist von sich aus imprägnierbar, verdichtungsfähig und elastisch. Das Material ist jedoch fragil und bei abrasiven Bedingungen oder Medien verschleißanfällig.

HYBRID- ODER VERBUNDFASERN UND -GARNE

Hybrid- oder Verbundgarne können als eine lineare Bündelung von Hochleistungsfasern und/oder -filamenten definiert werden, die zu einem kontinuierlichen Strang geformt werden. In Packungs- und Dichtungsprodukten wird eine Anzahl verschiedener Garne verwendet. Geflochtene Packungen und verdrehte Taue werden durch die Kombination von verschiedenen Garnsträngen und unter Verwendung der Standard-Formgebungsverfahren konstruiert.

Unter Verwendung von heute verfügbaren Hochleistungsstapelfasern und -filamenten können hunderte von Hybridgarne mit Standard-Garnverarbeitungstechniken wie Faservermischung, Core-Spinning und Flechten entwickelt werden. Solche Hybridgarne bieten eine einzigartige Kombination von Eigenschaften, die üblicherweise durch die individuellen Filamentgarne nicht erzielt werden kann.

Hybridgarnstrukturen, die Glasfaserfilamente und/oder metallische Drahtkerne und deckende Fasermischungen aus hochtemperaturfesten Fasern wie etwa Acryl, Aramid, Novoloid und PBI enthalten, bieten eine optimale Kombination aus mechanischen, chemischen und thermischen Eigenschaften. Diese Garne, behandelt mit einer Vielzahl an Imprägniermitteln wie PTFE und Graphit, bieten exzellente Eigenschaften in geflochtenen Packungen.

Hybridgarnstrukturen können mit vielfältigsten Herstellungsmethoden produziert werden. Zum Beispiel kann eine Seele mit einer gestrickten Außenhülle verwendet werden. Die Verwendung einer gestrickten Außenhülle aus einem hochfesteren Material um ein flexibleres Material herum gibt der gesamten Struktur Stärke (Abb. 30). Die individuellen Garne werden vor dem Flechten ummantelt. Ummantelungsmaterialien können Metalldrähte, Fasern wie Glas- oder Kohlenstofffasern zur Erhöhung der Festigkeit oder PTFE zur verbesserten Imprägnierbarkeit sein. Da verschiedene Arten von Hybridgarn ein unterschiedliches Eigenschaftsprofil hinsichtlich ihrer technischen Leistungsfähigkeit anbieten, ist es ratsam, den Hersteller des Garnes oder der Faser zu kontaktieren.

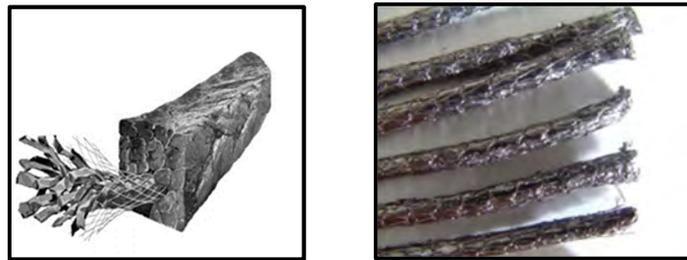


Abbildung 30: Hybridgarn-Strukturen

Hybridgarn-Strukturen bieten eine optimale Kombination von mechanischen, chemischen und thermischen Eigenschaften.

IMPRÄGNIERUNGEN

Stopfbuchspackungen enthalten üblicherweise Imprägnierungen, wenn sie in Hochgeschwindigkeitsaggregaten verwendet werden, bei denen Reibungswärme entsteht. Die Imprägnierungen sorgen für die Elastizität, wodurch sich die Packung verformen und sich von minimalen mechanischen Beanspruchungen wie beispielsweise Achsenbewegungen erholen kann. Sie bieten auch eine Schmierwirkung zwischen den Fasern, welche die Reibungswärme reduziert und als Sperre fungiert, da die Poren in den geflochtenen Strukturen geschlossen werden und so Leckage durch die Packung hindurch verhindert wird. Packungen können ihre Imprägnierung durch mechanisches Quetschen, Schmelzen bei hohen Temperaturen und Auflösung oder Ablagerung durch chemische Reaktionen mit dem zu pumpenden Medium verlieren. Der Volumenverlust durch das verlorene Imprägniermittel, dessen Gehalt in einigen Fällen bis zu 40 % beträgt, erfordert ein kontinuierliches Nachjustieren der Packung. Ein Unterlassen der Nachjustierung kann eine leblose Masse an abrasiven Fasern produzieren, die in drastischen Abrieb von Wellen oder Hülsen führen. Zu hohe Brillenspannungen unter solchen Bedingungen können mit einer Bremse verglichen werden, auf die großer Druck ausgeübt wird, um schneller zu bremsen. Unter diesen Umständen entwickelt sich extreme Reibungswärme und erhöhter Verschleiss tritt auf.

Obwohl das gleiche mechanische Prinzip für Packungen angewendet wird, sollte daran gedacht werden, dass die Packung zur Abdichtung und Bildung einer Flüssigkeitssperre vorgesehen ist und nicht als Bremsband. Dementsprechend werden Packungen nur erfolgreich eingesetzt werden können, wenn die Brille soweit angezogen ist, dass eine Dichtwirkung ohne erhöhte Reibung bzw. Verschleiß eintritt. Dies kann nur erzielt werden, wenn die ausgesuchte Packung unter den Betriebsbedingungen ihre Form behält. Ist dies gewährleistet, minimiert sich der Aufwand der Nachjustierung der Packung. Je nach benutztem Material, der Wahl des Imprägniermittels oder der Wellenschmierung wird die Packung verschleissen, da ein Kontakt zur Welle besteht. Aber die Auswahl und Kombination von Materialien hilft außerordentlich, den Verschleiß zu minimieren und die Lebensdauer der Packung zu erhöhen.

Der Volumenerhalt der Imprägnierung unter schwierigen thermischen und chemischen Bedingungen ist kompliziert und die Auswahl der Imprägnierung muss entsprechend sorgfältig sein. Die Auswahl im Bereich der Imprägnierungen ist groß und der Zusammenhang von Reibungsprozessen, Imprägnierungen und dem Umfeld ist sehr komplex. Es folgt deshalb nur eine grundlegende Einführung. Imprägnierungen sind flüssig, fest oder halbflüssig (z.B. in Form von Schmierfetten, Emulsionen, Dispersionen) erhältlich. Sie können auch analog ihrer Leistungsfähigkeit in hydrodynamische, Grenz-, Hochdruck- und feste Imprägnierungen klassifiziert werden.

Historisch betrachtet spielten Imprägnierungen bis zur industriellen Revolution eine untergeordnete Rolle. Die meisten Anforderungen wurden damals mit vielfältigsten Ölen und Schmierfetten von Tieren, Pflanzen und Fischen erfüllt. Im vergangenen neunzehnten Jahrhundert wurde jedoch der Vorteil der erhöhten Temperatur- und Oxidationsbeständigkeit von auf Mineralöl basierenden Imprägnierungen erkannt und ihre Verwendung breitete sich aus.

Imprägnierungen sorgen für die Elastizität, die es einer Packung erlaubt, sich zu verformen und sich unter leichter mechanischer Beanspruchung, wie Biegung, wieder zu erholen.

Kolloidales Polytetrafluoroethylen (PTFE)

PTFE-Dispersionen (kolloidales PTFE) haben sich in der Packungsindustrie als besonders gut geeignet erwiesen. Die in einer wässrigen Dispersion fein verteilten PTFE-Partikel werden mit Druck in das Garn gepresst. Sobald der Wasseranteil verdunstet und getrocknet ist, werden die nun im Garn haftenden PTFE-Partikel zu einer mit festem PTFE vergleichbaren Imprägnierung. Die Besonderheiten von PTFE sind höhere Temperaturbeständigkeit, exzellente chemische Beständigkeit, ein sehr niedriger Reibungskoeffizient sowie selbstschmierende Eigenschaften. Darüber hinaus verringert die PTFE-Imprägnierung die Härte und abrasive Beschaffenheit der Fasern, die in der Packungsindustrie eingesetzt werden.

PTFE hat den Nachteil der schlechten Wärmeleitfähigkeit. Folglich können zusätzliche Einlaufgleitmittel zu dem PTFE gegeben werden, um den drastischen Aufbau von Reibwärme verursacht durch hohe Wellengeschwindigkeiten zu verhindern. Das verwendete Einlaufgleitmittel muss sorgfältig ausgewählt werden und gut innerhalb der Fasern verteilt werden, um ein Verbrennen der Packung bei Hochgeschwindigkeiten zu verhindern. Bei sehr hohen Wellengeschwindigkeiten können PTFE-imprägnierte Packungen teilweise trotz Verwendung eines Einlaufgleitmittels nicht eingesetzt werden. Unter solchen Bedingungen sollten andere Imprägnierungen oder Packungen ausgewählt werden.

Tierische & pflanzliche Imprägniermittel

Imprägnierungen leiten sich von fettigen Substanzen auf tierischer oder pflanzlicher Basis ab, die in ihrer Konsistenz von sehr flüssig bei niedrigen Temperaturen bis hin zu harten Feststoffen, die bei etwa 50 °C (125 °F) schmelzen. Es ist üblich, jede fettige Substanz als Öl anzusehen, die unter 20 °C (68 °F) flüssig ist, und jede Substanz als Fett zu bezeichnen, die oberhalb dieser Temperatur fest ist. Unter der großen Anzahl dieser Öle und Fette sind beispielsweise Rizinusöl, Rapsöl und Baumwollsaatöl typische Produkte auf pflanzlicher Basis. Talg (Öl und Fett) und Bienenwachs stellen Produkte auf tierischer Basis dar. Diese Produkte werden oft auch als fette Öle bzw. Fette bezeichnet, weil sie sich nicht ohne Zerstörung destillieren lassen und teilweise in Wasser unlöslich sind. Mit Ausnahme von Rizinusöl sind sie bei Raumtemperatur auch in Alkohol unlöslich.

Andererseits sind sie, ebenfalls mit Ausnahme des Rizinusöls, komplett in Äther, Kohlenstoffdisulfid, Chloroform, Kohlenstofftetrachlorid, Benzol und Mineralöl löslich. (Zu beachten ist, dass einige dieser Lösemittel toxisch sind und mit besonderer Sorgfalt behandelt werden müssen. Keine der genannten Chemikalien sollte im Endprodukt enthalten sein.) Die Fettöle und Fette gelten im Vergleich zu Mineralöl als besser schmierbar. Eine Imprägnierung mit höherer Öligkeit verursacht weniger Hitze und reduziert den Verschleiß. Auch wenn fette Öle und Fette historisch die ersten verwendeten Schmierstoffe darstellten und sie exzellente schmiertechnische Eigenschaften aufweisen, haben die folgenden Nachteile die Verwendung dieser Materialien stark eingeschränkt:

- Sie sind teurer als Mineralöle.
- Sie oxidieren im Vergleich zu Mineralölen leichter und bilden Ablagerungen aus Harz und Fettsäuren während der Lagerung und dem Gebrauch.
- Sie sind nicht in einer großen Vielzahl an Viskositäten erhältlich.

Biologisch abbaubare Imprägniermittel

Die ersten Imprägnierungen waren umweltfreundlich und biologisch abbaubar; Materialien wie pflanzliche Öle und tierischer Talg. Als sich die petrochemische Industrie ausweitete, wurden Produkte mit verbesserter Funktionalität entwickelt und ersetzten schrittweise die natürlichen Schmierstoffe. Die weit verbreitete Verwendung von auf Petroleum basierenden Imprägnierungen mit zahlreichen Additiven hat zu der Feststellung geführt, dass die zufällige Freisetzung für die Umwelt potenziell gefährlich sein kann. Biologisch abbaubare Imprägnierungen werden darüber hinaus wie folgt beschrieben:

Biologische Abbaubarkeit: Dieser Begriff bezieht sich darauf, ob eine Substanz durch einen Mikroorganismus zersetzt werden kann. Auch wenn typische Mineralöle und Synthetiköle absolut biologisch abbaubar sind, lässt die Abbaugeschwindigkeit sie als nicht wünschenswert für die Umwelt erscheinen. Es gibt eine Reihe von Normen zur Bestimmung der biologischen Abbaubarkeit, z.B. die EPA Shake Flask Testmethode.

Biologisch abbaubare Verbindungen: Die gängigsten Mineralölsubstitute bestehen aus pflanzlichen Ölen, wie Sojaöl oder Sojaöl mit hohem Olsäuregehalt, natürlichen Estern, und synthetischen Ester und Polyglykole. Sie sind üblicherweise anfälliger für Oxidation und weniger thermisch stabil als Mineralöle.

Rapsöl ist die üblichste Basis, die ursprünglich für auf Pflanzen basierende Imprägnierungen verwendet wurde. Synthetische Ester werden durch die Reaktion von Alkohol mit Fettsäuren hergestellt. Dies führt zu einer Verbesserung der Flieseigenschaften bei niedrigen Temperaturen und schwächt den chemischen Angriff einiger Elastomerdichtungen bei hohen Temperaturen ab. Auf Raps basierende Schmierstoffe wurden ebenfalls entwickelt und werden mehr und mehr in rotierenden Anwendungen verwendet.

Da die Freisetzung von Schmierstoffen, die in einem Satz von Packungsringen enthalten ist, sehr gering ist, ist das Risiko einer Umweltverschmutzung nicht besonders groß. In einigen Anwendungen, z.B. in der Nahrungsmittel- oder Pharmaindustrie, basiert die Sorge auf einer Verschmutzung des zu verarbeitenden Produktes.

Der Begriff Bio-Schmierstoff bezieht sich auf alle Imprägniermittel, die sowohl schnell biologisch abbaubar als auch nicht toxisch für Mensch und Wasser sind.

Imprägnierungen auf Erdölbasis (Mineralöle)

Die meisten Schmierstoffe werden aus Erdöl hergestellt, das aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff besteht, die chemisch zu Kohlenwasserstoffen kombiniert sind.

Synthetische Imprägnierungen

Die industrielle Revolution erzeugte eine Nachfrage nach neuen Imprägnierungen, die Hochleistungskriterien erfüllen. Diese synthetischen Schmierstoffe sind in vielerlei Hinsicht vergleichbar mit Mineralölen und verfügen über exzellente Viskositäts- und Temperatureigenschaften. Sie finden verbreitet Anwendung als Hochtemperaturschmierstoffe, da sie sich ohne kohleartige Rückstände zersetzen und zu flüchtigen Verbindungen oxidieren. Deshalb sind diese Schmierstoffe besonders für Anwendungen geeignet, die keine Verschmutzung zulassen.

Silikone

Silikone können unterschiedliche Formen von niedrig siedenden Flüssigkeiten bis zu viskosen Flüssigkeiten und Harzen annehmen. Als Schmierstoff widerstehen sie auch höchsten Belastungen. Sie sind chemisch inert und thermisch bis zu 360 °C (680 °F) stabil. Aufgrund dieser günstigen physikalischen und chemischen Eigenschaften erfüllen die Hochtemperatursilikone die meisten Anforderungen an eine perfekte Imprägnierung. Einige Silikonimprägnierungen eignen sich für Anwendungen im Nahrungsmittelbereich.

ACHTUNG: Vermeiden Sie Silikon zur Abdichtung von Medien, die dazu bestimmt sind, mit Farben und Lacken in Kontakt zu kommen.

Chlorofluorkohlenstoffe

Diese Schmierstoffe verfügen über herausragende Oxidations- und Temperaturbeständigkeit. Sie können ohne Zersetzung bis auf 300° C (572 °F) erhitzt werden.

Feststoffe zur Imprägnierung

Die am meisten verwendeten Feststoffe zur Imprägnierung sind Grafit, Mica (Glimmer) und Molybdänsulfid.

Grafit

Die Klassifizierung von natürlichem Grafit ist sehr variantenreich, aber drei physikalisch bestimmte Varianten werden normalerweise unterschieden: Flockengrafit, amorpher und klumpenförmiger Grafit. Grafit wird in Hochtemperaturanwendungen eingesetzt und zeigt eine prinzipbedingt niedrige Reibung bei Temperaturen bis zu 1500 °C (2732 °F).

Molybdändisulfid

Molybdändisulfid wird seit einiger Zeit als Schmierstoff eingesetzt und wird aufgrund seines ähnlichen Aussehens und Verhaltens häufig für Grafit gehalten. Die beiden Materialien sind aber in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen sehr unterschiedlich in ihren Leistungen als Festschmierstoff. In hochentwickelten Imprägnierungen werden Grafit und Molybdändisulfid mit feinen Harzpartikeln aus Fluorkohlenstoff und gelegentlich anorganischen Feststoffen in hochviskosen Mineralölen gemischt. Dies resultiert in hocheffizienten und extrem chemisch und thermisch stabilen Imprägnierungen.

Fette

Ein Fett ist ein fester oder halbfester Schmierstoff, der aus einem verdickenden oder gelartigen Medium in einem flüssigen Öl besteht. Dies beinhaltet nicht nur seifende, sondern auch nichtseifende Typen. Diese Flüssigkeiten, die bei der Verbindung von Fetten verwendet werden, sind vergleichbar mit Ölen, die zur Imprägnierung eingesetzt werden. In den meisten Fällen enthalten Fette Öle der SAE Klasse 20 bis 30. Die Mehrzahl der industriellen Fette besteht aus Seife bzw. Seifen und Mineralöl. Sie können zusätzlich Füllstoffe und Additive enthalten.

Andere feste Verbindungen

Andere Feststoffe, etwa Bornitrid und Chromchlorid, die wie Grafit niedrige Reibeigenschaften bei hohen Temperaturen aufweisen, werden in geringem Umfang in Imprägnierungen eingesetzt.

Wolframdisulfid

Wolframdisulfid ist ein ungiftiger, nicht korrosiver, anorganischer Hochtemperaturschmierstoff. Einige Quellen behaupten, dass Wolframdisulfid ein sehr guter Korrosionsinhibitor sei.

Glimmer

Glimmer (Mica) ist eine Hochtemperaturimprägnierung, die rostfreien Ventilstahl nicht angreift oder schädigt. Er ist thermisch bis 600 °C (1112 °F) stabil.

KORROSIONS-INHIBITOREN

Galvanische Korrosion ist eine elektrochemische Reaktion, die zwischen zwei unterschiedlichen Metallen oder zwischen einem Metall und einem Kohlenstoff und/oder Grafitmaterial ablaufen kann. Damit eine Reaktion stattfinden kann, müssen die zwei unterschiedlichen Metalle oder Materialien in Kontakt mit einer elektrisch leitenden Flüssigkeit kommen. Werden diese Bedingungen erfüllt, korrodiert das Material, das näher am positiven Ende der galvanischen Skala liegt.

Der unterschiedliche Grad der beiden Materialien in der galvanischen Skala beeinflusst die Korrosionsgeschwindigkeit – je größer die Differenz ist, desto schneller verläuft der potenzielle Korrosionsprozess.

In Packungsanwendungen tritt galvanische Korrosion meistens auf, wenn eine Armatur mit einem Spindelmaterial aus einem martensitischen Edelstahl mit einer Kohlenstoff- und/oder Grafitpackungssatz verpackt wird und eine Zeit lang Wasser in Form eines flüssigen Mediums auftritt. Da Stahl positiver (anodischer) als Kohlenstoffatome des Kohlenstoff- oder Grafitmaterials ist, korrodiert die Spindel aus 1.4000. Die Korrosion kann durch verschiedene Methoden eingegrenzt oder eliminiert werden:

- 1) Als Spindelmaterial kann ein austenitischer Edelstahl (üblicherweise 1.4404 oder 1.4571) statt eines martensitischen Edelstahls (1.4000 oder 1.4057) eingesetzt werden, der weniger anfällig gegenüber galvanischer Korrosion ist.
- 2) Das Eindringen von Wasser verhindern. Die galvanische Korrosionsreaktion kann nur ablaufen, wenn eine elektrisch leitende Flüssigkeit vorhanden ist.
- 3) Die Verwendung eines Packungstyps, der einen Inhibitor gegen galvanische Korrosion beinhaltet. Galvanische Korrosionsinhibitoren lassen sich in zwei grundsätzliche Typen einteilen: aktive und passive Inhibitoren. Beide Typen beeinflussen oder modifizieren die Korrosionsreaktion und können erfolgreich eingesetzt werden, um Korrosion zu verhindern oder drastisch zu reduzieren. Aktive und passive Inhibitoren lassen sich wie folgt beschreiben:
 - a) **Aktive Inhibitoren (Opferanode):** Wenn sich zwei unterschiedliche Materialien in einer elektrisch leitenden Flüssigkeit befinden, wird das stärker anodische Material stärker korrodiert. Alle Stahlsorten sind elektrisch positiver als Kohlenstoff-/Grafitmaterialien, sodass der Stahl üblicherweise das Ziel der Korrosion ist. Allerdings ist Zink positiver als irgendeine Stahlsorte. Wird Zinkpulver in einer Packung verwendet, dann wird sich in diesem elektrolytischen System die Korrosion gegen das Zink und nicht den Stahl wenden. Die Stahlspindel ist somit vor der Korrosion geschützt. Die aktiven Korrosionsschutzmittel sind Opferanoden und das Zink wird mit der Zeit abgebaut und verbraucht. Der Stahl von Spindel und Gehäuse wird so lange kontinuierlich geschützt, solange adäquate Mengen an Zink als Opferanode zur Verfügung stehen. Laboruntersuchungen mit Packungsringen, die mit Zink oberflächenbeschichtet waren, haben unter korrosiven Bedingungen einen Korrosionsschutz von mehr als 77 Wochen aufgezeigt.

Auch wenn die Verwendung von anderen Metallen, wie etwa Aluminium, angedacht wird, ist Zink der einzige aktive Inhibitor der regelmäßig eingesetzt und anerkannt wird. Die meisten Packungsmaterialien können mit einer Zinkpulverbeschichtung geliefert werden. Das Zink kann entweder als Oberflächenbeschichtung auf das Produkt aufgebracht werden und/oder es ist ein Bestandteil des Imprägniermittels der Packung.

b) Passive Inhibitoren (Schutzbeschichtung):

Passive Inhibitoren bilden einen Schutzfilm an der Oberfläche eines der Materialien im Korrosionssystem. Bei Armaturen bildet sich dieser Schutzfilm an der Oberfläche der Spindel. Ist dieser Film einmal geformt, dann ist der elektrische Kontakt zwischen den zwei unterschiedlichen Materialien unterbrochen und die Korrosionsreaktion stoppt.

Obwohl es eine Vielzahl passiver Inhibitoren auf dem Markt gibt, sind Phosphat und Bariummolybdat die zwei am häufigsten verwendeten Chemikalien. Tests, die durch eine Vielzahl von Quellen bestätigt wurden, haben die Zuverlässigkeit und die lange Lebensdauer beider Chemikalien wie folgt bestätigt:

- 1) **Phosphat:** Diese Chemikalie wird oftmals in Kombination mit flexiblen Grafitbändern und Packungen aus geflochtenem Grafit verwendet. Bislang existiert noch keine Technologie, um es als separate Beschichtung auf eine konventionelle Geflechtpackung aufzubringen. Ein zusätzlicher Nutzen des Phosphats liegt in der Fähigkeit, die Oxidationsbeständigkeit von flexiblen Grafitringen bei hohen Temperaturen zu verbessern.
- 2) **Bariummolybdat:** Dieses Mittel wird als separate Lösung in einem Beschichtungsprozess aufgebracht. Deshalb kann es für die meisten Packungen verwendet werden. Im Gegensatz zu Phosphat beeinflusst Bariummolybdat die Oxidationsbeständigkeit der beschichteten Materialien nicht. Es ist auch üblich, beide passiven Korrosionsinhibitoren in einer gemeinsamen Kombination in einem Packungssatz einzusetzen. Zum Beispiel Grafitringe mit Phosphatinhibitoren und mit geflochtenen Endringen aus Molybdat. Genauso können mit Zink beschichtete geflochtene Endringe zusammen mit Grafitringen mit einem passiven Inhibitor kombiniert werden. Die drei Inhibitoren sind im Gebrauch miteinander verträglich.

HANDHABUNG VON PACKUNGEN

Packungen bestehen aus einer Vielzahl von nicht-metallischen und metallischen Materialien in verschiedenen Formen und Ausführungen. Das Kapitel Packungsmaterialien und Imprägniermittel gibt eine Übersicht von Materialien und Ausführungen die überwiegend in aktuellen Packungen verwendet werden. Es wird kein Anspruch erhoben, alle Materialien und Ausführungen abzudecken. Viele der beschriebenen Materialien, speziell für geflochtene Packungen, sind mit verschiedenen organischen und anorganischen Schmierstoffen oder Korrosionsinhibitoren versehen, um die Leistungsfähigkeit zu verbessern. Fortschritte in der Material- und Fertigungstechnologie haben zu einer verbesserten Dichtleistung über einen breiteren Bereich von anspruchsvolleren Anwendungen geführt. Diese Fortschritte resultieren in niedrigeren Emissionen und einer sauberen Umwelt durch reduzierte Verluste von Prozessmedien. Die Anwendung von modernen Packungsmaterialien garantiert dem Anwender auch eine erhöhte Prozesssicherheit.

Die Packungspalette variiert von einzelnen, homogenen Materialien, wie PTFE oder expandiertem Grafit, bis zu Kombinationen aus verschiedenen Fasern, Drähten oder Folien mit zusätzlichen Schmierstoffen. Es liegt in der Verantwortung des Anwenders von Packungen, die Sicherheits- und Gesundheitsbestimmungen einzuhalten und die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften vor der Anwendung sicherzustellen. Um dies sicherzustellen, empfiehlt es sich, ein Materialsicherheitsdatenblatt (MSDB) von einem bevorzugten ESA- oder FSA-Hersteller anzufragen, bevor die Packung eingesetzt wird.

Empfehlungen zur Packungslagerung und Lebensdauer sollten ebenfalls bei dem Hersteller erfragt werden.

Es liegt in der Verantwortung des Anwenders von Packungen, die Sicherheits- und Gesundheitsbestimmungen einzuhalten und die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften vor der Anwendung sicherzustellen.

VORGEHENSWEISE ZUR AUSWAHL DER RICHTIGEN PACKUNG

Bei richtiger Auswahl, entsprechendem Einbau und sorgfältiger Wartung von Stopfbuchspackungen kann ein problemloser Betrieb in der jeweiligen Anwendung erwartet werden. Die erfolgreiche Abdichtung mit Stopfbuchspackungen hängt von einigen wichtigen Faktoren ab:

- 1) Sorgfältige Auswahl des Packungsmaterials um spezifische Anwendungsanforderungen zu erfüllen
- 2) Berücksichtigung von Umfangsgeschwindigkeit der Welle, Druck, Temperaturen, und dem abzudichtenden Medium
- 3) Richtige Einbau- und Einlaufverfahren
- 4) Ein hoher Standard bei der Maschinenwartung
- 5) Richtige Auslegung der Stopfbuchse

Diese Faktoren werden im Folgenden besprochen und auch im Detail in den Produktdatenblättern der namhaften Packungshersteller behandelt.

Damit Packungen erfolgreich funktionieren, müssen Faktoren wie Packungsmaterial, Einbau, Anwendungsumgebung und Ausrüstung berücksichtigt werden.

Es liegt in der Verantwortung des Wartungspersonals, die geeignete Stopfbuchspackung für die jeweilige Anwendung auszuwählen. Um eine Packung zu bestimmen, müssen grundsätzliche Fragen nach den folgenden Anwendungsparametern beantwortet werden [2]:

Abmessung – Wie sind die Stopfbuchsenabmessungen?

Temperatur – Wie hoch ist die Medientemperatur?

Anwendung – Um welches Aggregat handelt es sich?

Medium – Welches Medium wird abgedichtet?

Druck– Wie hoch ist der Systemdruck?

Geschwindigkeit – Wie hoch ist die Wellengeschwindigkeit?

Die Dimension der Packung hängt von den Stopfbuchsabmessungen ab. Die Packungsabmessung kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$\text{Packungsabmessung} = (\text{AD} - \text{ID}) / 2 \quad \{2\}$$

AD = Gehäusedurchmesser
ID = Spindel-/ Wellendurchmesser

Die Temperatur des abzudichtenden Mediums bestimmt die Auswahl des Packungsmaterials. Grenzwerte für den Temperaturbereich für einzelne Packungen werden von den Packungsherstellern angegeben.

Stopfbuchspackungen dichten eine Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungen ab. Jedes Aggregat in jeder Anwendung wird in verschiedener Häufigkeit, mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Leckagekriterien betrieben. Diese Anwendungskriterien beeinflussen die Auswahl der geeigneten Packung. Ist die Anwendung z.B. eine Regelarmatur oder Absperrarmatur und wird die Armatur von Hand oder mit einem Aktuator verstellt? Bei Pumpen ist die Anwendung eine Kreisel- oder eine Kolbenpumpe?

Die Packung muss mit allen Medien in der Anwendung kompatibel sein. Ist das Material der Packung beständig gegen alle Medien, die in der Anwendung auftreten können (z.B. abzudichtendes Medium, Reinigungsmittel), um ein Altern oder einen chemischen Angriff auf die Packung zu verhindern? Ist das Medium Schlamm oder abrasiv? Wie hoch ist der Anteil an Feststoffen in flüssigen Medien? Ist das Medium giftig oder entflammbar? Unterliegt es einer Aufsicht durch Behörden?

Der Druck des Mediums oder anderer Systemflüssigkeiten, wie Spülwasser, muss ebenfalls berücksichtigt werden. Ähnlich wie die Temperatur beeinflusst auch der Druck das Verhalten des Mediums im System und demnach auch die Packungseigenschaften. Grenzwerte für den Druckbereich einzelner Packungen werden von den Packungsherstellern angegeben. Die Wellengeschwindigkeit ist eine entscheidende Variabel für die Größe der Reibkräfte in der Stopfbuchse. Die Wellengeschwindigkeit und der Wellendurchmesser haben einen Einfluss auf die Stabilität oder Flexibilität der Welle in der Stopfbuchse. Dies kann eine Erhöhung der Reibkräfte aufgrund einer Wellenauslenkung bei kritischen Geschwindigkeiten verursachen [3].

Die folgenden Tabellen können als Ausgangspunkt für die Auswahl einer geeigneten Packung verwendet werden:

pH-Wert: Der pH-Wert ist ein Zahlenwert der die Intensität oder Aggressivität einer Säure oder Lauge angibt. In Tabelle 1 werden pH-Werte für einen weiten Anwendungsbereich von Säuren oder Laugen angegeben. Beispielsweise ist destilliertes Wasser neutral mit pH-Wert 7 (siehe Tabelle 2).

Benutzen Sie den pH-Wert, um aus den Tabellen 1, 2 und 3 die beste Packung für eine bestimmte Anwendung auszuwählen. Gehen Sie wie folgt vor:

- 1) Bestimmen Sie den pH-Wert.
- 2) Wählen Sie aus der Tabelle 1 das Material oder die Materialien, die am besten für diesen pH-Wert geeignet sind.
- 3) In Tabelle 2 finden Sie den Bereich, in den der bestimmte pH-Wert fällt.
- 4) Wenn die Temperatur und der pH-Bereich bekannt sind, dann wählen Sie aus Tabelle 3 (Bereich 1 und 2) die geeignete Packung für die Anwendung.
- 5) Benutzen Sie die Tabellen 4, 5, und 6 für Informationen zu Toleranzen, Wellengeschwindigkeit und starken Oxidantien (Generelle Auflistung).

Für technische Anfragen benutzen Sie bitte das Anwendungsdatenblatt auf Seite 46.

TABELLE 1: pH-Bereich zur Bestimmung des geeigneten Packungsmaterials

<u>Bereich</u>	<u>Packungsmaterial</u>
0-1	PTFE-Faser, ePTFE/Grafit, Kohlenstoff-Faser*, expandierter Grafit*, Novoloid
2-3	PTFE-Faser, ePTFE/Grafit, Kohlenstoff-Faser, expandierter Grafit, Aramid-PTFE Dispersion, Acryl-PTFE Dispersion, Glas, Novoloid
4-5	PTFE-Faser, ePTFE/Grafit, Kohlenstoff-Faser, expandierter Grafit; Aramid-PTFE Dispersion, Öl und Grafit; Acryl-PTFE Dispersion, Öl und Grafit; Glas; Novoloid
6-7	PTFE-Faser, ePTFE/Grafit, Kohlenstoff-Faser, expandierter Grafit; Aramid-PTFE Dispersion, Öl und Grafit; Acryl-PTFE Dispersion, Öl und Grafit; Glas; Metall, Novoloid, Flachs
8-9	PTFE-Faser, ePTFE/Grafit, Kohlenstoff-Faser, expandierter Grafit; Aramid-PTFE Dispersion, Öl und Grafit; Acryl-PTFE Dispersion, Öl und Grafit; Glas; Novoloid, Flachs
10-11	PTFE-Faser, ePTFE/Grafit, Kohlenstoff-Faser, expandierter Grafit; Aramid-PTFE Dispersion, Acryl-PTFE Dispersion, Glas-PTFE Dispersion, Novoloid
12-13	PTFE-Faser, ePTFE/Grafit, Kohlenstoff-Faser, expandierter Grafit, Novoloid
14	PTFE-Faser, ePTFE/Grafit, Kohlenstoff-Faser, expandierter Grafit, Novoloid

Anmerkung: Einige Geflechte können auch verschiedene Metalldrähte oder –streifen enthalten. Typische Materialien sind Inconel™**, Blei, Kupfer und Aluminium. Diese Metalle können aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegen chemische Attacken je nach Konzentration der verschiedenen Chemikalien nicht in die allgemeine pH-Klassifizierung aufgenommen werden. Wenn der Einsatz einer Geflechtpackung mit Metallanteil geplant ist, dann wenden Sie sich bitte an einen Packungshersteller, um die Eignung der Packung für das Medium sicherzustellen.

*Nicht für Sauerstoffanwendungen
 **International Nickel Company Markenzeichen

TABELLE 2: pH-Bereiche

14	Stark ätzende Laugen
13	} Konzentrierte Laugen
12	
11	
10	} Milde Laugen
9	
8	
7.....	Neutral (Distilliertes Wasser)
6	} Milde Säuren
5	
4	
3	} Konzentrierte Säuren
2	
1	
0	Stark ätzende Säuren

Stopfbuchspackungen Anwendungsdatenblatt

Name: _____
Firma: _____
Adresse: _____
Telefon: () _____
Fax: () _____
E-Mail: _____

AUSRÜSTUNGS-NR: _____

Anwendungsdaten

Abmessungen

Wellen-/ Spindel-/ Hülsendurchmesser _____ Laternenringlänge _____
Gehäusedurchmesser _____ Abstand zur Spülbohrung _____
Stopfbuchslänge _____ Packungsanordnung _____

Spindel- und Gehäusezustand (vorhandene Kratzer oder Korrosion notieren)

Temperaturen

Maximale Temperatur _____ (Angabe °C oder °F)
Normale Betriebstemperatur _____
Wechselt die Temperatur häufig? _____

Anwendung (Welcher Gerätetyp soll abgedichtet werden?) _____

Ist die Abdichtung bewegt oder statisch? _____
Wenn bewegt, drehend, hin- und hergehend oder schraubend? _____

Medium (Welches Medium soll abgedichtet werden?) _____

Ist das Medium giftig? _____ Explosiv? _____
Wird die Leckage überwacht? _____
Ist die Stopfbuchse mit einer Spülvorrichtung versehen? _____
Was ist das Spülmedium? _____

Druck

Maximaler Druck: _____
Normaler Anwendungsdruck: _____

Geschwindigkeit

(U/min oder FPM für rotierende Anwendungen, Hübe pro Minute und Hublänge für hin- und hergehende Anwendungen angeben)

TABELLE 3: Packungsempfehlungen

	Anwendungsbedingungen						Bewegung			Säuren		Laugen		Gase			Wasser		Öle		Lösungsm.				
	Temperatur		Druck (stopfbuchse)		Wellengeschw.		pH-Bereich	Rotierend	Hin und Her	Armaturensip.	Korroktiv	Mild	Korroktiv	Mild	Luft & Ind. Gase	Br/Cl	Ammoniak	Sauerstoff	Dampf	Wasser	Salzwasser	Mineralöle	synthetis. Öle	Aliphatisch	Aromatisch
	°F	°C	PSI	Bar	FPM	m/s																			
Pflanzenfasern																									
GeÖl	210	98	150	10	1000	5	5-9	X	X	X									X	X					
PTFE-Impr.	250	120	300	20	1200	6	5-9	X	X	X									X	X	X	X			
Acryl																									
GeÖl	250	120	300	20	1500	7,5	4-10	X	X	X	X		X	X	X	X			X	X	X	X			
PTFE-imp.	500	260	500	34	2250	11	2-12	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		
Aramid																									
GeÖl	250	120	300	20	1500	7,5	4-11	X	X			X	X	X		X			X	X	X	X			
PTFE-imp.	500	260	500	34	2250	11	2-12	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Kohle- Grafit																									
Kohle-Pum. (3)	500	260	500	34	4000	20	(2)	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Grafit-Pum. (3)	500	260	500	34	4000	20	(2)	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Armaturen (3)	1250	675	4000	272			(2)			X	X	X	X	X	X	X	(1)	X	X	X	X	X	X	X	X
Grafitband formgepr.	1250	675	4000	272	4000	20	(2)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	(1)	X	X	X	X	X	X	X	X
Gefl. Ex. Grafit	1250	675	3000	204	4000	20	(2)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	(1)	X	X	X	X	X	X	X	X
Copolyimid																									
GeÖl	250	120	300	20	500	7,5	4-11	X	X			X	X	X		X			X	X	X	X			
PTFE-imp.	500	260	500	34	2250	11	1-12	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Glas																									
Trocken	1200	648					2-12					X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
PTFE-imp.	500	260	300	20	1800	9	2-12	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Melamin																									
GeÖl	250	120	300	20	1500	7,5	4-11	X	X	X		X	X	X					X	X	X	X			
PTFE-imp.	400	200	500	34	2000	10	3-14	X	X	X		X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Metall (4)																									
Aluminium	1000	538	1000	70	1000	5	4-10	X	X	X		X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X
Kupfer	1900	1038	1000	70	1000	5	4-10	X	X	X		X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X
Novoloid																									
PTFE-Impr.	400	200	500	34	2000	10	1-13	X	X	X		X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X
Polyhensäulen																									
PTFE-imp.	400	200	500	34	2000	10	1-14	X	X	X		X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X
PTFE																									
GeÖl	500	260	300	20	1800	9	0-14	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Trocken	500	260	300	20	1000	5	0-14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	(1)	X	X	X	X	X	X	X	X
ePTFE- Grafit																									
GeÖl	500	260	300	20	3600	20	0-14	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Trocken	500	260	300	20	2300	20	0-14	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X

*** ACHTUNG:** Viele Packungshersteller bieten Kombinationen der oben angegebenen Materialien an. Als Ergebnis der Kombination ändern sich die für Geschwindigkeit, Temperatur, pH-Bereich usw. aufgeführten Einschränkungen. Bitte wenden Sie sich an den Packungshersteller, um spezifische Anwendungsinformationen zu erhalten. Die oben aufgeführten Empfehlungen dienen nur als Referenz. Fragen Sie den Hersteller nach der Eignung der Packung für die vorgesehene Anwendung.

Anmerkungen:

- (1) Bitte wenden Sie sich an den Hersteller für geprüfte Sauerstoffpackungen.
- (2) 0-14 mit Ausnahme von starken Oxidationsmitteln, siehe Tabelle 6 mit einer Liste von starken Oxidationsmitteln.
- (3) Die Werte für Temperatur, Druck und Wellengeschwindigkeit sind stark abhängig von den eingebrachten Imprägnierungen. Bitte wenden Sie sich an den Hersteller für eine geeignete Packungsauswahl.

TABELLE 4

Toleranzen und Abmessungen der Stopfbuchspackung

Abmessung	Toleranz
bis 1/4"	+/- 1/64"
bis 6 mm	+/- 0,4 mm
1/4" bis 1"	+/- 1/32"
6 mm bis 25 mm	+/- 0,8 mm
Grösser als 1"	+/- 1/16"
Grösser als 25 mm	+/- 1,6 mm

Achtung: Stopfbuchspackungen werden aus einer Vielzahl von Materialien oder Materialkombinationen gefertigt. Deshalb können die Abmessungstoleranzen der fertigen Produkte je nach Material und Fertigungsmethode variieren.

Die verbreitetste Messmethode für die Packungsabmessungen in der Packungsindustrie ist die direkte Handmessung mit einem Messschieber. Um die Rundheit zu gewährleisten wird der Innendurchmesser mit einem Messdorn ermittelt und der Außendurchmesser wird mit einem Messschieber bei eingeführtem Messdorn gemessen.

TABELLE 5

Berechnung der Wellengeschwindigkeit

Fuss pro Minute

$$\text{FPM} = (\pi/12)(D_s)(\text{UPM})$$

wobei D_s = Wellendurchmesser (inches) und
UPM = Umdrehungen pro Minute ist.

Meter pro Sekunde

$$\begin{aligned} \text{m/s} &= (\pi)(D_s)(\text{RPM}) / 60,000 \\ &= (\text{UPM})(D_s) / 19,100 \end{aligned}$$

wobei D_s = Wellendurchmesser (mm) und
UPM = Umdrehungen pro Minute ist.

Umrechnungsfaktor

$$1 \text{ m/s} = 196.8 \text{ FPM}$$

$$1 \text{ UPM} = 0.005 \text{ m/s}$$

Bei Wellengeschwindigkeiten über 20 m/s (4000 FPM) konsultieren Sie bitte den Hersteller.

TABELLE 6

Starke Oxidationsmittel

Bleiche	Brom	Bromat
Butadien	Chlor	Chlorat
Chlorid	Chlorsäure	Chromat
Chromsäure	Dichromat	Fluorid
Haloide	Halogene	Hydrogenperoxid
Hypochlorit	Jodate	Nitrate
Salpetersäure	Nitrit	Lachgas
Peressigsäure	Perborate	Perhaloat
Percarbonat	Perchlorid	Perchlorsäure
Perhydrat	Peroxid	Persulfate
Permanganat	Natriumborat	Schwefelsäure

PACKUNGEN FÜR ARMATUREN

Armaturenspindel packungen sind in der Regel in drei grundlegenden Konstruktionsformen erhältlich:

- 1) Diagonal geflochtene Garnpackungen
- 2) Produkte aus flexiblem Grafit
- 3) Produkte auf Basis spezieller Kerne sowie rund überflochtene Produkte

TYPEN VON ARMATURENPACKUNGEN

DIAGONAL GEFLOCHTENE GARNPACKUNGEN

Dieser Flechttyp wurde für einen möglichst universellen Einsatzzweck sowie speziell als geflochtene Endringe (Kammerungsringe) auf der Ober- und Unterseite von gepressten Packungsringen aus flexiblem Grafit in sicherheitskritischen oder Steuerventilen entwickelt. Wenn ausschließlich geflochtene Packungsringe in einem Packungssatz verbaut werden, ist bei der Montage eine Kompressionsrate von 25-30 % (je nach Werkstoff und Dichte) der Ausgangshöhe des Packungssatzes auszugehen. Wenn geflochtene Packungsringe als Kammerungsringe (oben und unten) in Verbindung mit gepressten Packungsringen aus flexiblem Grafit(-band) verwendet werden, reduziert sich die Kompressionsrate bei der Montage auf näherungsweise 20 % (je nach Dichte bzw. Typ). In diesem Fall dienen die geflochtenen Kammerungsringe zur Verhinderung von Extrusion bzw. als Abstreifer. Zusätzlich übernehmen die Kammerungsringe aufgrund ihrer Flexibilität den Ausgleich von Oberflächenfehlern im Stopfbuchsgrund sowie zusätzliche Dichtfunktionen. Für Packungsquerschnitte von 5 mm (3/16") oder kleiner werden dabei meist Ringe aus rechteckig geflochtenen Schnüren eingesetzt.

PRODUKTE AUS FLEXIBLEM GRAFIT

Formgepresste Packungsringe aus flexiblem Grafit

Packungsringe aus rechteckig gepresstem flexiblem Grafit basieren dabei meist auf der Verwendung eines Grafitbandes. Zur Herstellung wird dabei eine vorherbestimmte Menge dieses Grafitbandes in einem genau ausgelegten Presswerkzeug zu Packungsringen definierter Dichte verpresst. Für Montagebedingungen, bei denen die Ventilspindel nicht vom Antrieb getrennt werden kann, sollten Packungsringe aus rechteckig gepresstem Grafit in geteilter Form (z.B. zwei Halbschalen) zur Verfügung stehen. Packungsringe aus rechteckig gepresstem Grafit sind in Standardqualität (95-98 % Reinheit) sowie in so genannter Nuklearqualität (> 99 % Reinheit) erhältlich.

Die Standardqualität wird dabei vorwiegend in allgemeinen Industrieanwendungen eingesetzt. Die Verwendung der so genannten Nuklearqualität beschränkt sich dagegen aufgrund der strengen Qualitätsanforderungen während der Herstellung ausschließlich auf den Einsatz in Kernkraftwerken. Beide Qualitäten (Standard und Nuklear) werden dabei in Dichtevarianten von 1,2 bis 1,8 g/cm³ (75 lbs/ft³ bis 110 lbs/ft³) hergestellt und in Abhängigkeit der jeweiligen Einsatzverhältnisse (z.B. Oberfläche und Toleranzen des Stopfbuchsraums und der Spindel) verwendet.

Zur Vorbeugung von Korrosion oder Lochfraß an der Armaturenspindel oder im Stopfbuchsgrund können während der Herstellung den Ringen zusätzlich aktive oder passive Inhibitoren zugesetzt werden. Ringe aus geflochtener Grafit schnur werden als Anti-Extrusionsringe oder Abstreifer verwendet. Als Grundringe zur Vermeidung von Extrusion haben sich auch Metallscheiben etabliert, die den zusätzlichen Vorteil bieten, eine Adhäsion des Grafits am Stopfbuchsgrund zu verhindern. Dadurch wird die Demontage eines Packungssatzes aus gepresstem flexiblem Grafit deutlich verbessert.

Flexibles Grafitband

Band aus flexiblem Grafit kann im Bedarfsfall auch direkt in den Stopfbuchsraum gepresst werden, wenn keine geeigneten Packungsringe aus flexiblem Grafit zur Verfügung stehen. Bei dieser Methode wird so viel Dichtband um die Ventilspindel oder die Pumpenwelle herumgewickelt, bis das Material vollständig den Packungsraum ausfüllt.

Das gewickelte Band wird dann in den Stopfbuchsraum hineingepresst und auf rund 50 % seiner Ausgangshöhe verpresst. Auch hier sollten zur Reduktion einer Extrusionsgefahr auf der Ober- und Unterseite Endringe aus geflochtener Kohle- oder Grafitfaser verwendet werden.

Sonderformen von Grafitpackungen

Zusätzlich zu rechteckig gepressten Packungsringen aus flexiblem Grafit, sind Packungsringe aus flexiblem Grafit auch in den verschiedensten anderen Formen am Markt erhältlich: z.B. zu den bereits erwähnten geflochtenen Schnüren auch noch als laminierte Ringe oder als in den Packungsraum (oder in das Presswerkzeug) eingespritztes oder eingestreutes Material. Der Nachteil von rechteckig gepressten Packungsringen aus flexiblem Grafit ist, dass dieser Ringtyp bei großen Ventilrevisionen oder für die Lagerhaltung in der jeweils genau richtigen Abmessung (Innen- und Außendurchmesser) vorrätig gehalten werden muss. Dabei ist es praktisch unmöglich, in einem Lager alle in einer Anlage im Feld benötigten Abmessungskombinationen vorrätig zu halten.

Für diese Fälle sind geflochtene Packungsringe aus Grafit auf Basis von flexiblem Grafitband in Verbindung mit einem speziellen Trägerfaden sehr populär geworden. Dieser Packungstyp ist endlos als Rollenware in nahezu allen benötigten Querschnitten verfügbar und bietet so den Vorteil bei allen Reparaturen sehr flexibel einsetzbar zu sein. Zusätzlich weisen diese Schnüre gegenüber rechteckig gepressten Ringen aus flexiblem Grafit eine geringere Dichte auf und können so speziell in überarbeiteten Ventilen, bei denen die Abmessungen der Spindel oder des Stopfbuchsraums von den Nennabmessungen abweichen, leichter angepasst werden.

Geflochtene Packungsringe aus expandiertem Grafit sind in einer großen Anzahl an Varianten verfügbar, z.B. Draht aus Inconel™-verstärkt oder auf Basis verschiedener Imprägnierungen. In Hochdruckanwendungen sollten auch diese Ringe in Verbindung mit Kammerungsringen aus geflochtener Kohlefaser oder Grafitfaser verwendet werden. Nur wenn diese Packungsringe aus geflochtenem expandiertem Grafit zusätzlich an der Außenseite mit einem feinen Metalldraht überflochten sind, kann dieser Packungstyp ohne die erwähnten Kammerungsringe eingesetzt werden.

ALLGEMEINE EINSATZPACKUNGEN AUF BASIS RUND GEFLOCHTENER PLASTISCHER KERNE

Diese Flechtung besteht aus einer Hülle, die als Rundgeflecht um einen in der Mitte befindlichen extrudierten plastischen Kern angeordnet ist. Draht aus Inconel™ wird hierbei manchmal in verdrillter Form oder als Garn-Inlay zusätzlich vor der eigentlichen Flechtung eingesetzt. Dieser Packungstyp eignet sich meist auch für allgemeine Anwendungen. Benötigte axiale Kompressionsraten bei der Montage liegen hier meist typischerweise bei rund 28-35 %.

KOMBINATIONSSÄTZE

Wie der Name bereits sagt, sind Kombinationspackungssätze Packungssätze, die aus verschiedenen Packungsringtypen zusammengesetzt werden. Es gibt mehrere Gründe dafür, zwei oder mehrere Packungsarten zu kombinieren. Der häufigste Grund ist zur Vermeidung von Extrusion der Packungsringe an beiden Seiten des Packungssatzes, an der Stopfbuchsbrille und auf der Medienseite.

Diese Kammerungsringe (oder Anti-Extrusionsringe) haben eine höhere Druckbeständigkeit als das Stopfbuchspackungsmaterial zwischen ihnen und verhindern die Extrusion der Packung durch Spalten in der Stopfbuchse. Neben der Extrusionsverhinderung dienen die Kammerungsringe auch als Abstreifer, die so loses Packungsmaterial im Stopfbuchsraum halten. Ein typischer Packungssatz besteht aus Kohlefaser-Kammerungsringen in Verbindung mit Ringen aus flexiblem Grafit.

Des Weiteren werden Kammerungsringe für weiche Stopfbuchspackungen, wie beispielsweise extrudierte oder eingespritzte Packungen benötigt, da diese bei niedrigen Drücken schnell durch den Spalt abwandern. Andere Materialien, wie Metallscheiben oder spanend bearbeitete Kunststoffe werden ebenfalls als Kammerungsringe beispielsweise auf der Medienseite eingesetzt, um das Eindringen von abrasiven Materialien in die Stopfbuchse zu verhindern.

ANWENDUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR PACKUNGEN

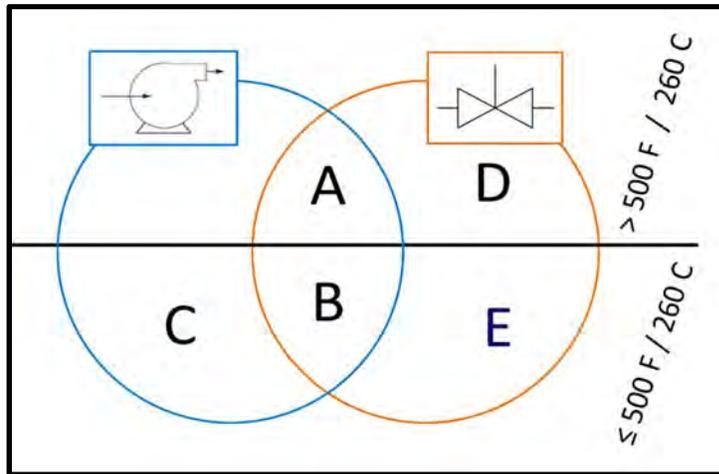


Abbildung 31: Packungsempfehlungen für Pumpen und Armaturen

- A:** Kohlenstoff- und Grafitfasergeflechte – Faserverstärkte Grafitfasergeflechte
- B:** PTFE imprägnierte Geflechte, ePTFE/Grafit, synthetische Fasergeflechte
- C:** Pflanzenfasern, Flax, Ramie, Jute – Synthetische Fasern, geschmiertes PTFE, geschmiertes PTFE mit Grafit, Acryl, Para-Aramid, Novoloid, Polyimid, PBI, Rayon
- D:** Gepresste Grafitfolienringe, drahtverstärkte Grafitfolien-Geflechte, drahtverstärkte Packungen mit plastischem Kern
- E:** Trockene PTFE-Geflechte

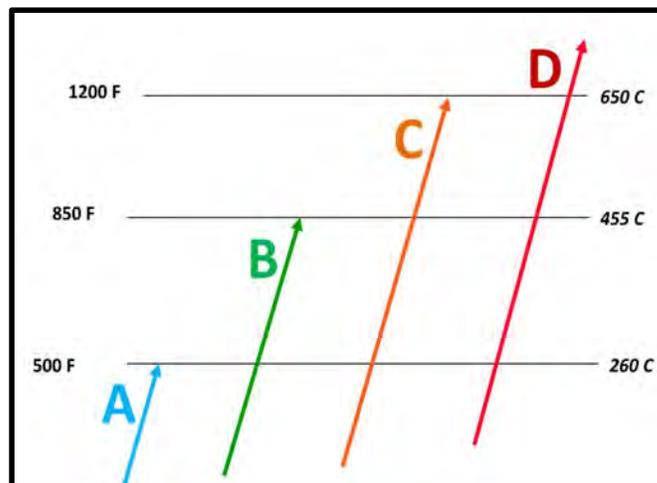


Abbildung 32: Temperaturlimits von Packungsmaterialien

- A:** Viele Synthetikfasern
- B:** Kohlenstoff und Grafit bei Luft
- C:** Kohlenstoff und Grafit bei Dampf oder nicht oxidierender Atmosphäre
- D:** Keramikfasern

EINSATZEMPFEHLUNGEN FÜR ARMATURENPACKUNGEN

Der Einsatz von Packungswerkstoffen für Ventile und ihre jeweilige Konfigurationen werden im Wesentlichen durch die jeweiligen Betriebsbedingungen bestimmt. Besonders hervorzuheben ist dabei, dass Packungswerkstoffe für Ventile über einen niedrigen Reibwert bei gleichzeitiger guter Anpassbarkeit an den Stopfbuchsraum verfügen müssen (siehe Abb. 31 und 32). Auslegungskriterien für Ventilpackungen sind dabei vorwiegend die nachfolgend aufgeführten Betriebsbedingungen:

- Medium (das abzudichtende Medium)
- Temperatureinsatzbereich
- Betriebsdruck
- Spindelbewegung (auf/ab, rotierend, oszillierend, usw.)
- Geschwindigkeit (statisch oder dynamisch)
- Chemische Konzentrationen (pH-Wert)
- Anwendungszustand (Spindelversatz, Oberflächenrauigkeiten)
- Stopfbuchsenabmessungen (Spindel, Gehäuse und Stopfbuchstiefe)

ANFORDERUNGEN AN PACKUNGSWERKSTOFFE

Als Ventilpackungen können bei Nieder- oder Mitteldruckanwendungen eine Vielzahl von Stopfbuchspackungen eingesetzt werden.

In Hochtemperaturanwendungen stellen rechteckig gepresste Packungsringe aus flexiblem Grafit als Mittelringe in Verbindung mit geflochtenen Kohlefaserringen oder geflochtenen Packungsringen aus flexiblem Grafit als Kammerungsringe ideale Packungssätze dar. In Hochtemperatur- und Hochdruckanwendungen haben sich dann rechteckig gepresste Packungsringe aus flexiblem Grafit als Mittelringe mit geflochtenen Packungsringen aus flexiblem Grafit mit Drahtverstärkung bewährt. Darüber hinaus sind in manchen Fällen metallische Packungsringe aus Metallfolien wie Edelstahl, Aluminium, Bronze, Kupfer oder Nickel als Dicht- oder Kammerungsringe empfehlenswert. Dabei sind jedoch in Steuerventilen je nach Konstruktion oder Betrieb teilweise die drahtverstärkten Endringen den Metallkappen-Packungsringen vorzuziehen. Einzelheiten zu Einsatzempfehlungen bei Steuerventilen siehe S. 57.

Packungswerkstoffe für Armaturen müssen über einen niedrigen Reibwert bei gleichzeitiger guter Anpassbarkeit an den Stopfbuchsraum verfügen

In Dampfanwendungen hat sich ein Packungstyp mit extrudiertem Kunststoffkern bestens bewährt. In Hochtemperaturanwendungen bei gleichzeitig starkem chemischem Angriff werden geflochtene Kohlefaserver- oder Grafitfaserringe bzw. Ringe aus geflochtenem flexiblem Grafit in Verbindung mit Packungsringen aus rechteckig gepresstem flexiblem Grafit eingesetzt. Im niedrigen Temperaturbereich und bei moderaten chemischen Bedingungen eignen sich Packungstypen auf Basis geflochtener PTFE-Faser oder von Kohle- und Grafitfaser.

In Ventilanwendungen bei Umgebungsbedingungen sind viele Werkstoffe für Stopfbuchspackungen prinzipiell einsetzbar. Die bekanntesten Packungswerkstoffe sind hierbei PTFE-Faser, PTFE-Filament, Novoloid, Aramid, Acryl, Polyimid sowie die in der Liste im Weiteren aufgeführten Typen. Steuerventile in Verbindung mit Packungsringen aus rechteckig gepresstem flexiblem Grafit als Dichtringe sowie Kammerungsringen auf Basis geflochtener Endringen weisen darüber hinaus eine sehr geringe Emission durch die Packung nach außen auf.

Für vielbetätigte Armaturen, bei denen Reibung und Verschleiß besonders im Vordergrund stehen, haben sich trapezförmig oder dreieckig formgepresste Ringe besonders bewährt. Bei diesen Packungstypen ist die wirkende Kontaktfläche zwischen Packung und Spindel deutlich reduziert, was die Reibkraft zwischen Packung und Spindel stark senkt.

Nachfolgend werden typische Betriebsbedingungen für Packungen in Ventilen sowie die dazugehörigen Einsatzempfehlungen für Packungsmaterialien aufgeführt.

Bitte fragen Sie den Packungshersteller nach den spezifischen Anwendungsinformationen.

Armaturenanwendungen: Allgemeine Einsätze

Betriebsbedingungen: Betriebsdruck ----- bis zu 20 bar/300 PSI

Betriebstemperatur ----- bis zu 260°C/500°F

pH-Wert des Mediums-- 3-11

Einsetzbare Medien----- Wasser, schwache Säuren und Laugen, Gase, Öl, Dampf und Lösungsmittel

Industrien: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, Gewerbe, kommunale Versorgung, Schifffahrt und Energieversorger.

Packungsempfehlungen: Diagonal geflochtene Synthetikpackungen (Acryl- und Polyimidgarne).

Armaturenanwendungen: Einsatz in chemischen Anwendungen

Betriebsbedingungen: Betriebsdruck -----up to 20 bar/300 PSI

Betriebstemperatur ----- bis zu 260°C /500°F

pH-Wert des Mediums-- 0-14

Einsetzbare Medien ---- Chemikalien, korrosive Medien, Ammoniak, Öl, Schwarzlaugen, schwache Säuren und Laugen, Gas, Öl, Dampf und Lösungsmittel

Industrien: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft und Abwasser.

Packungsempfehlungen: Packungen auf PTFE-Basis (trockene oder geschmierte Filamente und Garne), Novoloid, Kohlefaser oder Packungen auf Grafitbasis.

Besondere Hinweise: Die chemische Verträglichkeit, d.h. die chemische Beständigkeit des Packungsmaterials in aggressiven Medien ist von hoher Bedeutung. Aus diesem Grund werden wegen der hervorragenden chemischen Beständigkeit häufig PTFE-Packungen ausgewählt. Grafit ist prinzipiell auch für viele chemische Anwendungen geeignet, kann aber z.B. durch einige Säuren oxidiert werden.

Armaturenanwendungen: Einsatz in chemischen Anwendungen bei hohen Temperaturen

Betriebsbedingungen: Betriebsdruck ----- bis zu 20 bar/300 PSI

Betriebstemperatur ----- bis zu 650°C /1200°F

pH-Wert des Mediums-- 0-14

Einsetzbare Medien ---- Laugen, Gas, Öl, Dampf und Lösungsmittel.-

Industrien: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, Gewerbe, kommunale Versorgung, Schifffahrt und Energieversorger.

Packungsempfehlungen: Geflochtene Kohlefaser- und Grafitpackungen (Kohlestofffilament, Grafitfilament/-garn) oder rechteckig gepresste Ringe aus flexiblem Grafit mit geflochtenen Kohlefaser- oder Grafitpackungsringen.

Besondere Hinweise: Es ist mit dem Packungshersteller abzuklären, ob die ausgewählten Packungswerkstoffe über eine ausreichende chemische Beständigkeit verfügen. Die Korrosionsgeschwindigkeit steigt mit zunehmender Betriebstemperatur.

Armaturenanwendungen: Einsatz bei hohen Temperaturen und Betriebsdrücken

Betriebsbedingungen: Betriebsdruck ----- bis zu 69 bar/1000 PSI
Betriebstemperatur ----- bis zu 538°C/1000°F
pH-Wert des Mediums -- 4-10
Einsetzbare Medien ---- Wasser, schwache Säuren und Laugen, Gase, Öl, Dampf und Lösungsmittel, HF-Gase

Industrien: Petrochemie, Stromerzeugung, Stahl und Metall, Bergbau und Mineralien, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, Schifffahrt und Pharma.

Packungsempfehlung: Gepresste Ringe aus flexiblem Grafit mit geflochtenen Kohlefaser- oder Grafitpackungsringen.

Besondere Hinweise: Kontaktieren Sie bei oxidierenden Medien den Packungshersteller.

Armaturenanwendungen: Einsatz bei extrem hohen Betriebsdrücken und Temperaturen

Betriebsbedingungen: Betriebsdruck ----- über 69 bar/1000 PSI
Betriebstemperatur ----- über 650°C/1200°F
pH-Wert des Mediums --- 0-14
Einsetzbare Medien ----- Luft, Gas, Öl, Dampf

Typisches Einsatzgebiet: Allgemeine Industrie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Energieerzeugung, Pharma, kommunale Versorgung, Schifffahrt, Energieversorger, Stahl und Metall, Berg-/Tagebau.

Packungsempfehlungen: Drahtverstärkte geflochtene Packungen mit extrudierten Kernen (z.B. Glasfasern, Edelstahl draht aus Inconel™ und Kolloidgrafit) oder rechteckig gepresste Ringe aus flexiblem Grafit mit geflochtenen drahtverstärkten Grafitpackungsringen (hergestellt aus flexiblem Grafit und Glasfasergarn sowie speziell extrudierten Kernmaterialien)

Besondere Hinweise: Oxidationsrate einiger Werkstoffe nimmt bei hohen Temperaturen stark zu. Wenden Sie sich bei oxidierenden Medien an den Packungshersteller.

Armaturenanwendungen: Einsatz bei zyklischem Betrieb, Regelventile

Betriebsbedingungen: Betriebsdruck ----- bis zu 34 bar/500 PSI
Betriebstemperatur ----- bis zu 260°C/500°F
pH-Wert des Mediums -- 0-14
Einsetzbare Medien ----- Wasser, Säuren und Laugen, Gas, Öl, Dampf
und Lösungsmittel.

Typisches Einsatzgebiet: Allgemeine Industrie, Öl und Gas, Papier- oder Faserherstellung
landwirtschaftliche Industrie, Kraftwerke, Pharmaindustrie,
Stadtwasser, Marine und Kraftwerke, Stahl- und Metallindustrie,
Berg-/Tagebau.

Packungsempfehlungen: Auf Reibungsarmut ausgelegte, gepresste Ringe (konkave/konvexe
Konstruktion aus flexiblem Grafit mit geflochtenen Kohlefaser- oder
Grafitpackungsringen.

Armaturenanwendungen: Einsatz in Steuerventilen

Betriebsbedingungen: Betriebsdruck ----- bis zu 34 bar/600 PSI
Betriebstemperatur ----- bis zu 650°C/1200°F
pH-Wert des Mediums -- 0-14
Einsetzbare Medien --- Wasser, Säuren & Laugen, Gase, Öle,
Dampf und Lösungsmittel.

Typisches Einsatzgebiet: Allgemeine Industrie, Öl und Gas, Chemie, Papier und Zellulose,
Energieerzeugung, Pharma, kommunale Versorgung, Schifffahrt,
Energieversorger, Stahl und Metall, Berg-/Tagebau.

Packungsempfehlungen: Für Temperaturen unter 260 °C/500 °F werden Packungen auf PTFE-
Basis, geflochten oder in V-Form (Dachmanschetten), empfohlen und
für höhere Temperaturen Packungsringe aus gepresstem flexiblem
Grafit mit geflochtenen Kammerungsringen aus Kohlefaser oder
Grafit, die auf niedrige Reibung optimiert sind.

Besondere Hinweise: In der Regel werden selten mehr als 5 Packungsringe eingesetzt. Wenn
der Stopfbuchsraum ursprünglich für die Aufnahme von mehr Packungsringen konstruiert
wurde, werden Distanzringe eingesetzt, um den verbleibenden Stopfbuchsraum aufzufüllen.
Der Hauptgrund liegt in der Reduktion der Stopfbuchsreibkraft bei gleichzeitig niedrigen
Emissionen nach außen. Hohe Stopfbuchsreibung führt ansonsten zu starkem Verschleiß an
den Packungsringen sowie zu deutlichen Leistungsverlusten am eingesetzten Spindelantrieb.
Aus diesem Grund werden bei häufig bewegten Armaturen spezielle Befederungstechniken
eingesetzt, um die aufgebrachte Betriebsspannung möglichst dauerhaft sicherzustellen.

MONTAGE- UND EINSTELLANLEITUNG FÜR ARMATURENPACKUNGEN

Die Bedeutung der richtigen Packungsmontage kann nicht genug hervorgehoben werden. Eine Vielzahl von Packungsausfällen oder Fehlfunktionen lässt sich nämlich auf eine fehlerhafte Montage zurückführen. Für eine richtige Montage von Ventilpackungen sind daher unbedingt die nachfolgenden Hinweise zu beachten. Weitere Informationen zu Packungswerkstoffen sind ab Seite 26 zu finden.

- 1) **BEFOLGEN SIE ZUERSTERST DIE SICHERHEITSVORSCHRIFTEN** der jeweiligen Anlage während der Vorbereitung und Durchführung der Montage.
- 2) **ENTFERNEN SIE SÄMTLICHES ALTES PACKUNGSMATERIAL AUS DEM STOPFBUCHSRAUM** (siehe Abb. 33). Packungszieher und Wasserstrahl sind hilfreiche Werkzeuge zur Demontage von Packungen, ohne den Stopfbuchsraum zu zerstören. Reinigen Sie den Stopfbuchsraum und die Spindel sorgfältig und untersuchen Sie die Spindel auf Verschleiß oder Beschädigungen. Tauschen Sie die Spindel aus, sobald die Beschädigungen zu stark sind. Kontrollieren Sie, ob die Spindel zentrisch in der Bohrung sitzt. Beachten Sie hierzu die Tabelle 9 und 10 der Seiten 101 und 102 mit weitergehenden Informationen zu Betriebsbedingungen und deren Einfluss auf das Dichtsystem.

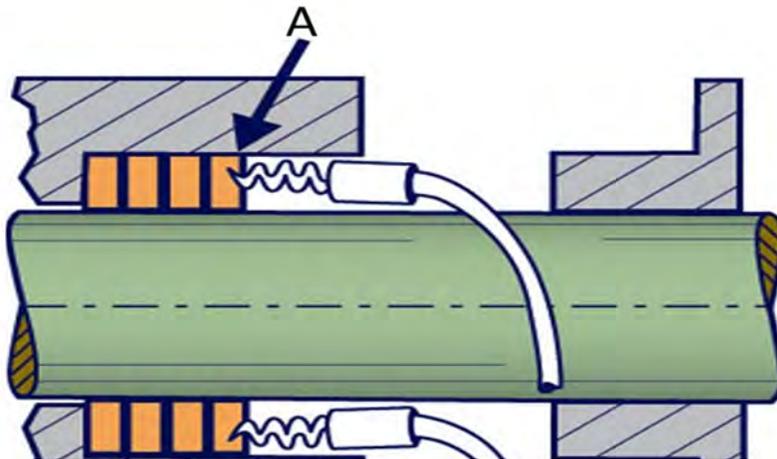


Abbildung 33: Packungsausbau

A: 90° von der Spindel weg zeigen

- 3) **VERWENDEN SIE NUR PACKUNGEN ODER GEPRESSTE RINGE MIT DEM RICHTIGEN QUERSCHNITT.** Um die richtige Packungsabmessung auszuwählen, messen Sie den Durchmesser der Spindel im Stopfbuchsraum zur Bestimmung des inneren Durchmessers des Packungsrings. Dann messen Sie, falls möglich, den Durchmesser der Bohrung des Stopfbuchsraums, um den Außendurchmesser des Packungsrings zu bestimmen. Ziehen Sie den Innendurchmesser vom Außendurchmesser ab und teilen Sie diese Zahl durch zwei. Das Ergebnis ist der Packungsquerschnitt.
- 4) **WENN SIE SCHNUR- ODER BANDMATERIAL VERWENDEN, SOLLTEN SIE ES AUSSCHLIESSLICH IN DER FÜR EINZELNE RINGE BENÖTIGTEN LÄNGE VERWENDEN**

Wickeln Sie also niemals eine Endlosschnur in den Packungsraum. Ringlängen können von der Endlosrolle je nach Ablängmethode über gerade oder schräge Schnitte geschnitten werden (siehe hierzu Abb. 34 und 35). Kontrollieren Sie bitte den ersten geschnittenen Ring an der Spindel sorgfältig für einen sauberen und vollständig geschlossenen Sitz.

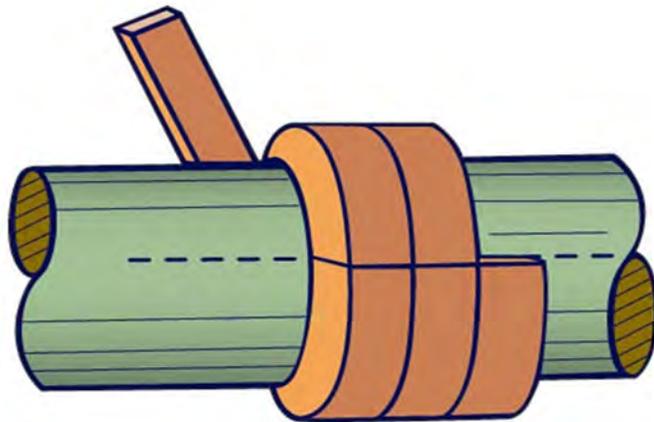


Abbildung 34: Geradschnitt

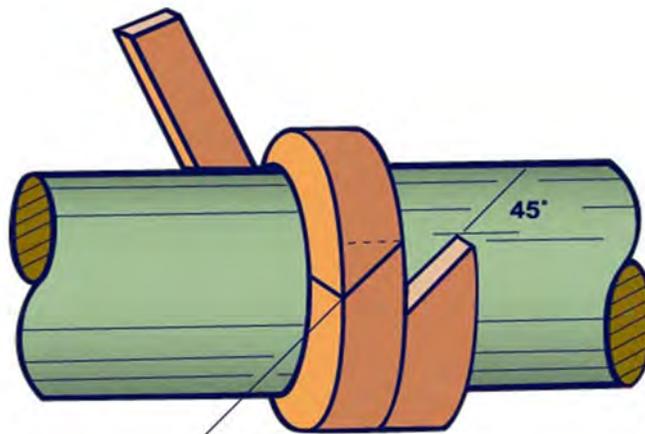


Abbildung 35: Diagonalschnitt

Eine gute Möglichkeit für eine genaue Ablängung besteht darin, die Packungsschnur um einen Schneiddorn mit exakt gleichem Außendurchmesser wie die Spindel der Ventile zu legen und dort abzulängen. Stellen Sie sicher, dass der erste Ring jedes Packungstyps sorgfältig geschnitten und am Schaft auf korrekten Sitz geprüft wird.

Beachten Sie, dass sich Packungen aus verschiedenen Materialien und Flechtmethoden beim Biegen um eine Welle unterschiedlich verhalten. Geschnittene Ringe aus der berechneten Länge passen möglicherweise nicht alle genau (siehe Abbildung 36).



Abbildung 36: Die Länge des Rings hängt von der Konstruktion ab

Halten Sie hierzu die Packungsschnur straff um den Schneiddorn, ohne sie jedoch zu dehnen. Im Prinzip kann die Packungsschnur auch an der Spindel der Armatur geschnitten werden, in diesem Fall muss jedoch eine Beschädigung (Kratzer, Riefen) der Spindel auf jeden Fall ausgeschlossen werden. Schneiden Sie den Ring und fügen Sie ihn in den Stopfbuchsraum ein, wobei Sie auf sauberen Sitz im Stopfbuchsraum achten müssen.

Die weiteren Ringe können dann in derselben Art und Weise hergestellt werden bzw. der erste Ring dient als Vorlage, von dem die weiteren dann durch paralleles Anlegen abgemessen werden können. Wenn die Ringe mit senkrechtem Schnitt auf einer flachen Unterlage geschnitten werden, müssen Sie aufpassen, dass Sie dabei den Umfang der Innen- bzw. Außenseite entsprechend abbilden. Das ist notwendig, um die optimale Überdeckung der Ringenden bei allen Ringen sicherzustellen.

Bei diagonalem Schnitt wird ein spezielles Schneidbrett empfohlen (Gehrungshilfe, siehe Abb. 37), sodass alle weiteren Ringe im richtigen Winkel abgelängt werden. Andererseits führen nicht exakt abgelängte Ringe in der Regel zu einer reduzierten Lebensdauer. Aufgrund dieses großen Aufwands sind rechteckig vorgepresste Packungsrings von großem Vorteil. In diesem Fall ist die exakte Anpassung an die Bohrung des Stopfbuchsraums sowie den Außendurchmesser der Spindel ohne Abfall durch falsch geschnittene Ringe sichergestellt.

Verwenden Sie beim Schneiden von Diagonalschnitten eine Schneidlehre, damit jeder aufeinanderfolgende Ring im richtigen Winkel geschnitten werden kann. Die Ringe müssen auf die richtige Größe zugeschnitten werden. Andernfalls wird die Lebensdauer verkürzt.

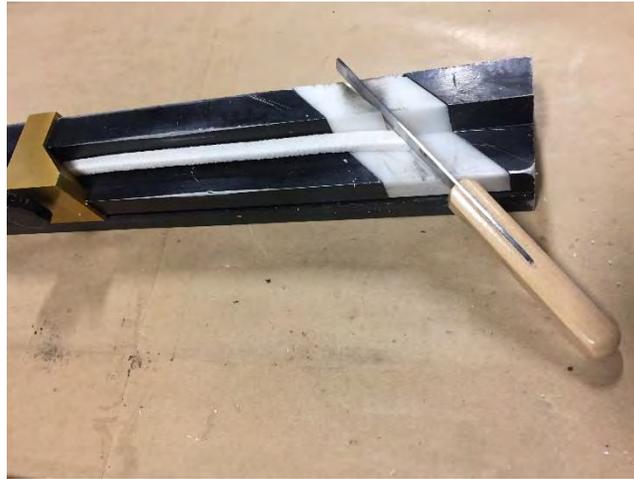


Abbildung 37: Schneidlehre für Stopfbuchspackungen

5) **MONTIEREN SIE EINEN RING NACH DEM ANDEREN.** Betrachten Sie hierzu das Bild 38 für die Montage von geschnittenen Ringen (aus Flecht- oder Schnurware).

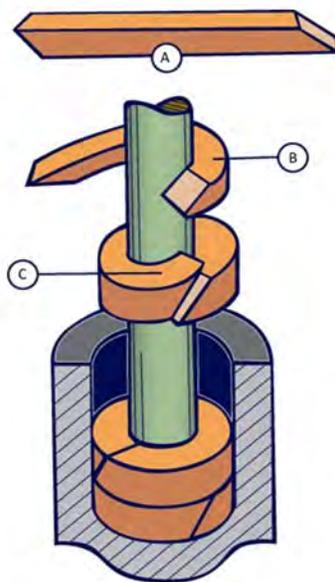


Abbildung 38: Einbau geschnittener Packungsringe

Um rechteckig gepresste Ringe aus flexiblem Grafit richtig zu montieren, müssen Sie, um Bruch der Packungsringe zu verhindern, unbedingt ein Wickeln um die Spindel wie in Abb. 38 gezeigt verhindern. Formen Sie in diesem Fall aus dem Packungsring eine Helix (siehe Abb. 39 und 40).

In kleinen Ventilen mit 3-5 mm (1/8-3/16") Querschnitt, können weiche Packungswerkstoffe (z.B. aus ePTFE, PTFE) jedoch in der Regel auch durch das spiralförmige Einwickeln einer Packungsschnur in den Stopfbuchsraum und um die Armaturenspindel herum ohne vorhergehendes Ablängen auf Einzelringe montiert werden. Anleitungen erhalten Sie vom Hersteller.

Kontrollieren Sie den Ring vor Montage in jedem Fall auf Sauberkeit sowie darauf, dass beim Ablängen nicht aus Versehen der Ring mit Fremdstoffen verschmutzt bzw. kontaminiert wurde. Beim Einlegen der weiteren Ringe müssen diese so übereinander angeordnet werden, dass die Überlappungsstellen um jeweils mindestens 90° versetzt zueinander zum Liegen kommen. Dabei muss jeder einzelne Ring mit einer Montagehilfe bzw. einer Stopfhilfe (z.B. geteilte Halbschalen usw.) sorgfältig und vollständig in den Stopfbuchraum eingeschoben werden. Wenn genügend Ringe in den Stopfbuchsraum eingebracht wurden, sodass das Ende der Stopfbuchsbrille diese erreichen kann, werden einzelnen Ringe mit der Stopfbuchsbrille eingeschoben.

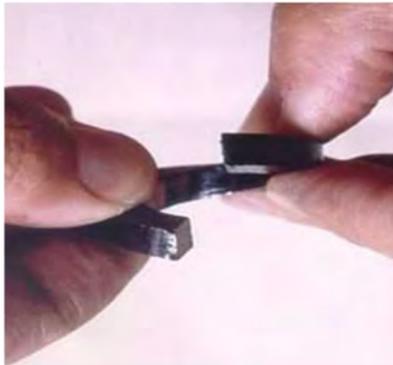


Abbildung 39: Helixaufweitung eines Rings



Abbildung 40: Korrekter Einbau eines Rings

6) SCHIEBEN SIE DIE STOPFBUCHSBRILLE SOWEIT IN RICHTUNG DER STOPFBUCHSPACKUNG, BIS DIESE BERÜHRT WIRD. ZIEHEN SIE DANN DIE SCHRAUBEN DER STOPFBUCHSBRILLE MIT DEM DURCH DEN HERSTELLER VORGESCHRIEBENEN DREHMOMENT FEST. Kontrollieren Sie hierbei noch die Beweglichkeit der Spindel. Ziehen Sie in keinem Fall die Schrauben der Stopfbuchsbrillen so fest, dass die Spindel nicht mehr bewegt werden kann.

7) KONTROLLIEREN SIE DAS VENTIL IN EINER TESTVORRICHTUNG ODER NACHDEM ES IN BETRIEB GEWESEN IST. Falls Sie Leckage feststellen, ziehen Sie die Schrauben der Stopfbuchsbrille gemäß den Sicherheitsvorschriften bzw. Vorschriften des Herstellers nach.

8) INSTALLATION EINER BRILLENBEFEDERUNG. In der einfachsten Form wird eine dauerhafte Betriebsspannung durch die Installation einer befederten Stopfbuchsbrille erreicht (siehe Abb. 58 auf Seite 102). Tellerfedern, die zwischen der Oberseite der Stopfbuchsbrille und den Muttern der Stopfbuchsschrauben in den Kraftfluss gelegt werden, stellen dabei ein effizientes Mittel dar, um eine definierte Betriebsspannung aufrechtzuerhalten. Der Betrag der Vorspannung bei befederter Stopfbuchsbrille kann dabei durch die Größe der eingesetzten Tellerfedern sowie deren axiale Deformation (Verformung) eingestellt werden. Dadurch stellt die vorgespannte und befederte Stopfbuchspackung sicher, dass selbst dann die Stopfbuchsbrille ausreichend fest auf die Packung drückt oder presst, wenn entsprechendes Packungsmaterial durch Reibung, Extrusion oder Setzvorgänge verloren geht.

Auch in diesem Fall wird sich die Vorspannung auf die Packung geringfügig verringern jedoch deutlich geringer als ohne Befederung. Diese verbleibende Vorspannung reicht in der Regel dann sehr lange aus, um die Vorspannung oberhalb des für minimale Dichtheit notwendigen Grenzwerts zu halten und so für einen leakagefreien Weiterbetrieb zu sorgen. Weitergehende Informationen zum Thema Brillenbefederungen („Liveloading“) können Sie im Kapitel Technische Referenzen in diesem Handbuch nachlesen.

PUMPEN-PACKUNGEN

Qualitätspumpen-Packungen sind generell in den folgenden Ausführungen erhältlich:

- 1) Diagonalgeflecht
- 2) Zopfgeflecht
- 3) Konzentrisches Geflecht

TYPEN VON PUMPEN-PACKUNGEN

Diagonal geflochtene Packungen werden in der Regel für die meisten Pumpen, einschließlich solcher für rauen Betrieb, empfohlen. Diese Packungen bestehen aus einer Vielfalt von Materialien, die einen großen Anwendungsbereich ermöglichen. Die gebräuchlichsten Materialien für Diagonalgeflechte sind:

- 1) Kohlenstoff-Garne imprägniert mit PTFE- oder Grafit-Dispersionen
- 2) PTFE-Garne imprägniert mit PTFE -Dispersion oder anderen Schmierstoffen
- 3) PTFE- oder ePTFE/Grafit-Garne mit Schmierstoffen oder anti-Extrusions Eckgarnen
- 4) Flexible Grafitgarne mit Schmierstoffen oder anti-Extrusions Eckgarnen
- 5) Mischungen von obengenannten Fasern oder anderen synthetischen Fasern imprägniert mit Dispersionen oder Schmierstoffen

Die zopfgeflochtenen Pumpenpackungen werden im allgemeinen Betrieb und für spezielle Anwendungen mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt verwendet. Die dicht geformten, konzentrisch geflochtenen Packungen können für Kolbenbewegungen verwendet werden. Quadratisch geflochtene und konzentrisch geflochtene Packungen sind in den obenstehenden Materialien verfügbar.

Andere Garne, wie Novoloid und Para-Aramid-Stapelfaser, beide imprägniert mit PTFE und Schmierstoffen, können für den Pumpenbetrieb genutzt werden. Diese und weitere sind im Abschnitt Packungsmaterialien und Imprägniermittel zu finden. Im Abschnitt Ausführungen von Stopfbuchspackungen sind die unterschiedlichen Konstruktionsarten beschrieben. Im nächsten Abschnitt werden allgemeine Richtlinien für Materialien und Konstruktionen für den Pumpenbetrieb vorgestellt.

Bei Sonderanwendungen wenden Sie sich bitte an Ihren Packungshersteller.

EINSATZEMPFEHLUNGEN FÜR PACKUNGEN IN KREISELPUMPEN

Die folgenden Empfehlungen sind nur allgemeine Angaben zu den Packungsmaterialien für Anwendungen in Pumpen.

*Siehe Abb. 31 und 32 auf Seite 53 zu allgemeinen Anwendungsempfehlungen.
Bei Sonderanwendungen wenden Sie sich bitte an Ihren Packungshersteller.*

Geflochtene PTFE-Packung

PTFE-Packungen eignen sich für den allgemeinen Gebrauch in Kreiselpumpen. Für Anwendungen bei niedrigem Druck und hohen Geschwindigkeiten werden PTFE-Garne mit Grafitbeschichtung und PTFE-Dispersion zusammen mit einem geeigneten Schmierstoff empfohlen. Für Medien mit einem pH-Wert von 0 bis 14 wird ein ePTFE-Filamentgarn mit geeignetem Schmierstoff empfohlen.

Gering geschmierte PTFE- oder ePTFE-Packungen werden in der Regel bei Umfangsgeschwindigkeiten der Welle von bis zu 10 m/s (2000 FPM) verwendet.

Für die Lebensmittel- und Getränkebranche sollten gebleichte PTFE-Filamentgarne mit Schmierstoffen auf Lebensmittelbasis, wie Mineralöl oder Pflanzenöl, verwendet werden. Wenn kein Schmierstoff zugelassen ist, kann auch die trockene Version dieser Packung verwendet werden. PTFE ist mit wenigen Ausnahmen beständig gegen alle Chemikalien, hat eine hohe Zugfestigkeit und eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit für Medien mit einem pH-Wert von 0-14.

Geflochtene PTFE/Grafitpackung

ePTFE-Garn mit Grafit eignet sich für den allgemeinen und den Hochgeschwindigkeits-Kreiselpumpenbetrieb. Für Medien mit einem pH-Wert von 0 bis 14 wird dieses Garn mit geeignetem Schmierstoff empfohlen. Diese Packung eignet sich in der Regel für Umfangsgeschwindigkeiten bis zu 20 m/s (4000 FPM) und lässt sich gut in die Stopfbuchse ein- und ausbauen.

Geflochtene flexible Grafit- und Kohlenstoff/Grafitpackung

Anwendungen in Kesselspeisepumpen: Geflochtener, flexibler Grafit mit Kohlenstoff-Filamenten und kolloidalem Grafit hat sich als effektiv arbeitendes Material bewährt. Dieses Packungsmaterial kann aufgrund der guten Wärmeableitung über die verschiedenen Grafit-Materialien sogar trocken laufen. Es hat hohe Korrosionsbeständigkeit gegen Medien mit einem pH-Wert von 0-14, außer bei starken Oxidationsmitteln.

Geflochtene Aramidpackung

Für hochabrasive Medien, werden die Aramidpackungen mit PTFE-Dispersion und geeignetem Schmiermittel empfohlen. Aramid-Filamente oder versponnener Aramid sind gegen alle Arten von abrasiven Partikeln beständig, die in der Pumpenflüssigkeit vorhanden sind. Aufgrund ihrer sehr hohen Zugfestigkeit im Gegensatz zu anderen Materialien ist der Verschleiß deutlich geringer. Diese Packung eignet sich ausgezeichnet für den Einsatz in abrasiven Medien. Sie findet unter vielen Bereichen Anwendung, wie z.B. bei Pumpen, Anlagen in der Chemie und Petrochemie, Zellulose- und Papierindustrie, Schifffahrt, Stahl/Metall, Bergbau, Abwasser und Energieversorger-Systemen.

Flexible Metall-Packung

Für Anwendungen in Hochdruck-Kolben-Pumpen wird eine Kombination aus geflochtenem flexiblem Grafit mit Endringen aus Metallfolie empfohlen. Diese Packung eignet sich ausgezeichnet für den Hochgeschwindigkeitsbetrieb, also für Ladepumpen, Rohölpumpen und Kesselspeisepumpen.

Geflochtene Synthetikpackungen (Acryl- und Polyimidgarne)

Diese Packung ist eine allgemeine Industriepackung für alle gering beanspruchten Pumpen. Diese Packung ist auf der Gegenlauffläche nicht abrasiv. Sie ist ideal für niedrige bis mittlere Geschwindigkeiten und niedrige Temperaturen.

Nachfolgend werden typische Betriebsbedingungen für Packungen in Pumpen aufgeführt.

Pumpenanwendungen: Allgemeine Einsätze

Betriebsbedingungen: Pumpengeschwindigkeit ----- bis zu 10 m/s (2000 FPM)
Druck in der Stopfbuchse ---- bis zu 20 bar/300 psi
Temperatur des Mediums --- bis zu 260 °C/500 °F
pH-Wert des Mediums ----- 3 - 12
Einsetzbare Medien: Wasser, schwache Säuren und Laugen, Gase Öl,
Dampf und Lösungsmittel.

Typisches Einsatzgebiet: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, Gewerbe und Energieversorger.

Packungsempfehlungen: Diagonal geflochtene Synthetikpackungen (Acryl- und Polyimidgarne).

Pumpenanwendungen: Einsatz in chemischen Anwendungen

Betriebsbedingungen: Pumpengeschwindigkeit----- bis zu 10 m/s (2000 FPM)
Druck in der Stopfbuchse ---- bis zu 20 bar/300 PSI
Temperatur des Mediums ---- bis zu 260°C/500°F
pH-Wert des Mediums ----- 0-14
Einsetzbare Medien: Chemikalien, korrosive Medien, Ammoniak,
Schwarzlauge, schwache Säuren und Laugen, Gase, Öl, Dampf und
Lösungsmittel.

Typisches Einsatzgebiet: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, Kommunal, Schifffahrt und Energieversorger.

Packungsempfehlungen: Packungen auf PTFE-Basis (trockene oder geschmierte Filamente und Garne), ePTFE, ePTFE/Grafit oder auf Grafitbasis.

Besondere Hinweise: Chemische Verträglichkeit und die Materialbeständigkeit gegen aggressive Medien sind von großer Bedeutung bei Anwendung in der Chemie. Aus diesem Grund werden wegen der hervorragenden chemischen Beständigkeit häufig PTFE-Packungen ausgewählt. Grafit ist kompatibel mit vielen Chemikalien, sollte aber nicht zusammen mit starken Oxidationsmitteln verwendet werden.

Pumpenanwendungen: Einsatz in chemischen Anwendungen bei hohen Temperaturen

Betriebsbedingungen Pumpengeschwindigkeit----- bis zu 10 m/s (2000 FPM)
Druck in der Stopfbuchse ---- bis zu 20 bar/300 PSI
Temperatur des Mediums ---- bis zu 650°C/1200°F
pH-Wert des Mediums ----- 0-14
Einsetzbare Medien: Wasser, schwache Säuren und Laugen,
Gase, Öl, Dampf und Lösungsmittel

Typisches Einsatzgebiet: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, Gewerbe, kommunale Versorgung, Schifffahrt und Energieversorger.

Packungsempfehlungen: geflochtene Kohlenstoffpackung, Grafit-Packung, geflochtene flexible Grafit-Packung (Kohlefaser, Grafitfaser/Grafitgarne).

Besondere Hinweise: Es sollte mit dem Packungshersteller abgestimmt werden, ob die ausgewählten Packungswerkstoffe über eine ausreichende chemische Beständigkeit verfügen. Die Korrosionsgeschwindigkeit steigt mit zunehmender Betriebstemperatur.

Pumpenanwendungen: Einsatz bei extrem hohen Betriebsdrücken und Temperaturen

Betriebsbedingungen: Pumpengeschwindigkeit ----- bis zu 18 m/s (3600 FPM)
Druck in der Stopfbuchse ----- bis zu 68 bar/1000 psi
Temperatur des Mediums ----- bis zu 650 °C/1200 °F
pH-Wert des Mediums ----- 4-10
Einsetzbare Medien: Wasser, schwache Säuren und Laugen, Gase Öl,
Dampf und Lösungsmittel, HF-Gase.

Typisches Einsatzgebiet: Stromerzeugung, Stahl und Metall, Bergbau und Mineralien, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, Schifffahrt und Pharma.

Packungsempfehlungen: Metallfolien-Packung (Weißmetall, Aluminium, Edelstahl, Kupferfolie)
Anti-Extrusionsendringe als Drossel/Lager.

Besondere Hinweise: Der Einsatz von Gleitringdichtungen sollte für viele Hochdruckanwendungen in Betracht gezogen werden. Bitte wenden Sie sich an Ihren Packungshersteller hinsichtlich Informationen über die Druckgrenzen der Packung.

Pumpenanwendungen: Abrasive Bedingungen

Betriebsbedingungen: Pumpengeschwindigkeit ----- bis zu 10 m/s (2000 FPM)
Druck in der Stopfbuchse ----- bis zu 20 bar/300 psi
Temperatur des Mediums ----- bis zu 260 °C/500 °F
pH-Wert des Mediums ----- 2-12
Einsetzbare Medien: Wasser, schwache Säuren und Laugen, Gase Öl,
Dampf und Lösungsmittel.

Typisches Einsatzgebiet: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, Bergbau, Gewerbe, kommunale Versorgung, Schifffahrt und Energieversorger.

Packungsempfehlungen: diagonal geflochtenes Aramid, Polyamide, PTFE-Packung (Aramidfaser oder versponnenes PTFE, versponnenes Aramid, PTFE- und Polyimidgarne), ePTFE/Grafit, Novoloid.

Besondere Hinweise: In einigen Fällen sind besonders verschleißfeste Endringe in der Stopfbuchse als Barriere gegen abrasive Verunreinigungen erforderlich.

Pumpenanwendungen: Allgemeiner Lebensmittelbereich

Betriebsbedingungen: Pumpengeschwindigkeit ----- bis zu 10 m/s (2000 FPM)
Druck in der Stopfbuchse ----- bis zu 20 bar/300 psi
Temperatur des Mediums ----- bis zu 260 °C/500 °F
pH-Wert des Mediums ----- 0-14
Einsetzbare Medien: Nahrungsmittel, Trinkwasser, Chemikalien, korrosive Medien, Gas, Öl, Dampf, und Lösungsmittel

Typisches Einsatzgebiet: Nahrungsmittel und Getränke, Chemie und Pharma.

Packungsempfehlungen: Diagonal-geflochtene FDA-konforme Packung (Acryl- und Polyimidgarne), FDA-konforme PTFE-Packung.

Besondere Hinweise: Bitte wenden Sie sich an den Packungshersteller hinsichtlich Packungen, die FDA-konform sein müssen oder anderen Lebensmittelanforderungen entsprechen sollen.

Pumpenanwendungen: Hohe Betriebsgeschwindigkeiten

Betriebsbedingungen: Pumpengeschwindigkeit ----- bis zu 23 m/s (4500 FPM)
Druck in der Stopfbuchse ----- bis zu 34 bar/500 PSI
Temperatur des Mediums ----- bis zu 260°C/500°F
pH-Wert des Mediums ----- 0-14
Einsetzbare Medien: Kesselspeisewasser, Kondensat, Papier,
Schwarzlauge, Ammoniak, Luft, Gas, Öl, Dampf und Lösungsmittel

Typisches Einsatzgebiet: Pharma, Chemie, Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, Gewerbe, kommunale Versorgung, Schifffahrt und Energieversorger

Packungsempfehlungen: Diagonal geflochtener flexibler Grafit, ePTFE (Flexible Grafit/Kohlenstoff-Garne und kolloider Grafit, ePTFE mit Grafitbeschichtung).

Besondere Hinweise: In einigen Fällen unterstützt der Zusatz von Schmiermitteln die Reduzierung von Reibung bei Hochgeschwindigkeits-Anwendungen.

MONTAGE- UND EINSTELLANLEITUNG FÜR PUMPEN-ANWENDUNGEN

Die Bedeutung der richtigen Packungsmontage bei Pumpen kann nicht genug hervorgehoben werden. Viele Ausfälle der Packung sind auf einen fehlerhaften Einbau zurückzuführen. Lesen Sie die nachstehenden Anweisungen, um den richtigen Einbau der Packung zu gewährleisten. Hinweise zur richtigen „Handhabung“ des Packungsmaterials finden Sie auf Seite 26.

- 1) **BEFOLGEN SIE ZUERSTERST DIE SICHERHEITSVORSCHRIFTEN** der jeweiligen Anlage während der Vorbereitung und Durchführung der Montage.
- 2) **ENTFERNEN SIE SÄMTLICHES ALTES PACKUNGSMATERIAL AUS DEM STOPFBUCHSRAUM** (siehe Abb. 41). Packungszieher und Wasserstrahl sind hilfreiche Werkzeuge zur Demontage von Packungen, ohne den Stopfbuchsraum zu zerstören. Reinigen Sie den Stopfbuchsraum und die Welle oder Hülse sorgfältig und untersuchen Sie die Welle auf Verschleiß oder Beschädigungen. Tauschen Sie die Welle aus, sobald der Verschleiß zu hoch ist. Stellen Sie sicher, dass die Welle konzentrisch zur Bohrung der Stopfbuchse ist. Beachten Sie hierzu die Tabelle 9 und 10 auf den Seiten 101 und 102 mit weitergehenden Informationen zu Betriebsbedingungen und deren Einfluss auf das Dichtsystem.

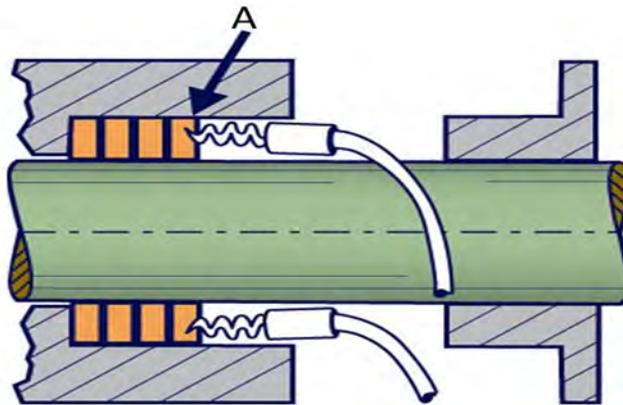


Abbildung 41: Ausbau der Packung A:
90° von der Welle weg zeigen

- 3) **VERWENDEN SIE NUR PACKUNGEN ODER GEPRESSTE RINGE MIT DEM RICHTIGEN QUERSCHNITT.** Um die richtige Packungsabmessung auszuwählen, messen Sie den Durchmesser der Spindel im Stopfbuchsraum, damit Sie den inneren Durchmesser des Packungsringes bestimmen können. Dann messen Sie, falls möglich, den Durchmesser der Bohrung des Stopfbuchsraums, um den Außendurchmesser des Packungsringes zu bestimmen. Ziehen Sie den Innendurchmesser vom Außendurchmesser ab und teilen Sie diese Zahl durch zwei. Das Ergebnis ist der Packungsquerschnitt.
- 4) **SCHNUR- ODER BANDMATERIAL SOLLTE ERST NACH KÜRZEN AUF EINZELNE RINGE VERWENDET WERDEN** (Endlosware auf Ringlänge kürzen). Wickeln Sie also niemals eine Endlosschnur in den Packungsraum. Ringlängen können von der Endlosrolle in der Abhängigkeit der Ablängmethode über gerade oder schräge Schnitte geschnitten werden (siehe hierzu Abb. 42 und 43). Kontrollieren Sie bitte die erste Ringlänge an der Welle sorgfältig, ob ein vollständig geschlossener Ring gewährleistet ist. Eine gute Möglichkeit für eine genaue Ablängung besteht darin, die Packungsschnur um einen Schneidorn mit exakt gleichem Außendurchmesser wie die Welle im Stopfbuchsenbereich zu legen und dort abzulängen.

Halten Sie hierzu die Packungsschnur straff um den Schneiddorn, ohne sie jedoch zu dehnen. Im Prinzip kann die Packungsschnur auch an der Welle oder Hülse geschnitten werden, in diesem Fall muss jedoch eine Beschädigung (Kratzer, Riefen) der Welle auf jeden Fall ausgeschlossen werden können. Schneiden Sie den Ring und fügen Sie ihn in den Stopfbuchsraum ein, wobei Sie auf sauberen Sitz im Stopfbuchsraum achten müssen.

Die weiteren Ringe können dann in derselben Art und Weise hergestellt werden bzw. der erste Ring dient als Vorlage, von dem die weiteren dann durch paralleles Anlegen abgemessen werden können. Wenn die Ringe mit senkrechtem Schnitt auf einer flachen Unterlage geschnitten werden, müssen Sie aufpassen, dass Sie dabei den Umfang der Innen- bzw. Außenseite entsprechend abbilden. Das ist notwendig, um die optimale Überdeckung der Ringenden bei allen Ringen sicherzustellen.

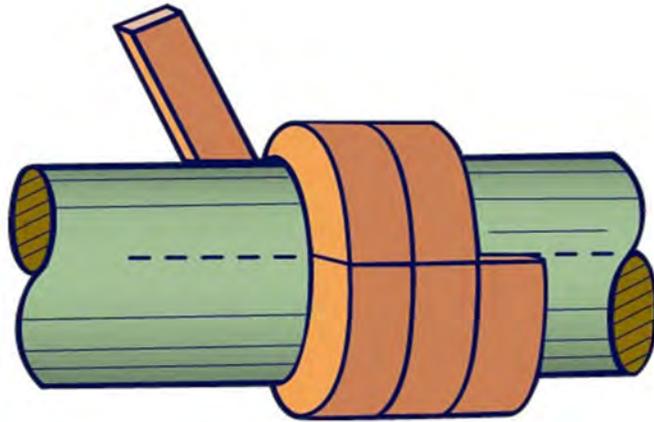


Abbildung 42: Geradschnitt

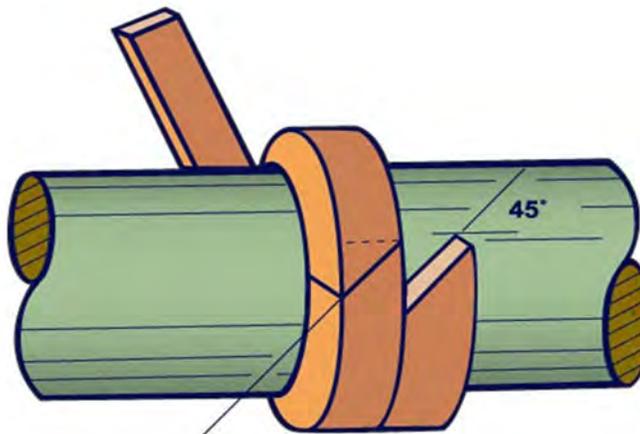


Abbildung 43: Diagonalschnitt

Beim diagonalen Schnitt wird ein spezieller Packungsschneider empfohlen (Gehrungshilfe), sodass alle weiteren Ringe mit richtigem Winkel abgelängt werden (Abb. 44).

Andererseits führen nicht exakt abgelängte Ringe in der Regel zu einer reduzierten Lebensdauer. Aufgrund dieses erhöhten Aufwands sind rechteckig vorgepresste Packungsrings von grossem Vorteil. In diesem Fall ist die exakte Anpassung an die Bohrung des Stopfbuchsraums sowie an den Außendurchmesser der Spindel ohne Abfall durch falsch geschnittene Ringe sichergestellt.

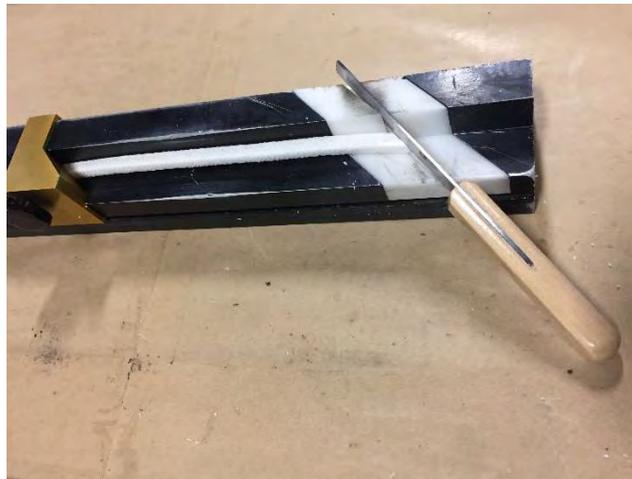


Abbildung 44: Mess- und Schneidwerkzeug für Stopfbuchspackungen

- 5) SETZEN SIE DIE RINGE IMMER EINZELN NACHEINANDER EIN.** Betrachten Sie hierzu Abb. 45 und 46 für die Montage von geschnittenen Ringen (aus Flecht- oder Schnurware).

Um rechteckig gepresste Ringe aus flexiblem Grafit richtig zu montieren und einen Bruch der Packungsrings zu verhindern, müssen Sie unbedingt ein Wickeln um die Welle wie in Abb.45 gezeigt verhindern. Erst wird eine Helix aus dem Ring gebildet (siehe Abb. 46). Stellen Sie sicher, dass alles sauber ist und kein Schmutz durch die Installation hinzugefügt wird. Die Ringe müssen fest sitzen. Davon ausgenommen sind Packungen aus Grafit und PTFE-Filament-Garn. Sie müssen anfangs sehr sanft angeschmiegt und erst dann nach und nach enger angezogen werden, sobald die Pumpe läuft. Die Enden der aufeinanderfolgenden Ringe müssen immer mit einem Winkel von mindestens 90° zueinander montiert werden. Dabei muss jeder einzelne Ring mit einer Montagehilfe bzw. einem Stopfwerkzeug (z.B. geteilten Halbschalen usw.) sorgfältig und vollständig in den Stopfbuchraum eingeschoben werden. Wenn genügend Ringe in den Stopfbuchraum eingebracht wurden, damit das Ende der Stopfbuchsbrille diese erreichen kann, werden einzelnen Ringe mit der Stopfbuchsbrille eingeschoben.

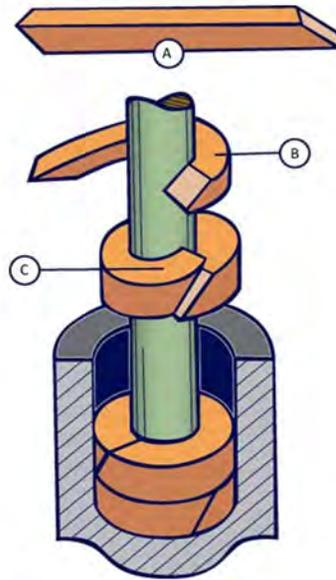


Abbildung 45: Einbau geschnittener Packungsrings

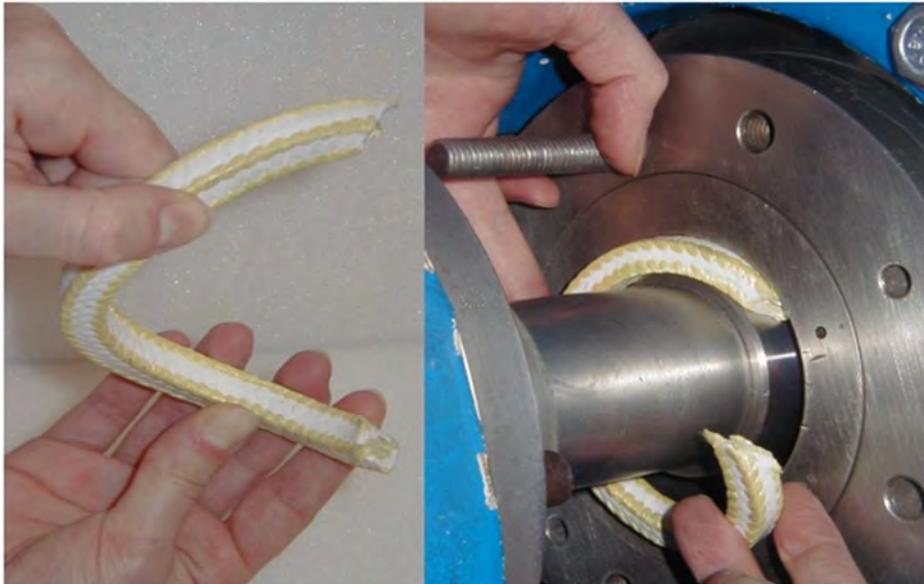


Abbildung 46: Helixaufweitung und Einbau eines Packungsrings

- 6) FALLS DIE STOPFBUCHSE ÜBER EINEN LATERNENRING VERFÜGT** (siehe Abb. 47, S. 72 und Abb. 54, S. 87), überprüfen Sie, ob der Laternenring richtig montiert ist, damit er unter dem Einlasskanal bleibt, wenn die Stopfbuchse mit Druck beaufschlagt wird.

- 7) **FALLS DIE STOPFBUCHSE ÜBER EINEN LATERNENRING VERFÜGT** (siehe Abb. 47, überprüfen Sie, ob der Laternenring richtig montiert ist, damit er unter dem Einlasskanal bleibt, wenn die Stopfbuchse mit Druck beaufschlagt wird.

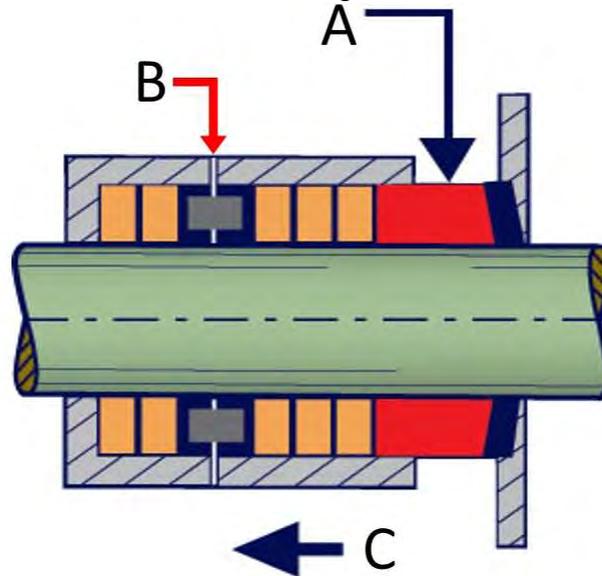


Abbildung 47: Verpressen der Packung

A: Brille
 B: Laternenring
 C: Richtung der Brillenverpressung

- 8) **WENN VOM PUMPENHERSTELLER ANGEZEIGT, SOLLTEN SIE DIE SCHMIERUNG VON WELLE UND PACKUNG ÜBER DEN LATERNENRING SICHERSTELLEN, DURCH DEN DIE PUMPFLÜSSIGKEIT, WASSER, ÖL, FETT ODER ÄHNLICHES GELEITET WIRD.** Das entsprechende Zubehör gehört zur Standardausstattung vieler Pumpen. Der Spüldruck muss mindestens 1 bar (14,5 psi) über dem Stopfbuchsendruck liegen. Für Angaben zu einer Stopfbuchsen-Druckformel siehe Kapitel Stopfbuchsenkonstruktion und Spannungsverteilung und Spülwasser in den Technischen Referenzen dieses Handbuchs.
- 9) **STARTEN SIE DIE PUMPE UND ZIEHEN SIE DIE STOPFBUCHSSCHRAUBEN SANFT AN.** Überprüfen Sie, dass diese Schrauben gleichmäßig angezogen sind.
- 10) **DIE LECKAGE DARF NICHT KOMPLETT GESTOPPT WERDEN, SONST WIRD DIE PACKUNG ZU HEISS UND VERHÄRTET: DIE FOLGE IST EINE BESCHÄDIGUNG DER MASCHINE.**
- 11) **NACH EINEM PUMPENPACKUNGSWECHSEL SOLLTE MAN EINE LECKAGE ERLAUBEN:** Eine erhöhte Leckage innerhalb der ersten Betriebsstunde führt zu einer auf lange Sicht besseren Abdichtung. Wenden Sie sich bitte an Ihren Packungshersteller, wenn Sie spezifische Empfehlungen wünschen.

12) ERHÖHEN SIE SCHRITTWEISE DIE SCHRAUBENKRAFT AN DER PACKUNG, bis sich die Leckage auf ein erträgliches Mass verringert hat, vorzugsweise 8-10 Tropfen pro Minute pro 25 cm Wellendurchmesser. Einige Packungen können praktisch leakagefrei laufen. Wenden Sie sich bitte an Ihren Packungshersteller, wenn Sie spezifische Empfehlungen wünschen.

13) ERSETZEN SIE DIE PACKUNG, WENN SICH DIE LECKAGEMENGE NICHT DURCH WEITERES ANZIEHEN DER STOPFBUCHSBRILLE REGULIEREN LÄSST. LEGEN SIE KEINE WEITEREN PACKUNGSRINGE NACH.

ACHTUNG: BEI KREISEL- UND KOLBENPUMPEN tritt rund 70 % des Verschleißes an den beiden äußeren Packungen auf, die der Stopfbuchsbrille am nächsten liegen. Jeder zusätzliche Packungsring führt nur zu einer leichten Reduzierung des hydraulischen Drucks. Bei den meisten Pumpen muss die Anzahl der Packungsringe so bemessen sein, dass auch dann noch eine ausreichende Abdichtung sichergestellt ist, wenn einer der Packungsringe ausfällt, damit die Pumpe nicht abgeschaltet werden muss.

Abb. 48 zeigt den Druckverlauf bei Verwendung von sieben Packungsringen. Die ersten vier Ringe dichten hauptsächlich ab. Die unteren drei Ringe dichten kaum ab, sondern füllen vielmehr den Hohlraum auf. Bei hohen Temperaturen, hohen Drücken, korrosiven Chemikalien oder abrasiven Partikeln in der Flüssigkeit sind möglicherweise mehr Ringe die einzige Lösung für einige Anwendungen. In solchen Fällen kann der die Flüssigkeit abdichtende Bodenring aufgrund dieser schwierigen Betriebsbedingungen den grössten Verschleiß aufweisen

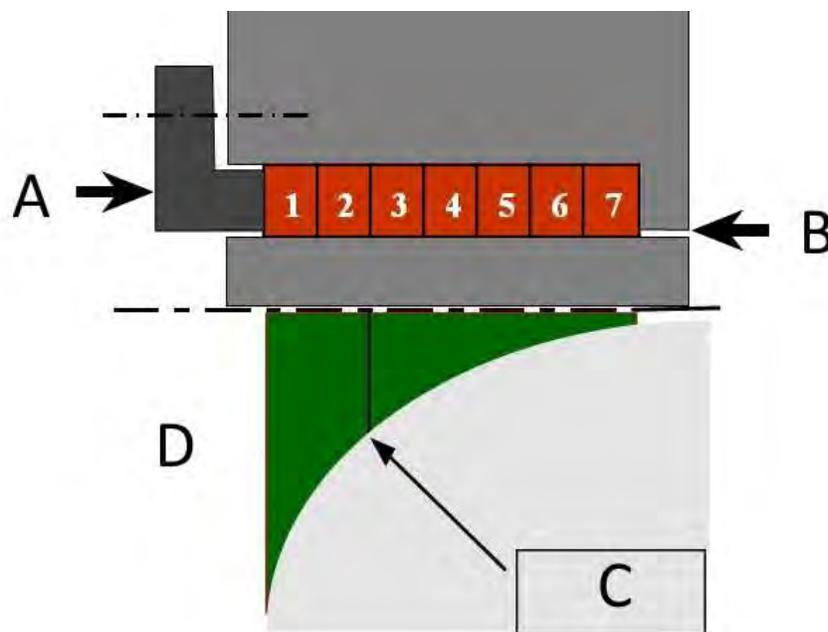


Abbildung 48: Stopfbuchse und radiale Druckverteilung

A: Brillenspannung

B: Mediendruck

C: Bis zu 70% der Dichtkraft kann von den ersten 2 Packubgsringen aufgebracht werden

D: Radialspannung

Bei tiefen Stopfbuchsen, für die eine große Anzahl von Ringen erforderlich ist, um den verfügbaren Platz auszufüllen, werden manchmal Metallbuchsen als Abstandshalter empfohlen. Der Vorteil bei einer kleineren Anzahl von Packungsringsen liegt in der Minimierung von Wellen- oder Hülsenverschleiss, Reibung, Stromverbrauch und Betriebstemperaturen. Auch das Design der Stopfbuchse ist einfacher und benötigt weniger Material. Die radiale Druckverteilung ist ebenfalls gleichmäßiger, wie in Abbildung 49 dargestellt.

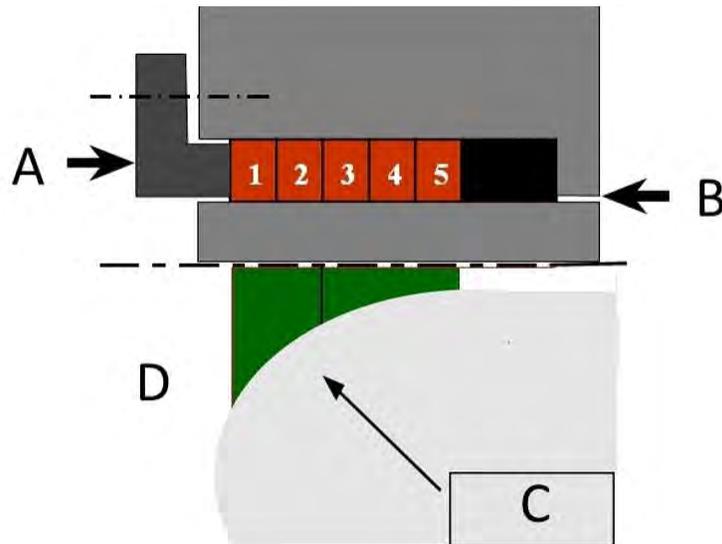


Abbildung 49: Optimierung der Packungsringsanzahl

- A: Brillenspannung
- B: Mediendruck
- C: Gleichförmigere Radialkraftverteilung
- D: Radialspannung

Weitere Informationen zu Packungsverschleiss finden Sie im Kapitel *Technische Referenz* .

**ACHTUNG: ALLE PACKUNGEN MÜSSEN NACH DEN ANWEISUNGEN
DES HERSTELLERS INSTALLIERT WERDEN.**

Hinweis: Abhängig von der Installationsmethode, z. B. Stampfen oder Andrücken jedes Rings, variiert der radiale Kontaktdruck jedes Rings. Auch bei Hubanwendungen können die Scherkräfte des axial gleitenden Plungers auf die Packungsringsen zu einer gleichmässigeren radialen Druckverteilung führen. Siehe Schematik in Abbildung 50.

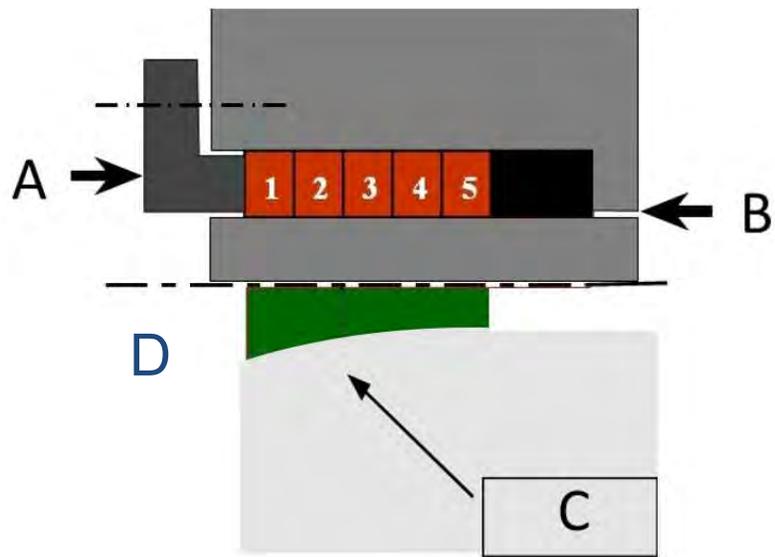


Abbildung 50: Optimierung der radialen Druckverteilung

- A: Brillenspannung
- B: Mediendruck
- C: Gleichmässigere Druckverteilung
- D: Radialspannung

PACKUNGEN FÜR SONDERANWENDUNGEN

TYPEN VON PACKUNGEN FÜR SONDERANWENDUNGEN

Einige Beispiele von Sonderanwendungen, die Packungen verwenden, sind Rußbläser, Mischer, Kompressoren, Wärmetauscher, Kompensatoren, Schlackenmühlen, Rührer, Kocher usw.

Für die verschiedenen Betriebsbedingungen der Sonderanwendungen sind verschiedene Arten von Packungen erforderlich. Während die meisten Sonderanwendungen mit einer Pumpe oder einem Ventil verglichen werden können und somit mit Pumpen- oder Ventilpackungen abgedichtet werden können, ist in komplexen Sonderanwendungen eine Kombination aus verschiedenen Packungstypen erforderlich.

Die folgenden Empfehlungen sind als allgemeine Hinweise zu verstehen. Bitte wenden Sie sich an Ihren Packungshersteller für Anwendungen in Sonderanlagen.

Komplexe Anwendungen in Sonderanlagen erfordern verschiedene Kombinationen von diversen Packungen.

EINSATZEMPFEHLUNGEN FÜR SPEZIFISCHE SONDERANWENDUNGEN

Ähnlich wie bei der Pumpen- und Ventilpackung sind Packungsmaterialien und ihre Konfigurationen für Sonderanlagen am ehesten durch die Betriebsbedingungen der Anlage beeinflusst.

Die folgenden Empfehlungen sind als allgemeine Hinweise zu verstehen. Wenden Sie sich bitte an Ihren Packungshersteller, wenn Sie spezifische Empfehlungen wünschen.

Am wichtigsten für die Auswahl des Packungsmaterials in solchen Anwendungen sind ein niedriger Reibungskoeffizient und eine hohe Belastbarkeit zur Verformung in der Stopfbuchse oder im Dichtgehäuse. Auswahl- und Auslegungskriterien für Packungen sind dabei vorwiegend die nachfolgend aufgeführten Betriebsbedingungen:

- Medium (in der Regel das abzudichtende Gas oder Fluid)
- Temperatureinsatzbereich
- Druck
- Bewegung (auf/ab, rotierend, oszillierend usw.)
- Geschwindigkeit (statisch oder dynamisch)
- Chemische Konzentrationen (pH-Grenzwert)
- Gerätebedingung (Unwucht, Passfläche)
- Dimension der Stopfbuchse (Welle/Rotor, Bohrung, Tiefe, Spielweite)

EMPFEHLUNGEN FÜR PACKUNGSMATERIALIEN

Einige Beispiele von Sonderanlagen, die Packungen verwenden, sind Rußbläser, Mischer, Kompressoren, Wärmetauscher, Bergbaumaschinen usw. Bitte wenden Sie sich an Ihren Packungshersteller hinsichtlich Anwendungen in Sonderanlagen.

Für Sonderanlagen kann beinahe jeder Packungstyp für kleine bis mittleren Betriebsbedingungen eingesetzt werden. In vielen Fällen funktioniert eine Kombination verschiedener Packungstypen besser, je nach Komplexität der Anlage. Die meisten Sonderanlagen können auch als Pumpe oder Ventil angesehen werden, in denen Pumpenpackungssätze oder Ventilpackungssätze angewendet werden können. Einige der Sonderanlagen, die Stopfbuchspackung als Dichtelemente verwenden, sind z.B.:

Rußbläser: Allgemeine Einsätze

Betriebsbedingungen: Gerätegeschwindigkeit ----- bis zu 10 m/s (2000 FPM)
Druck in der Stopfbuchse ----- bis zu 20 bar/300 PSI
Temperatur des Mediums ----- bis zu 260°C/500°F
pH-Wert des Mediums ----- 0-14
Einsetzbare Medien: Chemikalien, korrosive Medien, Ammoniak, Schwarzlauge, schwache Säuren und Laugen, Gase, Öl, Dampf und Lösungsmittel.

Typisches Einsatzgebiet: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, kommunale Versorgung, Schifffahrt sowie Energieversorger und -erzeuger.

Packungsempfehlungen: Rußbläsersatz bestehend aus einer Kombination von Dachmanschetten bestehend aus konkaven und konvexen Ringen (vorgepresste Ringe aus flexiblem Grafit mit abgeschrägten Mittel- und Endringen).

Besondere Hinweise: Schwenkbare Rußbläser unterliegen radialen Bewegungen, wenn sie während des Betriebes aus- oder eingefahren werden. Die Zugabe von Bronzebuchsen kann zusätzliche radiale Unterstützung liefern und die Teile in ihrer Relativbewegung stabilisieren, wobei die Effektivität der Packung verbessert wird.

Mischer/ Rührer (Vertikal/ Horizontal): Allgemeine Einsätze

Betriebsbedingungen: Gerätegeschwindigkeit ----- bis zu 10 m/s (2000 FPM)
Druck in der Stopfbuchse ----- bis zu 20 bar/300 PSI
Temperatur des Mediums ----- bis zu 260°C/500°F
pH-Wert des Mediums ----- 0-14
Einsetzbare Medien: Chemikalien, korrosive Medien, Ammoniak, Schwarz lauge, schwache Säuren und Laugen, Gase, Öl, Dampf und Lösungsmittel.

Typisches Einsatzgebiet: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, kommunale Versorgung, Schifffahrt, Energieversorger, Lebensmittel und Pharma.

Packungsempfehlungen: allgemeine Pumpenpackungen, Kombination aus gefochtenem flexiblem Grafit als mittlere Ringe und geflochtene Grafit-Packungen, Aramidfaser-Packungen, Polyimid-Packungen, Metall-Packungen, Novoloid.

Besondere Hinweise: Mischer und Rührwerke laufen im Allgemeinen mit niedriger Wellendrehzahl, unterliegen aber trotzdem einem erheblichen Seitenschlag. Packungen mit einem flexiblen Kern, entweder Fasern oder Elastomer, können für die Widerstandsfähigkeit gegen die Wellenbewegung verwendet werden, und erreichen eine wirksamere Abdichtung.

Viele Mischer haben den Eingang oben, und die Packung wird nicht durch das Produkt geschmiert. In diesem Fall sollte die Packung vorsorglich mit einer Spülung abgekühlt werden können, damit die Packung im trockenen Zustand laufen kann, falls die Geschwindigkeit und der Druck zu hoch werden.

Hubkolbenpumpen: Allgemeine Einsätze

Betriebsbedingungen: Gerätegeschwindigkeit ----- bis zu 10 m/s (2000 FPM)

Druck in der Stopfbuchse ----- bis zu 135 bar/2000 PSI

Temperatur des Mediums ----- bis zu 260°C/500°F

pH-Wert des Mediums ----- 0-14

Einsetzbare Medien: Chemikalien, korrosive Medien, Ammoniak, Schwarzlauge, schwache Säuren und Laugen, Gase, Öl, Dampf und Lösungsmittel.

Typisches Einsatzgebiet: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, Gewerbe, kommunale Versorgung, Schifffahrt, Energieversorger, Pharma, Lebensmittel und Getränke.

Packungsempfehlungen: allgemeine Pumpenpackungen, Kombination aus geflochtenem flexiblem Grafit als mittlere Ringe und geflochtene Grafit Packungen, Aramidfaser-Packungen, PTFE "V" Ring Packungen, elastische Kern-Packungen, Polyimid-Packungen und vorgeformte Metall-Packungen.

Besondere Hinweise: Kolbenpumpen sind Verdrängerpumpen die einen hohen Druck erzeugen. Der Einsatz von Anti-Extrusionsringen an jedem Ende eines Packungssatzes ist bei hohen Drücken empfehlenswert. Diese Ringe verringern das Nachgeben der Packung während einer Hubbewegung.

Kompressoren: Allgemeine Einsätze (Kolben/ Kreisel)

Betriebsbedingungen: Gerätegeschwindigkeit ----- bis zu 23 m/s (4500 FPM)

Druck in der Stopfbuchse ----- bis zu 20 bar/300 PSI

(Hubbewegung) ----- bis zu 135 bar/2000 PSI

Temperatur des Mediums ----- bis zu 260°C/500°F

pH-Wert des Mediums ----- 0-14

Einsetzbare Medien: Chemikalien, korrosive Medien, Ammoniak, Luft, Gase und Öl

Typisches Einsatzgebiet: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, kommunale Versorgung, Schifffahrt sowie Energieversorger und erzeuger.

Packungsempfehlungen: allgemeine Pumpenpackungen, Kombination aus geflochtenem flexiblem Grafit als mittlere Ringe und geflochtene Grafit-Packungen, Aramidfaser-Packungen, Polyimid-Packungen, Metallpackungen.

Besondere Hinweise: Radialkompressoren arbeiten üblicherweise bei hohen Geschwindigkeiten. Dem dadurch verursachten Hitzeaufbau sollte besondere Beachtung zukommen. So wie Kolbenpumpen können Kolbenkompressoren sehr hohe Drücke erzeugen. Der Einsatz von Anti-Extrusionsringen an jedem Ende eines Packungssatzes ist empfehlenswert. Vorgepresste Ringe verringern das Nachgeben der Packung während einer axialen Bewegung.

Kesselspeisepumpen: Allgemeine Einsätze

Betriebsbedingungen: Gerätegeschwindigkeit ----- bis zu 20 m/s (4000 FPM)

Druck in der Stopfbuchse ---- bis zu 20 bar/300 PSI

Temperatur des Mediums ---- bis zu 260°C/500°F

pH-Wert des Mediums ----- 5 - 9

Einsetzbare Medien: Kondenswasser, Speisewasser

Typisches Einsatzgebiet: Energieerzeugung, kommunale Versorgung, Schifffahrt, Energieversorger und Pharma.

Packungsempfehlungen: Geflochtene flexible Grafit-Packung, allgemeine Pumpenpackungen, Kombination aus geflochtenem flexiblem Grafit als mittlere Ringe und geflochtener Grafit-Endring-Packung, Polyimid-Packung und Kombination aus flexiblem Grafit und Metall-Packung.

Besondere Hinweise: Kesselspeisepumpen arbeiten unter hohem Druck, hoher Geschwindigkeit, und erhöhten Temperaturen. Wesentlich ist, dass die Packung ständig flüssiges Schmiermittel führt, um so eine Dampfbildung des Wassers zu vermeiden. Kühlen kann durch ein ummanteltes Gehäuse und/oder durch eine Spülung erreicht werden. Die meisten Kesselspeisepumpen bestehen aus einer mehrstufigen beidseitig gelagerten Konstruktion, weisen aber nicht zwangsläufig den gleichen Druck auf jeder Stopfbuchse auf. Einige Pumpen haben druckausgleichende Einrichtungen, andere haben eine Stopfbuchse, deren Druck bei oder nahe am Saugdruck liegt, während die Stopfbuchse einen Druck nahe am Förderdruck aufweist. Dies muss auch bei der Bestimmung der geeigneten Umgebungsregelungen berücksichtigt werden.

Kondensatorplatten/ Wärmetauscher: Allgemeine Einsätze

Betriebsbedingungen: Druck in der Stopfbuchse ----- bis zu 20 bar/300 PSI

Temperatur des Mediums ----- bis zu 260°C/500°F

pH-Wert des Mediums ----- 0-14

Einsetzbare Medien: Chemikalien, Wasser, korrosive Medien, Ammoniak, Gas, Öl, Dampf und Lösungsmittel.

Typisches Einsatzgebiet: Energieerzeugung, Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, kommunale Versorgung, Schifffahrt, Energieversorger, Lebensmittel und Getränke.

Packungsempfehlungen: Kombination aus hochverdichteten Faserringen und Metallfolienringen.

Ofentüren: Allgemeine Einsätze

Betriebsbedingungen: Druck im Ofen ----- bis zu 20 bar/300 PSI

Temperatur des Mediums --- bis zu 537.8°C/1000°F

pH-Wert des Mediums ----- 0-14

Einsetzbare Medien: Chemikalien, korrosive Medien, Ammoniak, Gase, Öl, Dampf und Lösungsmittel.

Typisches Einsatzgebiet: Petrochemie, Öl und Gas, Papier- oder Faserherstellung, Landwirtschaftliche Industrie, Schmutzwasser, allgemeine Industrie, Stadtwasser, Marine und Kraftwerke.

Packungsempfehlungen: Gewebte, geflochtene Glasfaserstreifen, geflochtener flexibler Grafit und Keramik.

Besondere Hinweise: Die Abdichtung ist vor allem statisch. Ein wichtiger Faktor ist, dass die Packung trotz hohen Temperaturen und korrosiven Medien dicht bleiben können muss. Außerdem ist zu beachten, dass sich die Korrosion bei steigenden Temperaturen erhöht.

Rohrleitungskompensatoren: Allgemeine Einsätze

Betriebsbedingungen: Druck in der Stopfbuchse ----- bis zu 20 bar/300 PSI
Temperatur des Mediums ----- bis zu 260°C/500°F
pH-Wert des Mediums ----- 0-14
Einsetzbare Medien: Chemikalien, korrosive Medien, Ammoniak, schwache Säuren und Laugen, Luft, Gas, Öl, Dampf, Lösungsmittel und Wasser.

Typisches Einsatzgebiet: Petrochemie, Öl und Gas, Papier und Zellulose, Landwirtschaft, Abwasser, kommunale Versorgung, Schifffahrt und Energieversorger und -erzeuger.

Packungsempfehlungen: Geflochtene flexible Grafit-Packung, drahtverstärkte, kernextrudierte geflochtene Glasfaser-Packung, geflochtene Kohlefasern.

Besondere Hinweise: Kompensatoren erlauben eine thermische Ausdehnung der Rohre. Obwohl die Bewegung primär in axialer Richtung erfolgt, können auch einige bedeutende radiale Kräfte auftreten. Eine richtige Ausrichtung ist wichtig. Die beste Packung für diese Anwendung ist eine dichte Packung mit wenig Schmiermittel. Das garantiert eine effektive Dichtwirkung bei minimalen Anpassungen.

MONTAGE- UND EINSTELLANLEITUNG FÜR PACKUNGEN IN SONDERANLAGEN

Die meisten Anwendungen in Sonderanlagen können hinsichtlich des Montageverfahrens mit einer Pumpe oder einem Ventil verglichen werden. Lesen Sie die Montageanweisungen für Ventil- oder Pumpenpackungen in dieser Anleitung und wenden Sie sich an den Packungshersteller hinsichtlich spezifischer Anweisungen für Ihre Sonderanlagen. Siehe Seite 26 zur Handhabung der Packungsmaterialien.

TECHNISCHE REFERENZEN

STOPFBUCHSKONSTRUKTION UND SPANNUNGSVERTEILUNG

Die Stopfbuchse ist ein zylindrischer Hohlraum, der eine axial bewegte oder rotierende Welle umschließt. Die Funktion der Stopfbuchse ist zum einen, die Leckage von Prozessmedien in Armaturen, Pumpen und anderen Anwendungen zu verhindern, und zum anderen, die Kontamination von Medien durch Luft oder andere Umwelteinflüsse in den oben genannten Anwendungen zu unterbinden.

Eine Stopfbuchse besteht im Allgemeinen aus einer Spindel, Welle oder Hülse (G); einem Gehäuse (H); dem Stopfbuchsgrund (F); dem Packungsraum (A); Brillenschrauben und -mutter (C); einer Brille (B); Stopfbuchspackungen (E); und/ oder einem Laternenring (D) (siehe Abb. 51).

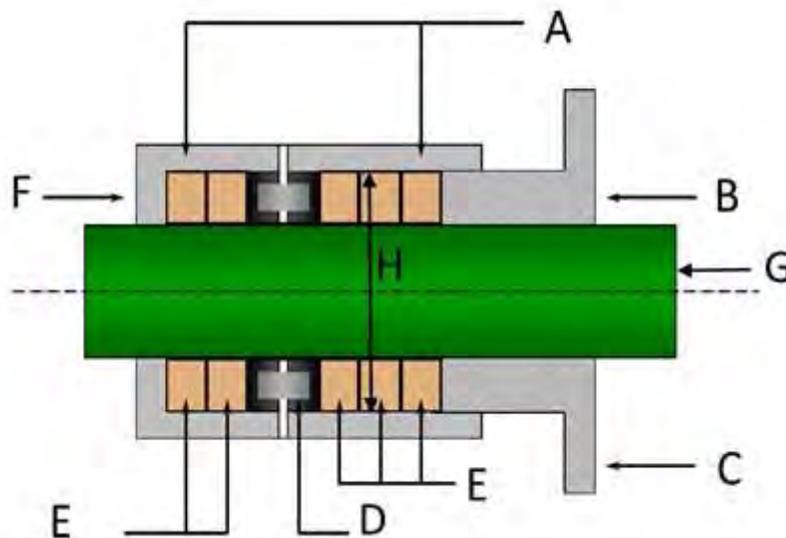


Abbildung 51: Typische Stopfbuchsenkonstruktion

- A: Stopfbuchsraum
- B: Brille
- C: Brillenschrauben und -mutter
- D: Laternenring
- E: Packungen
- F: Stopfbuchsgrund
- G: Welle oder Wellenhülse
- H: Gehäuse

Die Spannungsverteilung auf die Packung in der Stopfbuchse wird sowohl durch die Brillenspannung als auch den Mediendruck beeinflusst. Die Brillenspannung wird axial auf die Packungsringe aufgebracht, die dadurch radial an die Welle und das Gehäuse gedrückt werden. Der interne Druck durch das Prozessmedium wird durch die radiale Reaktionskraft abgedichtet (siehe Abb. 48, 49, 50 and 52).

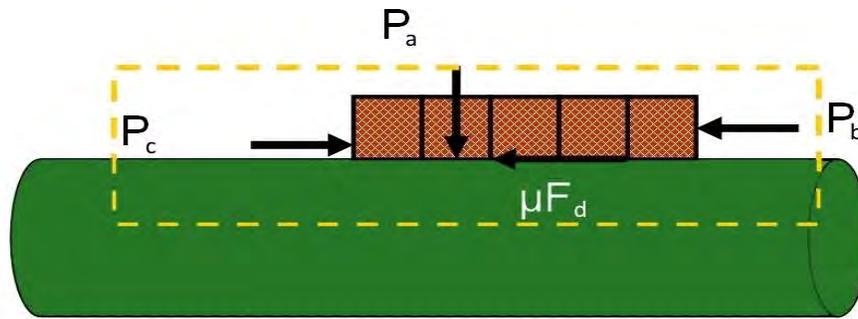


Abbildung 52: Stopfbuchsenkonstruktion und Spannungsverteilung

P_a : Radial-/ Normaldruck
 P_b : Brillenspannung
 P_c : Mediendruck
 μF_d : Axialdruck

Der aufgebraute Druck wird jedoch aufgrund der axialen Reibkräfte nicht gleichmäßig auf die einzelnen Packungsringe übertragen. Die größte Verpressung und die beste Dichtwirkung werden auf die beiden äußersten Packungsringe an der Stopfbuchsenbrille aufgebracht (siehe Abb. 48 auf Seite 73). Die Verdichtung und Dichtkraft nimmt bis zu den Ringen am Stopfbuchsengrund ab. Jedoch schützen diese Ringe die äußeren Dichtringe vor anderen Anwendungsbedingungen und mechanischen Einflüssen.

Der notwendige Druck in der Stopfbuchse (SBP) für Pumpen mit axialem Einlauf kann mit der folgenden Formel überschlägig berechnet werden: $SBP = PS + 25\% (TDH)$, wobei PS der Saugdruck und TDH die Gesamtförderhöhe = „Total Dynamic Head“ ist.

Einige der Anwendungsbedingungen, die die Dichtwirkung beeinflussen, sind der Mediendruck, Schwankungen im Sperrdruck (siehe Sperrwasser im Kapitel Technische Referenz) oder eine chemische Beschädigung und/oder abrasiver Verschleiß durch das Prozessmedium. Die mechanischen Einflüsse auf die Dichtung sind Wellenschlag, Schiefstellung der Brille oder konzentrische Abweichungen zwischen Welle und Gehäuse. Die Systembedingungen und die mechanischen Einflüsse müssen berücksichtigt werden, um eine sichere Abdichtung zu gewährleisten. Zum Beispiel wird der Mediendruck im System verwendet, um den Druck in der Stopfbuchse zu berechnen. Der notwendige Druck in der Stopfbuchse (SBP) für Pumpen mit axialem Einlauf kann mit der folgenden Formel überschlägig berechnet werden:

$$SBP = PS + [25\% (TDH)] \quad \{3\}$$

(PD ist der Pumpensaugdruck und TDH ist die Gesamtförderhöhe = „Total Dynamic Head“).

Andere Pumpentypen, bei denen diese Formel nicht angewendet werden kann, sind die Folgenden:

- Bei Pumpen mit axialem Einlauf und Ausgleichsbohrungen im Flügelrad entspricht der Stopfbuchsenruck dem Saugdruck.
- Bei axial geteilten Spiralgehäusepumpen mit zwei Saugkanälen ist der Stopfbuchsenruck genauso hoch wie der Saugdruck

- Bei mehrstufigen Pumpen mit geteilten Gehäusen entspricht der Druck in einer Stopfbuchse dem Saugdruck während die andere Stopfbuchse in der ersten Stufe mit dem gleichen Druck wie der Enddruck betrieben wird.
- Bei anderen mehrstufigen Pumpen kann es Druckverbindungen geben, die den Druck beider Stopfbuchsen ausgleichen. Öfters werden Druckabfallvorrichtungen mit Leitungen zum Saugdruck (z.B. Ausgleichsscheiben, eng tolerierte Buchsen) eingesetzt. In diesen Fällen entspricht der Stopfbuchsdruck dem Saugdruck.
- Bei vertikalen Pumpen entspricht der Stopfbuchsdruck normalerweise dem Enddruck, wenn keine Druckabfallvorrichtung vorhanden ist. Dabei ist zu beachten, dass mit zunehmendem Gebrauch und durch eventuellen Verschleiß die Effektivität der Druckabfallvorrichtung nachlässt und dadurch der Druck in der Stopfbuchse ansteigen kann. Was als Packungsproblem angesehen wird, kann sich als Pumpenproblem herausstellen.

Im nächsten technischen Abschnitt werden weitere Parameter besprochen, die eine optimale Abdichtung gewährleisten.

RICHTLINIEN FÜR PUMPENSTOPFBUCHSABMESSUNGEN

Nachfolgend sind die Abmessungen für eine typische Stopfbuchsauslegung aufgeführt. Die folgenden Normen enthalten Empfehlungen für die Stopfbuchsauslegung: ANSI B73 und ISO 3069. Im Kapitel Normen, Vorschriften und Umweltgesetzgebung sind Beschreibungen und Quellenangaben zu finden.

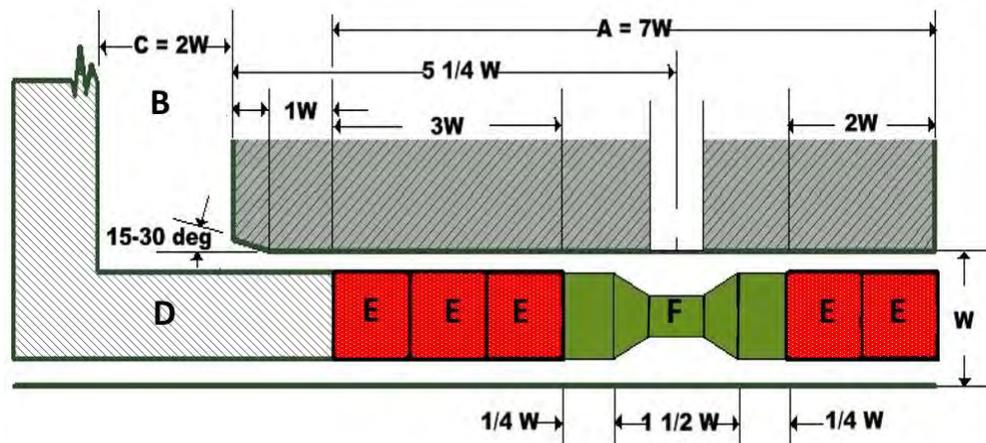


Abbildung 53: Stopfbuchsabmessungen

- B: Einführschräge
- D: Brille
- E: Packung
- F: Laternenring
- W: Siehe Tabelle 7 und 8

TABELLE 7
Abmessungsbereich für Wellenaussendurchmesser (Metrisch).*

Abmessungsbereich für Wellenaussendurchmesser (AD)	W
16 mm < Wellen AD ≤ 29 mm	8 mm
29 mm < Wellen AD ≤ 48 mm	10 mm
48 mm < Wellen AD ≤ 75 mm	13 mm
75 mm < Wellen AD ≤ 120 mm	16 mm
120 mm < Wellen AD ≤ 300 mm	19 mm

TABELLE 8
Abmessungsbereich für Wellenaussendurchmesser (Zoll).*

Abmessungsbereich für Wellenaussendurchmesser (AD)	W
5/8" < Wellen AD ≤ 1-1/8"	5/16"
1-1/8" < Wellen AD ≤ 1-7/8"	3/8"
1-7/8" < Wellen AD ≤ 3"	1/2"
3" < Wellen AD ≤ 4-3/4"	5/8"
4-3/4" < Wellen AD ≤ 12"	3/4"

*Diese Abmessungen sind Richtlinien. Wenden Sie sich an den Packungshersteller hinsichtlich Anforderungen zu Stopfbuchsabmessungen

Die folgenden Abmessungen sind in Abb. 53 zu finden:

WELLEN

Abmessung A, siehe oben, ist die gesamte Packungssatzlänge einschließlich eines Laternenrings. Eine Standardlänge von 7xB oder sieben Mal der Packungsbreite wird empfohlen, wenn ein Laternenring verwendet wird. Ohne Laternenring beträgt die Abmessung A normalerweise 5xB.

LATERNENRING-POSITION

In Abb. 53 wird die Abmessung 2xB auf der Druckseite der Laterne und 3xB auf der Brillenseite der Stopfbuchse angegeben. Diese Anordnung wird in den meisten Fällen verwendet, aber es können auch 3 Ringe auf der Druckseite und zwei auf der Brillenseite verwendet werden. Wenden Sie sich bitte an den Packungshersteller zur richtigen Anordnung für Ihre Anwendung. Die Abb. 54 bis 57 zeigen typische Auslegungen für Pumpenanwendungen und die Lage des Laternenrings, wenn eine äußere Zusatzschmierung nötig ist.

BRILLENLÄNGE

Die Brillenlänge (Abmessung C sollte auf $2xB$ oder zweimal Packungsbreite begrenzt werden. Dies sollte ausreichen, um auch Packungen mit hohem Volumenverlust noch Nachziehen zu können. Größere Brillenlängen werden nicht empfohlen, um Wellenbeschädigungen zu vermeiden. Somit kann die Brille nur bis zum Anschlag angezogen werden und ein Packungsaustausch wird notwendig, bevor es zu einer Beschädigung der Stopfbuchse kommen kann. Dies basiert auf der Erkenntnis, dass die meisten Beschädigungen am Ende des Packungslebenszyklus auftreten.

LATERNENRING

Die empfohlene Länge der Laterne ist etwa das Zweifache der Packungsbreite.

EINFÜHRSTRÄGE

Um den Einbau der Packung zu erleichtern, sollte die Länge der Einführschräge eine Standardmaschinenabmessung in Abhängigkeit des Winkels der Einführschräge betragen.

WINKEL DER EINFÜHRSTRÄGE

Ein Winkel von 15 bis 30 Grad hat sich als optimal für den Einbau erwiesen.

BRILLENEINDRINGTIEFE

Es wird empfohlen, dass die Brille nach dem Packungseinbau mindestens eine Packungsbreite $1xB$ in den Stopfbuchsraum eindringen kann, um eine Schiefstellung zu vermeiden. Außerdem ist dann genügend Spielraum vorhanden, um unterschiedliche Packungstypen wie vorverdichtete Packungsringe oder weiche Packungen einzubauen.

ABMESSUNGSBEGRENZUNG

Bei der Konstruktion von Stopfbuchsen mit einem kleineren Wellendurchmesser als 16 mm ($5/8''$) wenden Sie sich am besten an einen Packungshersteller, der Ihnen die geeignete Packungsabmessung (B nennen kann).

SPALTE

Die Toleranzen für die jeweiligen Spaltmasse müssen den normalen Stahlbearbeitungstoleranzen entsprechen, welche die Wärmeausdehnung und -kontraktion der verwendeten Stähle berücksichtigen.

OBERFLÄCHEN

Bei Armaturen sollte sichergestellt werden, dass alle Abmessungen und Oberflächenrauheiten für die Spindel und Stopfbuchse in der vorgegebenen Spezifikation liegen. Dies beinhaltet: maximale Spindelabmessungstoleranzen (bi- und unilateral sowie Spindelrundlauf, Ebenheit und Geradheit. Die mit der Packung in Kontakt befindliche Spindeloberfläche muss frei von Kratzern, Löchern oder Fehlstellen tiefer als 0,05 mm ($0,002''$) sein. Generell müssen die Oberflächenrauheiten Ra 0,80 Mikrometer (32 Microinches oder feiner sein. Die Stopfbuchsoberflächen müssen Ra 3,2 Mikrometer (125 Microinches oder feiner sein.

Die Bohrung muss rechtwinklig zur Gehäusedichtung sein und auch Rundheits- und Geradheitsanforderungen einhalten. Die Gehäusebohrung sowie die Spindeldurchführung müssen innerhalb einer akzeptablen Positionstoleranz sein. Das Stopfbuchsgehäuse muss frei von Kratzern, Löchern oder Fehlstellen sein, die tiefer als 0,015 mm (0,006") sind. Die Stopfbuchsbrille muss ebenfalls die Abmessungstoleranzen erfüllen. Bitte wenden Sie sich an einen Packungshersteller hinsichtlich spezifischer Anwendungsempfehlungen.

MEDIENDRÜCKE

Die hier angegebenen Standardabmessungen werden für Drücke bis zu 103 bar (1500 psi) empfohlen.

WELLENGESCHWINDIGKEITEN

Das Packungsverhalten bei höheren Geschwindigkeiten (m/s oder FPM) ist eine Funktion des verwendeten Materials und nicht der Stopfbuchsabmessung. Deshalb werden Empfehlungen für Geschwindigkeitsgrenzen hier nicht angegeben. Bitte besprechen Sie Probleme bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen mit dem Packungshersteller.

UMWELTKONTROLLEN

SPÜLWASSER

Die richtige Verwendung von Spülwasser in einer Pumpenpackungsanwendung ist entscheidend für den Erfolg der Abdichtung. Auf der FSA-Website finden Sie mehr über Installationstechniken für Pumpenpackungen. In diesem Kapitel werden Techniken für den erfolgreichen Einsatz von Spülsystemen beschrieben [7]. In Abbildung 54 sehen Sie ein Beispiel für eine Laternenring-Spülanordnung. Spülwasser wird verwendet, um eine durch das Pumpmedium verursachten Verschleiss der Packung, wie z. B. aufgrund von Feststoffen in Schlamm, zu verhindern oder zu minimieren, und um die Packung und die Wellenhülse von der durch Medium und / oder Reibung verursachten Wärme abzukühlen.

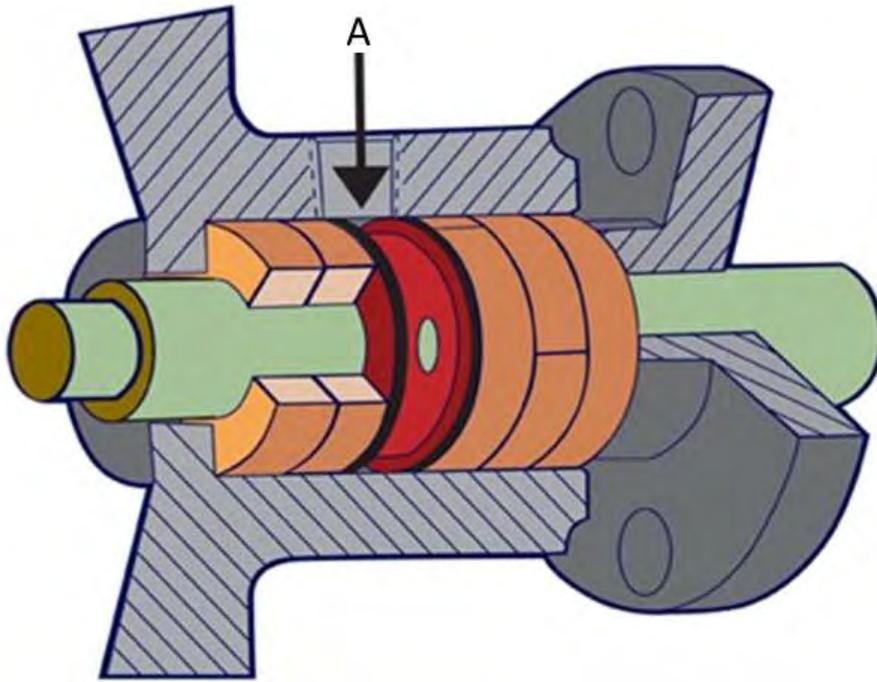


Abbildung 54: Optionen zur Platzierung eines Laternenrings zum Spülen

A: Laternenring

Der Spüldruck ist normalerweise 1 bar (14,5 psi) höher als der Druck in der Stopfbuchse.

Ein exzessiver Spüldruck kann zu höherem Reibungverschleiss an der Packung führen oder eine unerwünschte Verdünnung des gepumpten Mediums verursachen.

Der Spüldruck ist normalerweise 1 bar (14,5 psi) höher als der Druck in der Stopfbuchse. Dies hält das zu pumpende Medium aus der Stopfbuchse und weg von der Packung. Wenn der Arbeitsdruck variiert, kann ein grösserer Spüldruck als 1 bar (14,5 psi) eingewstellt werden um den maximalen Arbeitsdruck zu kompensieren. Allerdings je höher der Spüldruck ist desto mehr wird der Packungssatz komprimiert. Dies verursacht grössere Reibung zwischen den Packungen, der Welle und der Stopfbuchse und führt zu einer Verringerung der Packungslebensdauer.

Ein übermässiger Spüldruck kann auch zu einer unerwünschten Verdünnung des Pumpenmediums führen, dessen Entsorgung kostspielig ist.

Die folgenden Probleme können bei Spülsystemen auftreten: (1) Die unteren Packungsringe in der Stopfbuchse müssen Leckage aufweisen, damit die Spülung abfliessen kann. Wenn die unteren Ringe jedoch falsch installiert sind, um abzudichten, wird der Spülfluss in das System behindert; (2) Der Laternenring kann sich bewegen, so dass ein Packungsring die Spülöffnung blockieren kann und die Spülung entlang des Außendurchmessers der Stopfbuchse fliesst. (3) Das Spülwasser ist verunreinigt und kann Verschleiss an der Packung verursachen.

Um diese Probleme zu verhindern verwenden Sie die Einbauvorschriften des Packungsherstellers und führen eine regelmässige Wartung der Pumpen mit Spülung durch. Im Fall von verunreinigtem Spülwasser sollte auf ein Spülsystem verzichtet werden. Das regelmässige Wartungsprogramm kann aus den folgenden Inspektionsschritten bestehen:

- (a) Ist das Spülwasser sauber?
- (b) Wird der Spüldruck überwacht
- (c) Ist der Spüldruck konstant oder fluktuierend?
- (d) Wie hoch ist der Spüldruck im Verhältnis zum Druck in der Stopfbuchse?
- (e) Enthält das abzudichtende Medium Feststoffe?
- (f) Benötigt die Pumpe ein Spülsystem?

Laternenringe

Ein Laternenring wird verwendet, um verschiedene Medien in die Stopfbuchse einzuführen oder zu extrahieren (Abb. 55). Dies erfolgt durch eine Reihe von Löchern im Laternenring, der sich unter einer Bohrung im Stopfbuchsengehäuse befindet. Der Laternenring kann aus Metallen wie Edelstahl, Kohlenstoffstahl oder Bronze oder aus Kunststoffen wie PTFE, PTFE / Carbon, PE und anderen hergestellt werden.



Abbildung 55: Laternenring

Oft wird der Laternenring verwendet, um eine Wasserspülung zum Kühlen der Stopfbuchse herzustellen oder um Fett für eine zusätzliche Schmierung einzubringen. Je nach Anwendung und Art des Mediums kann die Position des Laternenrings und seine Funktion in der Stopfbuchse variieren. In Abb. 56 sind verschiedene Beispiele dargestellt.

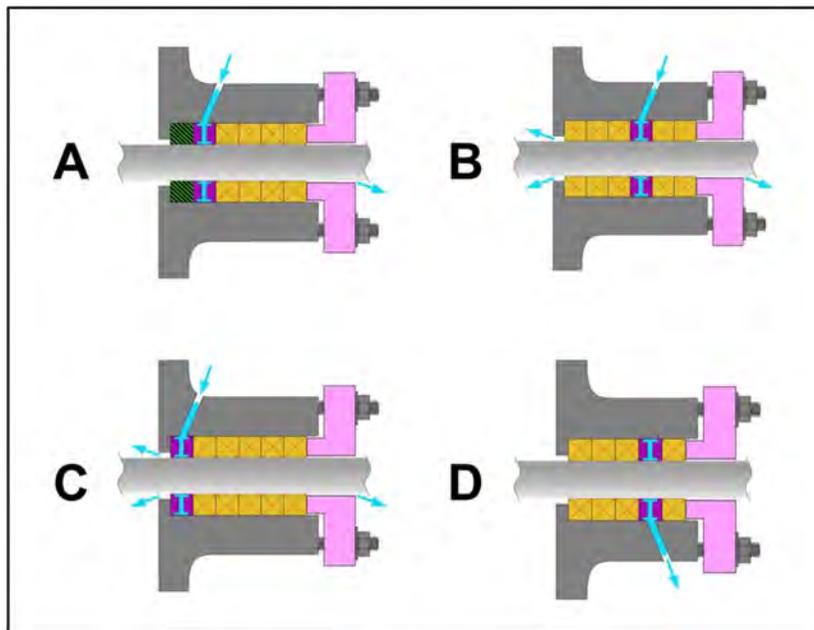


Abbildung 56: Laternenring Ausführungen

Bei harten und abrasiven Medien wie Gülle oder Flusswasser in Beispiel A kann ein Distanzring am Boden des Gehäuses installiert werden, um die Abstände zu verringern und zu verhindern, dass größere Feststoffe in die Stopfbuchse gelangen. Dann wird der Laternenring direkt hinter dem Abstandshalter platziert und Spülwasser kann als Sperrflüssigkeit aufgetragen werden.

Beispiel B zeigt die Konfiguration für kristallisierende Medien wie Zucker, Farben oder Kunststoffe. Hier dichten die ersten drei Packungsringe gegen das Medium ab und das Spülmedium bildet eine Barriere gegen die kristallisierende Flüssigkeit. Die beiden anderen Stopfbuchsenringe wirken als Sekundärdichtung, um Leckagen aus dem Spülmedium zu minimieren.

In der Anordnung in Beispiel C wird der Laternenring direkt am Boden der Stopfbuchse platziert, um mit einem Inertgas zu spülen, das als Barriere gegen potenziell explosive oder toxische Medien wirkt. Die folgenden Packungsringe dienen als Sicherheitsdichtung.

In Beispiel D wird der Laternenring zur Leckageextraktion bei speziellen oder teuren Medien verwendet, die in den Produktionsprozess zurück geleitet werden können.

Es gibt auch Anordnungen mit zwei Laternenringen in der Stopfbuchse. Beispielsweise kann bei Hochgeschwindigkeits-Rotationspumpen ein Laternenring zur Zufuhr von Kühlwasser und der andere zum erneuten Absaugen des Spülwassers verwendet werden (Abb. 57). In diesem Fall muss die Stopfbuchse jedoch ziemlich lang sein.

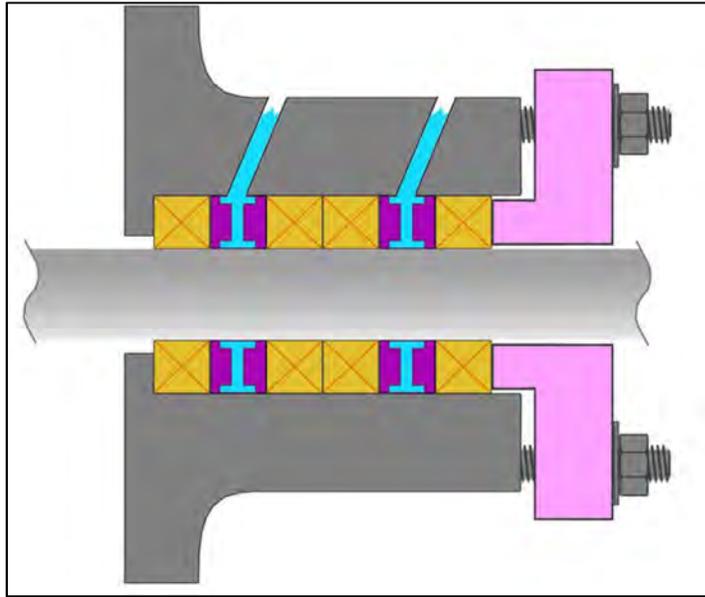


Abbildung 57: Stopfbuchse mit zwei Laternenringen

Rotierende Wellen mit Gleitringdichtungen oder Stopfbuchspackungen abdichten?

Das Abdichten rotierender Wellen erfolgt meistens durch Auswahl einer von zwei Methoden: Gleitringdichtung oder Stopfbuchspackung. Die Auswahl wird durch Überprüfung der technischen, ökologischen und kommerziellen Aspekte der Anwendung festgelegt. Beide Abdichtungsmethoden haben je nach Anwendung und Anforderungen des Prozessverantwortlichen Stärken und Schwächen. Die folgende Zusammenfassung ist nur als allgemeine Übersicht gedacht, da jedes Thema viel detaillierter behandelt werden kann. Der Leser sollte Branchenexperten zu Gleitringdichtungen und/oder Stopfbuchspackungen konsultieren, wenn spezifische detaillierte Informationen erforderlich sind.

Am häufigsten werden Gleitringdichtungen ausgewählt, wenn es wichtig ist, eine möglichst niedrige Leckage zu haben. Besonders bei Anwendungen, bei denen es wichtig ist, Brillenleckage zu vermeiden, z.B. giftige Chemikalien, brennbare Flüssigkeiten und gefährliche Substanzen. Stopfbuchspackungen werden ausgewählt, wenn die genannten Anforderungen nicht vorhanden sind und Betriebssicherheit, einfache Installation und Wartung von entscheidender Bedeutung sind. Dazu gehören Anwendungen, bei denen Gleitringdichtungen häufig Probleme haben, z. B. Flüssigkeiten mit vorhandenen Feststoffen (Bergbauprozesse, Zellstoff und Papier, Abwasser, Stromerzeugung und Metallverarbeitung als Beispiele). Die Gründe hierfür werden anhand der Stärken und Schwächen der unten aufgeführten Technologien deutlich.

Vorteile bei der Verwendung von Gleitringdichtungen

- Praktisch ein Abdichten ohne Leckage (d. H. keine Leckage der Stopfbuchse in die Umgebung)
- Keine Verschleiss von Welle/ Schonhülse
- Kann bei höheren Betriebsdrücken und Wellendrehzahlen als bei Stopfbuchspackungen eingesetzt werden
- Bei ordnungsgemässer Installation ist keine regelmässige Wartung erforderlich

Vorteile bei der Verwendung von Stopfbuchspackungen

- Niedrige Investitionskosten
- Höhere Zuverlässigkeit, wenn Flüssigkeiten Feststoffe enthalten
- Bessere Toleranz gegenüber Wellenauslenkung und Bewegungen durch Kavitation, Vibration oder Prozessstörungen auftreten können
- Kann aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnung von Wellen und Gehäusen große axiale Wellenbewegungen kompensieren
- Der Fehlermodus ist meistens nicht katastrophal, sondern allmählicher, was zu zunehmender Leckage führt bis die Leckage im Laufe der Zeit nicht mehr kontrolliert werden kann (Hinweis: Katastrophales Versagen tritt auf, wenn die Packung überhitzt oder die Brillenspannung zu hoch ist).
- Für eine einfache Installation und Bedienung sind keine engen Toleranzen erforderlich, um effektiv zu arbeiten.

Nachteile von Gleitringdichtungen

- Benötigt "saubere" Spülflüssigkeit zum Schmieren der Dichtflächen und toleriert keine Prozessflüssigkeiten mit vorhandenen Feststoffen
- Empfindlich gegenüber Wellenauslenkung, axialer Bewegung und Vibration durch Kavitation, Prozessstörungen und / oder alte abgenutzte Anwendungen
- Empfindlich bei Druckschwankungen des Spülwassers. Ein plötzlicher Abfall des Spüldrucks kann dazu führen, dass die Dichtung versagt.
- Erfordern enge Toleranzen der Dichtflächen, der Oberflächenbeschaffenheit und der Toleranz der Welle / Schonhülse (+0 bis - 0,05 mm und ≤ 1920 U/Min)
- Mit Ausnahme von geteilten Gleitringdichtungen muss die Anlage zur Installation zerlegt werden

Nachteile von Stopfbuchspackungen

- Für eine ordnungsgemäße Schmierung der Schnittstelle zwischen Welle und Packung ist eine gewisse Leckage an der Stopfbuchse erforderlich, um Wärme abzuleiten und zu schmieren
- Aufgrund von Reibung tritt Verschleiss an der Welle / Schonhülse auf
- Benötigt regelmäßiges Nachstellen, um die Brillenspannung aufrechtzuerhalten und die Leckrate zu senken
- Einschränkungen bei Wellendrehzahl und Betriebsdruck
- Abhängig von den technischen Fähigkeiten des Benutzers bei Installation und Wartung

Zusammenfassend sind weder Gleitringdichtungen noch Stopfbuchspackungen die beste Option für alle Anwendungen. Jede hat einen Platz in der Industrie, abhängig von den spezifischen Anforderungen der jeweiligen Betreiber und Prozesse. Wenn beide die technischen Kriterien erfüllen können, wird die Auswahl häufig von ökonomischen, Umwelt- und Betriebsbedingungen der Betreiber bestimmt.

REIBVERHALTEN AN DER ARMATURENSPINDEL

Ob rotierend oder hin- und hergehend, bei Spindelbewegung in einer Armatur tritt Reibung auf, die durch die Radialkräfte der Packung an der Spindel erzeugt wird. Obwohl diese radiale Anpressung der Packung an der Spindel notwendig ist, um die Leckage des Prozessmediums zu verhindern, können aber auch Verschleiß an der Spindel oder Packung, Extrusion der Packung und/oder höhere Antriebsmomente erzeugt werden, was erhöhte Wartungskosten zur Folge hat.

Um erhöhte Kosten durch zu hohe Reibkräfte zu vermeiden, werden im Folgenden zwei Vorschläge des Electric Power Research Institute (EPRI) sowie zu den besten verfügbaren Techniken (BAT) aufgeführt.

Weitere wichtige Details finden Sie in diesen Forschungsberichten. Wenden Sie sich an einen Packungshersteller, um Vorschläge zu bestimmten Anwendungen zu erhalten. In einem Forschungsbericht wird vorgeschlagen, dass die Verwendung von drei bis fünf Packungsringen zusammen mit Distanzbuchsen in tiefen Stopfbuchsen effektiver sein kann.

- 1) „Die Stopfbuchstiefe reduzieren und alle unnötigen Laternenringe durch Distanzstücke oder Buchsen ersetzen. Raum für nur fünf Packungsringe (drei formgepresste Grafitringe und Endringe aus geflochtener Packung) lassen“, wie im EPRI-Bericht zur Ineffektivität von tiefen Stopfbuchsen angegeben [5].
- 2) „Eine Alternative besteht aus Packungssätzen, die aus Ringen unterschiedlicher Dichte bestehen, wobei die Dichte von der Position des Rings im Packungssatz abhängt“, wie im BAT-Referenzdokument angegeben [4].

MECHANISCHE PACKUNGSPARAMETER

SPANNUNGSVERTEILUNG IN DER STOPFBUCHSE

Der Hauptaufbau einer Stopfbuchse ist in Abbildung 49 dargestellt. Durch Anziehen der Stopfbuchschrauben wird durch axiale Kompression, Druck auf die Packung erzeugt. Die Packung überträgt den Druck nicht mit gleicher Intensität in alle Richtungen. Ein Teil der Druckkraft wirkt auf die Welle / Spindel und sorgt so für Dichtungsdruck, während ein anderer Teil als sogenannter Axialschub von einem Ring zum nächsten weitergegeben wird. Siehe Referenz [6] für die unten angegebene Theorie und Gleichungen.

Die hier aufgeführte Theorie ist als Referenz zu verstehen. Anwendungsempfehlungen und Berechnungen erhalten Sie auf Wunsch von einem Packungshersteller.

Der Druckanteil, der die Dichtwirkung auf die Welle erzeugt, hängt von bestimmten Eigenschaften eines Packungsmaterials und seiner Konstruktion ab und wird durch den Querverformungsfaktor K ausgedrückt.

$$K = \text{Radialspannung } P_{\text{rad}} / \text{Axialspannung } P_{\text{ax}} \quad \{4\}$$

Die Packung überträgt den Druck nicht in alle Richtungen gleichmäßig.

Die Reibungskoeffizienten zwischen Packung und dem Stopfbuchsgehäuse (μ_1) und zwischen Packung und Welle (μ_2) sind ebenfalls entscheidende Einflussfaktoren. Um das Verhältnis der aufgetragenen Brillenspannung zur Axialspannung im Stopfbuchsgrund zu bestimmen, hat Thomson [6] die folgende Formel für ruhende Spindeln aufgestellt:

$$P_{axb} = P_{axg} * e^{-(\mu_1 + \mu_2) * K * L / B} \quad (N/mm^2) \quad \{5\}$$

P_{axb} = Axiale Spannung (Stopfbuchsgrund) (N/mm²)

P_{axg} = Axialspannung (Brillenseite) (N/mm²)

K = Querverformungsfaktor

μ_1 = Reibungskoeffizient (Packung/ Spindel)

μ_2 = Reibungskoeffizient (Packung/ Gehäuse)

B = Packungsbreite (mm)

L = Länge des Packungssatzes (mm)

In der Praxis sind die Unterschiede der beiden Reibungskoeffizienten μ_1 und μ_2 meistens sehr gering, so dass man für beide Werte $2 * \mu$ einsetzen kann.

Durch Kombinieren der Gleichungen {4} und {5} lässt sich die radiale Spannung P_{radb} , die am untersten Packungsring im Stopfbuchsgrund ansteht, berechnen:

$$P_{radb} = P_{axg} * K * e^{-2 * \mu * K * L / B} \quad (N/mm^2) \quad \{6\}$$

Eine große Anzahl von Packungsringen kann, aufgrund der hohen Radialspannungsverluste in einer tiefen Stopfbuchse die Dichtleistung nicht verbessern.

Damit der unterste Packungsring noch abdichtet, muss die dort wirksame Radialspannung größer als der Mediendruck sein. Die Spannungsverteilung ist besonders gut, wenn der spezifische Reibungskoeffizient und der K-Faktor möglichst klein sind. Die Auswirkungen von Reibungskoeffizient und K-Faktor sind in der Radialdruckverteilung in Abb. 43 zu sehen. Es zeigt sich, dass eine große Anzahl von Packungsringen die Dichtleistung aufgrund der hohen Radialspannungsverluste in einer tiefen Stopfbuchse nicht verbessert.

Genau genommen gelten die Verläufe der Druckgradienten nur für quasi-statische Anwendungen. Bei einer Spindelbewegung in axialer Richtung wird die Druckverteilung am Innendurchmesser der Packung komplexer und es wird schwierig, eine genaue Aussage zu treffen. Die oben angegebenen Formeln beruhen auf der Annahme, dass das Packungsmaterial homogen und vollkommen plastisch ist, und sind deshalb in ihrer Genauigkeit beschränkt. Eine andere Annahme ist, dass der Verformungsfaktor K und der Reibungskoeffizient nicht von der Axialspannung abhängig sind. Versuche haben gezeigt, dass dies nicht der Fall ist, aber für eine einfache Spannungsabschätzung ist die obige Formel ausreichend.

STATISCHE UND QUASI-STATISCHE ANWENDUNGEN

Für die weitere Betrachtung der Wirkungsweise einer Stopfbuchse muss zwischen statisch und dynamisch eingesetzten Packungen unterschieden werden.

Kennzeichnend für statisch und quasi-statisch belastete Dichtungen sind geringe Relativbewegungen der Bauteile. Von der Dichtung erwartet man ein gewisses elastisches Verhalten, eine kleine Leckage und, speziell bei Armaturen, geringe Reibkräfte.

Wenn ein Packungsring verspannt wird, wird er je nach Bedingungen elastisch und plastisch verformt. Für rein statische Dichtungen wie an Gehäusedeckeln, Flanschen usw. soll die Dichtung elastisch reagieren, um die maßlichen Veränderungen des Einbauraumes auszugleichen, die sich durch Temperatur- und Spannungsunterschiede ergeben. Eine zuverlässige Dichtung sollte unter Temperatureinwirkung nicht extrudieren oder flüchtige Bestandteile abgeben.

Deshalb werden speziell Materialien auf Basis von expandiertem Grafit bei hohen Temperaturen in statischen Anwendungen aufgrund ihrer Volumenstabilität und Elastizität eingesetzt. Für den Einsatz in Armaturen muss die Dichtung zusätzlich noch Anforderungen wie geringen Abrieb bei Spindelbewegungen und niedrige Reibung auf einem möglichst konstanten Niveau gewährleisten.

REIBUNG

Es wird angestrebt, eine effektive Abdichtung mit so kleinen Brillenspannungen wie möglich zu erzielen, um die proportionale Reibungserhöhung im Packungssatz zu minimieren. Aus dem Integral der Formel {7} ergibt sich unter Berücksichtigung der Anlagefläche folgende Formel zur Berechnung der Reibkraft F_f :

$$F_f = d \cdot \pi \cdot B / 2 \cdot P_{axg} \cdot (1 - e^{-2\mu \cdot K \cdot L / B}) \quad (N) \quad \{7\}$$

d = Durchmesser der Anlagefläche (mm)

Wird die Spindel nach dem Packen einige Male hin- und herbewegt, ergibt sich eine günstigere Verteilung der Axial- und Radialkräfte. Die Formel {7} ändert sich dadurch wie folgt:

$$F_r = d \cdot \pi \cdot B \cdot P_{axg} \cdot (1 - e^{-\mu \cdot K \cdot L / B}) \quad (N) \quad \{8\}$$

Wenn Schmiermittel verwendet werden, sind die tatsächlichen Reibkräfte während der Einlaufphase geringer als bei berechneter Trockenreibung.

Wenn zusätzliche Imprägnierungen oder Packungen mit Einlaufschmiermittel verwendet werden, sind die tatsächlichen Reibkräfte geringer als die, die auf Basis von Trockenreibung berechnet wurden. Erst wenn diese Schmierstoffe durch thermische und mechanische Einflüsse während des Pumpenlaufs zerstört werden, erfolgt eine Annäherung an die errechneten Werte.

Unterschiede zwischen errechneter und gemessener Reibung treten auch bei extrem langen Stopfbuchsen auf. Ursache ist die geringe Verformung der untersten Ringe. Die wirksame Dichtlänge ist kürzer als die Packungshöhe.

LECKAGERATEN

Bei statischen Dichtungen wird die zulässige Leckagerate meist nicht präzise vorgegeben oder es wird nur ein Grenzwert genannt, der Baugröße, Druckunterschied und Medium nicht berücksichtigt. Um die effektiven Leckagen ermitteln zu können, müssen neben den oben genannten Einflüssen genaue packungsspezifische Kennwerte bekannt sein. In zahlreichen Versuchen wurden solche Kennwerte unabhängig von Medium und Brillenspannung ermittelt. Eine Leckagerate bei Raumtemperatur kann mit der folgenden empirischen Formel berechnet werden:

$$Q = (k_f * A * \Delta p) / (\eta * L) \quad (\text{mm}^3/\text{s}) \quad \{9\}$$

k_f = Spezifischer Dichtungskennwert (mm^2)

Δp = Differenzdruck (N/mm^2)

A = Ringfläche der Packung (mm^2)

η = Dynamische Viskosität ($\text{N} \cdot \text{s}/\text{mm}^2$)

L = Packungssatzhöhe (mm)

DYNAMISCHE ANWENDUNGEN

Eine Packung, die unter dynamischen Bedingungen eingesetzt wird, ähnelt in vielen Punkten einem Gleitlager. Im Gegensatz zu statischen oder quasi-statischen Dichtungen in Armaturen ist die Vermeidung von Reibwärme das zentrale Problem der dynamisch beanspruchten Packung. Die bei Bewegung in Reibwärme umgesetzte Energie ist abhängig von:

1. Der Reibkraft, die sich aus der Brillenspannung ergibt
2. Den Reibungskoeffizienten der Packung und Welle
3. Der Gleitgeschwindigkeit
4. Der Viskosität des Mediums

Die Brillenspannung muss abhängig vom Mediumdruck gewählt werden. Sie sollte zwischen dem 1,05- und 2-fachen des Mediumdrucks liegen. Größere Brillenspannungen sind nur bei sehr langsam laufenden Wellen möglich.

Die Brillenspannung ist für den Anwender die einzige Möglichkeit, Einfluss auf Leckage und Reibwärme zu nehmen. Da an der Stopfbuchse immer mehrere Einflüsse zugleich wirksam werden, ist es für den Anwender oft schwierig, das richtige Verhältnis von Leckage und Reibwärme an der Stopfbuchse zu bestimmen.

REIBUNG

Die Reibungszustände, wie sie zwischen Packung und Welle vorkommen, liegen in einem sehr weiten Bereich. Dies ist zum einen die Trockenreibung, die dem Zustand ungefetteter Packungen entspricht, wo kein oder nur ein nicht zusammenhängender Schmierfilm zwischen Welle und Packung besteht, wie beispielsweise in Armaturen.

Der zweite Zustand ist die Mischreibung bei der geölte Packungen mit einem kontinuierlichen Schmierfilm aber mit einzelnen Punktkontakten zwischen Packung und Welle eingesetzt werden, wie z.B. in der Einlaufphase bei Pumpen oder in langsam laufenden Anwendungen wie Mischern mit kleiner oder Null-Leckage. Der dritte Zustand ist die Flüssigkeitsreibung, wobei sich ein hydrodynamischer Schmierfilm bildet. Dabei besteht kein Kontakt zwischen Welle und Packung, wie z.B. bei Pumpenanwendungen mit höheren Wellengeschwindigkeiten.

Ein Anzeichen, dass der Einlaufvorgang beendet ist, ist ein kleiner permanenter Leckagefilm bei konstanter Temperatur.

Bei Pumpenpackung ist der Einlaufvorgang von entscheidender Bedeutung. Nach dem Einbau der Packung liegt meistens ein Mischreibungszustand vor. Jedoch sollte so schnell wie möglich Flüssigkeitsreibung erzielt werden, damit die Stopfbuchsabdichtung optimal funktioniert. Während der Einlaufphase kann es durch die Reibwärme zu einer erhöhten Wärmeausdehnung der Welle und der Packung kommen, wobei dadurch die Reibwärme noch stärker ansteigen kann. Ein Verbrennen der Packung oder Festfahren der Welle kann nur durch sofortiges Ausschalten der Maschine vermieden werden.

Typische Pumpenpackungen enthalten eine Einlaufhilfe auf Ölbasis. Das Öl bildet den ersten Schmierfilm, der die Reibung minimiert. Sinn der Einlaufhilfe ist es ferner, bei Erwärmung die Spaltbildung durch einen kleinen Volumenschwund zu erleichtern.

Der Einfahrtvorgang ist beendet, wenn sich der hydrodynamische Schmierfilm durch das Medium gebildet hat. Das ist an der gleichmäßigen Leckage bei gleichbleibender Temperatur erkennbar.

LECKAGERATEN

Bei einer gut eingefahrenen Packung ist die Leckagerate die Menge, die durch den Spalt, der durch den hydrodynamischen Schmierfilm gebildet wird, nach außen austritt. Zur Berechnung der Leckage gilt folgende Formel:

$$Q = (2.5 * \Delta p * \pi * d * h^3 * S) / (12 * \eta * L) \text{ (mm}^3\text{/s) } \{10\}$$

Δp = Differenzdruck (N/mm²)

d = Wellendurchmesser (mm)

h = Spaltweite zwischen Welle und Packung (μm)

η = Dynamische Viskosität (N*s/mm²)

L = Länge des Packungssatzes (mm)

S = Oberflächengeschwindigkeitsfaktor $S = \text{UPM}/1200$

Da der Packungssatz von oben nach unten aufgrund des Druckabbaus immer weniger verformt wird, ist die Bestimmung der Spaltweite schwierig. Die Spaltweite hängt neben der Brillenspannung von einer Vielzahl von Faktoren ab. Diese sind wie folgt:

- Stopfbuchsenabmessungen
- Wellendrehzahl
- Dynamische Viskosität des Mediums
- Wellenschlag
- E-Modul der Packung
- Wärmeleitfähigkeit und Ausdehnungskoeffizient von Welle und Packung

Für den Spalt wird ein Wert von $h = 5 - 10 \mu\text{m}$ ($200 - 400 \mu\text{in}$) angenommen. Dies ist abhängig von der Oberflächenrauheit der Wellenhülse. Bei einer Hülse in gutem Zustand sollte der niedrigere Wert verwendet werden. Der kleinstmögliche Breitenwert für den Spalt entspricht der Oberflächenrauheit der Hülse. Durch Versuche, die Leckage so weit wie möglich zu reduzieren, entsteht ein Spalt, der nahezu identisch mit der Oberflächenrauheit der Hülse ist. Dies kann zu einem beschleunigten Verschleiss der Packung führen.

Diese Formel liefert tendenziell Werte für das, was mit Hochleistungspackungsmaterial zu erwarten ist. Eine praktische Anleitung für wässrige Flüssigkeiten ist die Verwendung von 4 Tropfen pro Minute und cm des Wellendurchmessers. (1 ml besteht aus ungefähr 8 bis 10 Tropfen). Beachten Sie, dass die Leckage an der Außenseite der Packung aufgrund des Zustands des Stopfbuchsgehäuse und abhängig davon, wie gut die Ringe geschnitten wurden und sich an ihrem Außendurchmesser treffen, genauso groß oder größer sein kann als die Leckage an der Welle.

LEISTUNGS-AUFNAHME VON PUMPENPACKUNGEN

Es wurde allgemein angenommen, dass die Reibung von Pumpenpackungen und der daraus resultierende Stromverbrauch signifikant sind. Insbesondere wurde angenommen, dass mit Packungen der Stromverbrauch, unter ähnlichen Druck-, Größen- und Geschwindigkeitsbedingungen, wesentlich höher ist als bei Gleitringdichtungen. Ein umfassendes Studien- und Testprogramm, das von der FSA, der ESA und dem CETIM-Testzentrum in Auftrag gegeben wurde, hat gezeigt, dass dies nicht richtig war.

Die traditionelle theoretische Formel für die Leistungsaufnahme von Stopfbuchspackungen war:

$$P = P_p \times UPM \times D \times \mu \times A_p \times F \quad \{11\}$$

Hier sind:

P: Leistung (PS oder KW in Abhängigkeit der verwendeten Einheiten)

P_p: Dichtdruck

UPM: Rotationsgeschwindigkeit

D: Wellendurchmesser

μ: Reibungskoeffizient zwischen Welle und Packung

A_p: Packungskontaktfläche

F: Faktor in Abhängigkeit der verwendeten Einheiten

Diese Formel liefert Stromverbrauchsschätzungen, die ein bis zwei Größenordnungen höher waren als die experimentell gemessenen.

Das Drehmoment (und der daraus resultierende Stromverbrauch bei einer bestimmten Drehzahl hängt von der Art der verwendeten Packung, der zulässigen Leckrate sowie der Wellendrehzahl und -größe ab. Basierend auf umfangreichen Tests wurde eine neue Formel für das Drehmoment entwickelt:

$$T = P_p \cdot K \cdot R \cdot \mu \cdot A_p \cdot S \cdot S_p \cdot F / L \quad (\text{Nm}) \quad \{12\}$$

T: Drehmoment

P_p: Dichtdruck

K: Druckverlustfaktor

R: Wellenradius

μ: Reibungskoeffizient zwischen Welle und Packung

A_p: Packungskontaktfläche

S: Grössenfaktor

S_p: Geschwindigkeitsfaktor

L: Leckagefaktor

F: Faktor in Abhängigkeit der verwendeten Einheiten

Die Packungstypen werden in drei Klassen unterteilt basierend auf Packungsart und Leckgeräten. Die häufigsten sind wie folgt:

Klasse 1, PTFE, ePTFE/Grafit

Klasse 2, Aramid, Novoloid, Carbon/Grafit Klasse 3,

Natürliche (Zellulose) Fasern, Acryl.

Die Leckagefaktoren in der Formel sind:

Klasse 1, L = 2,5
Klasse 2, L = 10
Klasse 3, L = 15

Der Reibungskoeffizient μ folgt den Klassen mit Ausnahme von Klasse 2.

Klasse 1, PTFE und ePTFE/Grafit $\mu = 0,03$
Klasse 2, $\mu = 0,06$, aber für Kohlenstoff/ Grafit $\mu = 0,25$
Klasse 3, $\mu = 0,2$.

Der Geschwindigkeitsfaktor S_p folgt der Stribeck-Kurve mit 1 für 3000 bis 3600 UPM, 0,75 für 1500 bis 1750 UPM, 0,6 für 750 bis 875 UPM und 0,8 für 500 bis 600 RPM.

Ein Druckverlustfaktor $K = 0,2$ gilt für den abzudichtenden Druck für alle Klassen.

Der Grössenfaktor S ist das einfache Verhältnis von der verwendeten Wellenabmessung zu der Wellenabmessung der Tests mit 50 mm oder 2".

Als ein Beispiel, das Drehmoment für eine 70 mm Welle mit fünf Aramid-Packungsringen und 13 mm Querschnitt und einem Prozessdruck von 5 bar sowie bei 1500 UPM Wellendrehzahl ist:

5 (Druck) $\times 100000$ (bar zu N/m^2) $\times 0,2$ (Druckverlustfaktor) $\times 70$ (Wellendurchmesser / 2000 Momentarm-Radius und mm zu m) $\times 0,06$ (Reibungskoeff. $\times 70$ (Packungswellendurchmesser) $\times \pi/1000$ (mm zu m) $\times 13$ (Querschnitt) / 1000 (mm zu m) $\times 5$ (Ringanzahl, Kontaktbereich mit der Welle) $\times 1,4$ (Verhältnis Wellendurchmesser zu Testbasisdurchmesser von 50 mm $\times 0,75$ (Geschwindigkeitsfaktor) / 10 (Leckagefaktor basierend auf der Leckageklasse)

oder

$5 \times 100000 \times 0,2 \times 70/2000 \times 0,06 \times 70 \times \pi/1000 \times 13/1000 \times 5 \times 1,4 \times 0,75 / 10 = 0,315 \text{ Nm}$.

BESTIMMUNG DER ARMATUREN-STOPFBUCHSABMESSUNGEN

Statische und quasistatische Anwendungen

Die Armaturenpackung muss maßliche Änderungen durch thermische Ausdehnung ausgleichen. Durch die Relativbewegung der Spindel zur Packung tritt zusätzlich Verschleiß auf, der durch die Eigenelastizität der Packung über eine bestimmte Hubzahl ausgeglichen werden muss.

Packungsbreite

Die Packungsbreite für Armaturenwendungen kann in Bezug auf den Spindeldurchmesser d wie folgt berechnet werden:

Für Zollabmessungen (inch) kann die folgende Formel verwendet werden:

$$B = 0,155 * d + 0,125 \text{ auf } 1/16'' \text{ gerundet} \quad \{13\}$$

Für metrische Dimensionen kann die folgende Formel verwendet werden:

$$B = 1,2 - 1,4 * d^{1/2} \quad \{14\}$$

Anmerkungen:

- 1) *Verwenden Sie die Abmessung, die dem handelsüblichen Querschnitt am nächsten kommt*
- 2) *Eine einfache Umrechnung der Zollabmessung kann auch verwendet werden, um die metrische Querschnittsabmessung zu bestimmen*
- 3) *Gilt nicht unbedingt für Dreh- oder Schwenkarmaturen*
- 4) *Bei Spindelgrößen über 4 Zoll oder 100 mm wenden Sie sich an den Hersteller der Packung und der Armatur*

Länge des Packungssatzes

Bei Armaturen ist es schwierig, die geeignete Länge des Packungssatzes zu bestimmen. Die maximal zulässige Länge kann anhand des Widerstands der Spindel gegen Torsion oder Biegung berechnet werden. Die Festigkeitsgrenzen des Spindelmaterials werden normalerweise erreicht, wenn die Länge der Stopfbuchse das 3,7-fache des Spindeldurchmessers überschreitet.

Wenn das Hauptziel darin besteht, die Reibung gering zu halten, ist eine kurze Packungslänge vorzuziehen. Wenn andererseits eine lange Lebensdauer und sehr niedrige Leckraten gewünscht werden, sind längere Packungssätze erforderlich. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die optimale Länge zwischen 4 und 7 Ringen liegt wie in der folgenden Formel:

$$L = 4 \text{ to } 7 \times B \quad \{15\}$$

Dynamische Anwendungen

Angesichts bestimmter Prozesse, die die Stopfbuchse unter dynamischen Belastungen beeinflussen, sollten grössere Packungsbreiten als bei statischen Anwendungen verwendet werden. Beachten Sie die Empfehlungen für Pumpenpackungsquerschnitte in den Tabellen 7 und 8 auf Seite 84.

BRILLENBEFEDERUNG

Die Bezeichnung „Brillenbefederung“ bezieht sich auf den Einsatz eines Federmechanismus, um eine quasi-statische Spannung auf die Stopfbuchsbrille über der Zeit und sich verändernden Parametern aufrechtzuerhalten. Druckfedern werden zwischen den Brillenmuttern und der Brille eingebaut, um eine ausreichende Spannung während langer Einsatzzeiten sicherzustellen (siehe Abb. 58). Die elastische Energie der Federn hält eine Spannung an der Brille aufrecht, um die Spannungsrelaxation der Packung zu kompensieren.

Eine Brillenbefederung wird typischerweise dann eingesetzt, wenn ein konventioneller Packungssatz Spannungsverluste aufgrund einer „Verdichtung der Packung“ zeigt. Diese Bezeichnung beschreibt das stetige Auffüllen von internen Hohlräumen und den Materialverlust in einer Packung über einem längeren Zeitraum. Dazu kommen andere Mechanismen, die eine Spannungsrelaxation in der Packung verursachen, wie Reibungsverluste, Extrusion, Schmiermittelverluste und unterschiedliche Wärmeausdehnungen der Anwendung und Packung. Die Brillenbefederung wird eingesetzt, um diese negativen Effekte auf die Packung auszugleichen.

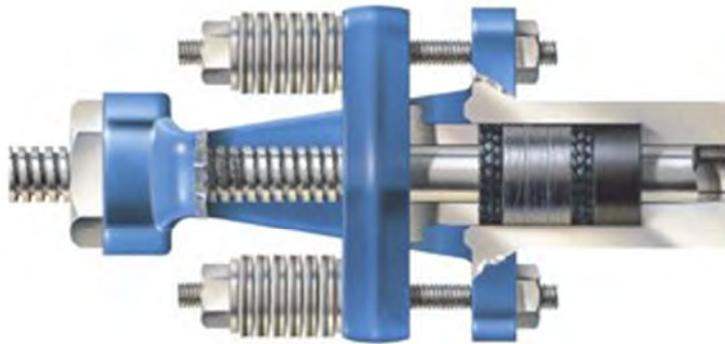


Abbildung 58: Tellerbefederung einer Stopfbuchse

Die Brillenbefederung wird eingesetzt, wenn der negative Effekt des Spannungsabbaus im Packungssatz kompensiert werden soll.

Ein Brillenspannungsverlust kann manchmal exzessive Leckage oder häufiges Nachspannen der Brille verursachen. Für die Befederung der Brille werden am häufigsten Tellerfedern eingesetzt. Andere Federtypen, wie gewellte Federn oder Druckfedern, können auch verwendet werden. Der Federmechanismus verlängert die Zeitintervalle, bevor eine Nachspannung notwendig ist.

Eine Brillenbefederung kann in Anwendungen mit den folgenden Kriterien von Vorteil sein:

- Anwendungen mit geregelten Emissionsraten
- Armaturen mit langen Instandhaltungsintervallen
- Regelventile, Armaturen mit Luft- oder Motorantrieben
- Armaturen mit häufig bewegten Spindeln
- Armaturen mit einer großen Anzahl von Temperaturzyklen
- Bei schwer zu erreichende Armaturen
- Bei für den Produktionsprozess „kritischen“ Armaturen

Einige Anwendungen sind besonders geeignet für den Einsatz einer Tellerbefederung:

- Emissionsminderung in chemischen Anlagen und in Raffinerien
- Leckageverhinderung in nicht zugänglichen Bereichen in Atomkraftwerken
- Einsatz in kritischen System- und Funktionsarmaturen, z.B. Hauptleitungs-Absperrarmaturen oder Regelarmaturen
- Armaturen mit Motor- oder Pneumatiktrieb, bei denen die Ansprechzeiten zur Verstellung wichtig sind

Nachdem festgelegt worden ist, dass eine Tellerbefederung eine geeignete Lösung für eine Anwendung ist, müssen die Federlösungen ausgelegt werden (siehe Abb. 59). Um die Befederung zu konstruieren, müssen bestimmte Informationen über die Armatur und Einsatzbedingungen bekannt sein. Normalerweise wird ein Datenblatt für die Befederungslösung zur Verfügung gestellt und muss für jede Anwendungsabmessung und jeden Einsatzparameter ausgefüllt werden. Erst dann kann ein Federsatz ausgelegt werden.



Abbildung 59: Tellerbefederung an einem Kühlaggregat

Neben den Befederungsteilen wird der Satzkonstrukteur auch die notwendigen Informationen zur zugehörigen Armatur zur Verfügung stellen. Informationen wie Drehmomente für die Schraubenmutter, Packungstyp, Packungsabmessungen und Federsatzabmessungen gehören dazu. Es gibt bestimmte Packungs- und Anwendungsanordnungen die speziell für eine Befederung der Brillenschrauben geeignet sind. Die folgenden Beispiele sind typisch:

- Endringe garantieren eine Verpressung der Dichtringe und verhindern Extrusion
 - o Geflochtenes und formgepresstes flexibles Grafitgarn mit hoher Festigkeit, ummantelt mit Inconel™-Draht
 - o Geflochtenes Kohle-/Grafitfilamentgarn mit Hochtemperaturimprägnierung
 - o Hochdichte Ringe aus reinem expandiertem Grafit
 - o Zwei End- oder Anti-Extrusionringe werden auf beiden Satzseiten verwendet
- Mittlere Dichtringe
 - o Hochreine, formgepresste Ringe aus flexiblem Grafit
 - o Passiver Inhibitor, um Spindelkorrosion zu verhindern
 - o Geringe und mittlere Dichte
 - o Drei Dichtringe werden normalerweise verwendet
- Hartkohlebuchsen (geteilt)
 - o Erlauben die Verwendung von 5 Ringen in tiefen Stopfbuchsen

Es bestehen generelle Missverständnisse, dass eine Brillenbefederung eine konstante Spannung auf den Packungssatz aufrechterhält und dies für eine *unbeschränkte Zeit*. Dies ist nicht zutreffend. Eine Befederung vermindert den Effekt eines Spannungsverlustes aufgrund von Packungsverdichtung und –verschleiss, kann ihn aber nicht komplett verhindern.

Eine Brillenbefederung kann in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt werden, wie z.B. Mischern, Rührwerken, Kreiselpumpen, Verdrängungspumpen, Armaturen, Hydraulikzylindern, Kompressoren usw. Es ist auch für eine Vielzahl von Prozessen geeignet, wie in der Chemie- und Lebensmittelindustrie, Raffinerien, Petrochemie, Kraftwerken, Papierindustrie und Klärwerken.

BESTE VERFÜGBARE TECHNIKEN ZUR BEGRENZUNG DER EMISSIONEN VON ARMATUREN, PUMPEN UND SONDERANWENDUNGEN

Richtlinien mit Empfehlungen zu den besten verfügbaren Technologien für Dichtungslösungen stehen zur Verfügung. Bei diesen Richtlinien darf jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass die Vorschläge für einzelne Anwendungen allumfassend oder immer zutreffend sind.

***Bitte fragen Sie den Packungshersteller nach den spezifischen Anwendungs-
informationen.***

Nachfolgend finden Sie Auszüge von Richtlinien zu Leckagen und flüchtigen Emissionen, die in den Leitfäden zur Dichtungstechnologie enthalten sind.

BESTE TECHNIKEN BEI LECKAGE

Die Reduzierung von flüchtigen Emissionen, die durch Undichtigkeiten in Dichtungselementen verursacht werden, erfordert die Berücksichtigung möglicher Ursachen. In der Richtlinie heisst es: „Es wurde geschätzt, dass für jede Pumpe in einer durchschnittlichen Anlage 32 Ventile, 135 Flansche, 1 Sicherheitsventil und 1,5 offene Leitungen vorhanden sind. Daher sind bei so vielen potenziellen Quellen Leckageverluste oft schwer zu bestimmen. Sie hängen auch stark vom Alter der Anwendungen ab und davon, wie gut der Wartungszustand ist. Einige der wichtigsten Ursachen für die Leckageverluste sind schlecht installierte interne oder externe Dichtungselemente, Installations- oder Konstruktionsfehler, Verschleiss, Anwendungsversagen, Verschmutzung des Dichtungselements und falsche Prozessbedingungen.“ [4]

Weil Pumpen, Armaturen und andere Dichtungsanwendungen bei der Emissionskontrolle durch Packungen unterstützt werden... ist die richtige Auswahl der Packung für jede Anwendung wichtig.

„Leckageverluste sind generell bei dynamischen Anwendungen (im Vergleich zu statischen Anwendungen) und bei älteren Maschinen höher. Armaturen sind für etwa 50-60 % der flüchtigen Emissionen verantwortlich“, so die Richtlinie

Achtung: Emissionen: Bei Dichtungsanwendungen ist das Entweichen des Prozessmediums in die Atmosphäre, auch Emissionen genannt, stark reguliert. Emissionsraten einer großen Anzahl von Medien von Wasserdampf bis zu flüchtigen organischen Verbindungen, die natürlich vorkommen oder synthetisch hergestellt werden, werden kontinuierlich gemessen. Wegen der wachsenden Sorge, dass Emissionen menschlichen Ursprungs zur lokalen und globalen Verschmutzung der Umwelt und zu steigenden Konzentrationen über die Grenzwerte für einen gesunden Ablauf der Umweltprozesse beitragen, werden diese Emissionen reguliert.

Die Emissionsstandards für jede Region verändern sich ständig und werden in diesem Handbuch nicht speziell angegeben. Jedoch ist die kontinuierliche Beachtung der Emissionsgesetzgebung wichtig, da Packungen für die Emissionskontrolle in Pumpen, Armaturen und anderen Dichtungsanwendungen entscheidend sind und die richtige Auswahl der geeigneten Packung für jede Anwendung von Bedeutung ist.

BESTE TECHNIKEN FÜR ARMATUREN

„Armaturen mit geradlinig bewegten Spindeln (Absperrschieber und -ventile) können häufiger Leckagen als Armaturen mit Drehbewegung wie Kugel- und Kegelhähne zeigen“, so die Richtlinie. Zur erfolgreichen Abdichtung von Armaturen mit Stopfbuchspackungen werden die folgenden Maßnahmen empfohlen:

- Sorgfältige Auswahl von Packungsmaterialien, um die spezifischen Anwendungsparameter zu erfüllen
- Komplette Berücksichtigung der Oberflächengeschwindigkeiten, Drücke, Temperaturen und des abzudichtenden Mediums
- Sorgfältige Durchführung der Installation und der Einlaufprozedur
- Hohe Standards bei der Anlagenwartung

BESTE TECHNIKEN FÜR PUMPEN

Stopfbuchspackungen werden gewöhnlich für oszillierende Wellen zur Emissionsreduzierung verwendet. Um Leckagen von Maschinen mit großen rotierenden Wellen zu minimieren, wird in der Richtlinie eine Kombination von Maßnahmen vorgeschlagen. Einige Maßnahmen sind die Verwendung von Gleitringdichtungen mit integrierter Lagerung, um einen Wellenausschlag zu minimieren, die Verwendung von modernen Packungssätzen von namhaften Herstellern und die Verwendung von Brillenbefederungssystemen [4].

MASSNAHMEN ZUR FEHLERBEHEBUNG

Packungen können aus verschiedenen Gründen versagen. Neben unsachgemäßem Einbau wird ein Packungsversagen oft durch Verschleiß oder fehlerhafte Ausrüstung, Wellenauslenkung, ungleiches Anziehen der Brillenschrauben oder falsche Packungsauswahl verursacht.

Wenn Probleme auftreten, dann muss der alte Packungssatz vorsichtig ausgebaut und untersucht werden. DEN PACKUNGSSATZ NICHT VORZEITIG ENTSORGEN. Denn aus der Analyse des Packungssatzes können Rückschlüsse auf den Zustand der Anwendung und die mögliche Problemlösung gewonnen werden. Die Hinweise und möglichen Gründe in Tabelle 9 wurden durch die Untersuchung von ausgefallenen Packungssätzen ermittelt.

ACHTUNG: Befolgen Sie die Anweisungen der Anlagensicherheitsvorschriften und Sicherheitsdatenblätter.

**TABELLE 9
Maßnahmen zur Fehlerbehebung**

Hinweise	Mögliche Ursachen
Übermäßige Reduzierung des Packungsprofils direkt an der Spindel, Welle oder am Plunger.	Führungsspiel bei Spindel oder Plunger, Verschleiß der Lager bei einer Welle, dadurch kann Wellenschlag auftreten.
Übermäßige Reduzierung der Packungsdicke nur an einer speziellen Stelle der Spindel oder Welle.	Führungsspiel bei Spindel oder Plunger, Verschleiß der Lager bei einer Welle, dadurch kann Wellenschlag auftreten.
Ein ganzer Ring oder ein Teil eines Ringes fehlt im Packungssatz.	Stopfbuchsgrund ist verschlissen und die Packung extrudiert in das Medium.
Verschleiß an der Außenseite eines Rings oder mehrerer Ringe.	Ringe drehen mit der Welle und sind lose in der Stopfbuchse. Packungsprofil ist zu klein.
Axiale Beule in einem oder in mehreren Packungsringen.	Nebenring zu kurz oder zu lang geschnitten. Je nach verwendetem Packungsmaterial wird der Ring unter axialem Druck verformt.
Packung zeigt Extrusion zwischen Spindel oder Welle und der Brille.	Übermäßige Brillenspannung und/oder zu großer Spalt zwischen Spindel oder Welle und der Brille.
Ringe an der Brille stark beschädigt und Grundringe im normalen Zustand.	Unsachgemäße Installation und zu hohe Brillenspannung.
Lauffläche der Ringe trocken und verkohlt und der Rest der Packung in gutem Zustand.	Hohe Wellentemperaturen und unzureichende Schmierung.
Grundring ist chemisch angegriffen.	Die Packung ist für dieses Medium nicht geeignet.

**TABELLE 10
URSACHEN UND LÖSUNGEN**

BEOBACHTUNG	INSPEKTION	URSACHE	LÖSUNG
Dampf oder Rauch	Verbrannter Grundring Verbrannter Brillenring	Überhitztes Medium Zu stark angezogen Hohe Reibung	Kühlsystem Anderer Packungstyp Neuinstallation Schulung des Monteurs
Unregelmässige Leckage Abrieb in Leckage Abrieb an der Brille	Verschlossener Grundring Alle Ringe verschlissen	Abrieb	Spülung prüfen Laternenring einbauen Anderer Packungstyp
Dampf oder Rauch Schlechte Nachstellbarkeit Unregelmässige Leckage	Verbrannter Brillenring Ringe zur Laterne verschlissen	Verstopfte Spülung	Laternenring reinigen, ausrichten, neu einbauen
Übermässige Leckage Hohe Kompression	Beschädigte Ringe, insbesondere Grundringe	Chemischer Angriff	Anderer Packungstyp Laternenring einbauen
Geräusche Übermässige Erhitzung Wellenausschlag Schwere Nachstellbarkeit	Exzentrischer Verschleiss Perforierte Ringe	Mechanische Probleme	Maschine reparieren Anderer Packungstyp
Hohe Kompression Unkontrollierbare Leckage	Extrudierte oder ausgefrante Grundringe	Zu grosser Grundspalt	Stopfbuchsgrund reparieren Anti-Extrusionsringe einbauen

NORMEN, VORSCHRIFTEN, UND UMWELTGESETZGEBUNG

Normen und Vorschriften werden von Regierungen, Unternehmen und Institutionen erlassen, um Eigenschaften, Grenzwerte und Leistungskriterien für Dichtungsmaterialien zu definieren, die in Anwendungen eingesetzt werden welche das Bedienpersonal oder die Umwelt beeinträchtigen können. Eine Übersicht zu gebräuchlichen Standards und Vorschriften wird im Folgenden gegeben. Für aktuelle Informationen schauen Sie bitte in die ESA und FSA Webseiten.

API (American Petroleum Institute)

API 589 Feuerfest zur Beurteilung von Packungen für Armaturenspindeln (für Absperrschieber)

Dieser Standard beschreibt einen Testaufbau in einem Absperrschieber um das Packungsverhalten im Falle eines Feuers zu prüfen. Dieser Standard ist nicht mehr gültig.

API 600 Stahlarmaturen - Flansch- und Stumpfschweißenden

Diese API Spezifikation für Stahlschieber für die API bezieht sich hauptsächlich auf die Konstruktion und den Aufbau dieser Armaturen.

API 602 Kompakte Stahlschieber – Mit Flansch, Gewindeflansch oder Verschweisst Der Standard für kleinere geschmiedete Stahlschieber.

API 603 - Rostfreie Absperrschieber mit Deckelflansch - Flansch- und Stumpfschweißenden

Armaturenstandard für Design, Material, Abmessungen, Nennwerte, Prüfung und Inspektion sowie Prüfanforderungen.

API 607 und ISO 10497 Feuersichere Kugelhähne

Dies sind Armaturentypprüfungen für die Feuersicherheit. Packungen und Flachdichtungen werden behandelt. ISO 10497 wurde aus API 607 erstellt.

API 608 Stahlkugelhähne – Flansch- und Stumpfschweißenden

Ein Standard für Kugelhähne mit schwimmender Kugel.

API 609 Absperrklappen – Mit Anflansch und Zwischenflansch

Spezifikation für Absperrklappen von ANSI B16 Klasse 150 bis 1500

API 622 Testvorschrift für Packungen in Armaturen mit flüchtigen Emissionen

Ein Packungstest um Packungen für VOC-Emissionen in Hochtemperatur-Absperrarmaturen zu qualifizieren.

API 623 - Stahlabsperrentile - Flansch- und Stumpfschweißenden, verschraubtes Ventiloberteil

Armaturenstandard für Design, Material, Abmessungen, Nennwerte, Prüfung und Inspektion sowie Prüfanforderungen.

API 624 - Typtest für Hubventile mit Grafitpackungen bei flüchtigen Emissionen

Ein Armaturentypstest zur Prüfung von VOC-Emissionen mit nach API 622 qualifizierten Packungen.

API 641 - Typtest für 90°-Schwenkarmaturen bei flüchtigen Emissionen, Erste Ausgabe Ein Armaturentypstest zur Qualifizierung bei VOC-Emissionen .

ASME (American Society of Mechanical Engineers)

ASME B73.1 und ASME B73.2 Massanforderungen und Konstruktionsrichtlinien für Pumpen

ASME B73.1 für horizontale, selbstansaugende Pumpen und ASME B73.2 für vertikale Inline-Kreiselpumpen in der chemischen Prozessindustrie beinhalten Anforderungen für die Abmessungsvarianten sowie spezielle Konstruktionsrichtlinien für den Einbau und Wartung.

ASTM (American Society for Testing Materials) Packungsmaterial Standards

ASTM F 1277-02 Standardprüfverfahren zur Bestimmung von löslichen Chloriden in Packungs- und Flachdichtungsmaterialien durch Ionenchromatographie

Diese Testmethode ermöglicht die Probenvorbereitung und Messung von Chloridionen, die aus Packungs- und Flachdichtungsmaterialien auf Grafit-, Asbest- oder Papierbasis ausgelaugt wurden.

ASTM F 2087-01 Standardspezifikation für Glaspackungen, rund und quadratisch geflochten

Diese Spezifikation definiert generelle Anforderungen und Testprozeduren für rund und quadratisch geflochtene Glaspackungen für den Gebrauch in Kesseln und Öfen sowie anderen Hochtemperaturdichtungsanwendungen bis zu 538°C (1000°F).

ASTM F 2168-02 Standardspezifikation für Packungsmaterial aus Grafit, geriffeltes Band oder texturierte Folie und formgepresste Ringe

Diese Spezifikation definiert verschiedene Typen, Klassen und Sorten für expandierte Grafitmaterialien für Armaturen mit Medientemperaturen bis zu einem Maximum von 966°C (1050°F).

ASTM F 2191-02 Standardspezifikation für Packungsmaterial aus geflochtenem Grafit- oder Kohlegarn

Diese Spezifikation definiert Packungen aus Stapelfaser oder kontinuierlichem Kohle/ Grafitfilamentgarn, die als Endringe für Packungssätze in Armaturenspindelanwendungen eingesetzt werden. Vorgesehene Anwendungen sind Dampf, Kohlenwasserstoffe, Wasser und nicht oxidierende Chemikalien.

BSI (Britische Standards)

BS 4371 Spezifikation für faserhaltige Stopfbuchspackungen– Veraltet

Unter ESA PD 002 Revision. Diese britische Richtlinie beschreibt verschiedene Packungen für Pumpen, Armaturen, usw. und gibt Informationen zu Garnen und Schmiermitteln sowie Packungstoleranzen.

**ISA (International Society of Automation)
(Früher Instrumentation, Systems, Automation Society)**

ISA-SP-93 Standardmethode für die Bestimmung von externen Leckagen an manuellen und automatisierten Absperrarmaturen

Diese Richtlinie beschreibt eine Liste von Anforderungen für die Messung von flüchtigen Emissionen von Armaturen und Dichtungen.

FCI (Fluid Controls Institute)

ANSI/FCI 91-1 Standard für die Qualifizierung von Spindelabdichtungen für Regelventile zur Erfüllung von EPA Emissionsrichtlinien für flüchtige organische Compounds.

Diese Norm klassifiziert Armaturenschaftdichtungen nach ihrer Fähigkeit, mechanischen und thermischen Zyklen bei einem bestimmten Satz von Temperatur- und Druckbedingungen standzuhalten. Faltenbälge, Membranen und Dichtschläuche fallen nicht unter diese Norm.

ISO (International Standards Organisation)

ISO 15848-1 Klassifizierungssystem und Qualifikationsverfahren für die Typprüfung von Armaturen

Diese Norm enthält Prüfverfahren, mit denen die Leistungsfähigkeit von Armaturen im Betrieb mit diffusen Emissionen klassifiziert wird.

ISO 15848-2 Produktionsabnahmetest für Armaturen

Ziel dieser Norm ist es, eine Standardverfahren für die Bewertung von Produktionsarmaturen festzulegen, deren Konstruktion erfolgreich nach ISO 15848-1 typgeprüft wurde.

ISO 3069 Abmessungen von Hohlräumen

ISO 3069 bezieht sich auf normalsaugende Pumpen und beinhaltet auch Pumpen die nach ISO 2858 konform sind. Es werden Stopfbuchsabmessungen für Packungen spezifiziert.

MSS (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry)

MSS SP-120 Packungssysteme aus expandiertem Grafit für Stahlarmaturen mit steigender Spindel (Konstruktionsanforderungen)

Diese Norm enthält Anforderungen an Packungsmaterial und Abmessungen für Armaturenpackungen, Stopfbuchse, Brillenschrauben, Distanzscheiben, Armaturenkopf und Spindel in Bezug auf die gesamte Packungsbaugruppe.

MSS SP-121 Testmethoden zur Qualifizierung von Spindelpackungen für Stahlarmaturen mit steigender Spindel

Zurückgezogen.

VDI (Verein Deutscher Ingenieure)

VDI 2440

Dies ist eine deutsche Richtlinie, die von Experten aus Industrie, Universitäten und Gesetzgebung zur Emissionskontrolle in Mineralölraffinerien entwickelt wurde. Die Quellen von gasförmigen Emissionen werden aufgeführt und die relevanten besten Technologien zur Emissionsreduzierung (BAT) werden beschrieben. Es werden spezifische Leckageraten für Emissionen für Armaturen und Flansche definiert und geeignete Prüfmethode werden beschrieben. Diese Leckageraten werden auch für die Emissionsgesetzgebung der "TA-Luft" verwendet.

FSA/ESA

Testprozedur für Packungen in rotierenden Anwendungen

Die ESA und die FSA haben gemeinsam die ESA-Veröffentlichung Nr. PD001 / 2007 - Spezifikation für ein Testverfahren für Packungen in rotierenden Anwendungen entwickelt. Diese Spezifikation enthält Einzelheiten zu einem Prüfverfahren für Packungen zur Abdichtung der Stopfbuchse von Rotationsgeräten wie Kreiselpumpen, Mischern, Rührwerken usw. Dieser Standard ist die Basis für die CEN-Norm EN 16752 - Kreiselpumpen - Prüfverfahren für Packungen.

TA-LUFT

Die TA-Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) [9] Gesetzgebung wurde zuerst in 1984 eingeführt. Eine neue Revision wurde in 2002 verabschiedet um neuen Entwicklungen gerecht zu werden und um die Anforderungen der europäischen IPPC Gesetzgebung zu inkorporieren. Die TA-Luft ist gültig für alle produzierenden Industrien in Deutschland und definiert die Emissionsanforderungen. Sowohl existierende als auch neue Anlagen sind hiervon betroffen. Bis 2007 mussten alle Altanlagen auf den gleichen technischen Stand wie Neuanlagen gebracht werden. Die neue Revision der TA-Luft definiert spezifische Emissionsgrenzwerte für Armaturen, die auf den Empfehlungen der VDI Richtlinie 2440 – "Emissionsreduzierung in Mineralölraffinerien" basieren.

Für Absperr- und Regelarmaturen werden Abdichtungen mit metallischen Faltenbälgen mit zusätzlicher Sicherheitsstopfbuchse vorgeschrieben oder gleichwertige andere Dichtelemente, die die folgenden Bedingungen erfüllen können:

1. Das Dichtelement (z.B. Stopfbuchse mit Packungssatz) muss die Einhaltung der Grenzwerte unter Betriebsbedingungen während der Lebensdauer der Armatur gewährleisten.
2. Die spezifische Leckagerate sollte kleiner als 10^{-4} mbar*l/s/m für Temperaturen bis 250 °C (482°F) oder kleiner als 10^{-2} mbar*l/s/m für Temperaturen grösser als 250 °C (482°F) sein.

Unabhängige Prüfinstitute können Armaturen oder auch individuelle Packungen oder spezielle Packungssätze für den Gebrauch für spezifische Anwendungsbedingungen freigeben.

CLEAN AIR ACT (US-LUFTREINHALTUNGSGESETZ)

Der "Clean Air Act" ist ein Bundesgesetz zur Luftreinhaltung in den USA. Das Ziel dieses Gesetzes ist:

- Reduzierung von Luftverunreinigungen wie Smog, Dunst, saurer Regen oder andere Einflüsse in der Umgebung
- Reduzierung von giftigen Luftverunreinigungen die, nachweislich oder auch möglicherweise, Krebs oder andere schwerwiegende Gesundheitsschäden verursachen
- Abbau von Produktion und Gebrauch von Chemikalien die die Ozonschicht zerstören können.

Im Clean Air Act definiert die EPA (US-Umweltschutzbehörde Grenzwerte für Luftverunreinigungen für den gesamten Bereich der USA. Dies soll einen Schutz vor Luftverunreinigungen für die Gesundheit und Umwelt aller US-Bürger gewährleisten. Durch den Clean Air Act hat die EPA die Befugnis Emissionen von Quellen wie Chemieanlagen, Versorgungsunternehmen oder Stahlwerken zu limitieren. Individuelle Bundesstaaten, Distrikte oder lokale Behörden können strenger Luftreinhaltungsgesetze verabschieden aber die Grenzwerte können nicht niedriger liegen als die von der EPA bestimmten Werte

Weitere spezifische Informationen über den Clean Air Act finden Sie auf der folgenden EPA-Webseite: www.epa.gov/air/caa/index.html.

INDUSTRIELLE EMISSIONEN

(Quelle: Europäische Kommission)

Zur Kontrolle der Industrieemissionen hat die EU einen allgemeinen Rahmen entwickelt, der auf integrierten Genehmigungen beruht. Dies bedeutet, dass die Genehmigungen die vollständigen Emissionen einer Anlage berücksichtigen müssen, um zu vermeiden, dass die Verschmutzung von einem Medium wie Luft, Wasser und Land auf ein anderes verlagert wird. Vorrang sollte die Verhinderung von Umweltverschmutzung durch Eingriffe an der Quelle und die umsichtige Nutzung und Verwendung natürlicher Ressourcen haben.

Die **Richtlinie über Industrieemissionen (IED 2010/75 / EU** wurde am 24. November 2010 vom Europäischen Parlament und vom Rat verabschiedet und am 7. Januar 2013 umgesetzt. Sie ersetzt Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG des Rates und die Richtlinie 2008/1/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IPPC, die am 18. Februar 2008 in Kraft trat.

Die IED deckt die folgenden Branchen ab, wie in bestehenden BREFs angegeben:

- Energiewirtschaft (Kraftwerke, Öl und Gas);
- Metallindustrie (Giessereien und Veredelungsprozesse);
- Mineralindustrie; (Bergbau)
- Chemische Industrie; (Organisch und anorganisch, pharmazeutisch)
- Abfallwirtschaft;
- Neue Industrien - wie intensive Viehzucht.

Alle Details finden Sie in den verschiedenen veröffentlichten BAT-Referenzdokumenten (BREF) der Richtlinie über Industrieemissionen, die sich alle auf die besten verfügbaren Techniken (BVT) beziehen, die ein wesentlicher Bestandteil aller Referenz-BREF's sind.

IED 2010/75/EU

Einer der Hauptgründe für die Einführung von IED 2010/75/EU war die unzureichende Umsetzung der BVT's, was zu begrenzten Fortschritten bei der Verhütung und Verringerung flüchtiger Industrieemissionen sowie zu Einschränkungen hinsichtlich der Einhaltung, Durchsetzung und Umweltverträglichkeit führte.

Flüchtige Emissionen, die erstmals in Vorschriften enthalten sind, werden im Allgemeinen als ungeplante Emissionen aus industriellen Prozessen definiert, im Gegensatz zu geplanten Emissionen aus Fackeln, Schornsteinen und Sicherheitsventilen.

Wichtige Änderungen mit der Einführung der IED 2010/75/EU lassen sich am besten wie folgt zusammenfassen:

Bessere Rechtgebung: Zusammenlegung von 7 bestehenden Richtlinien (IPPC 1996/61/EG und 2008/1/EG); Große Verbrennungsanlagen (2001/80/EG); Müllverbrennung (2000/76/EG); Lösungsmittlemissionen (1999/13/EG); TiO₂ x 3)

Verschärfte Bestimmungen zu:

- Installationsinspektionen müssen mindestens alle 3 Jahre durchgeführt werden
- Öffentlicher Zugang zu Informationen
- Die Rolle der besten verfügbaren Techniken (BVT) bei der Genehmigung von Lizenzen für Anlagen ist jetzt obligatorisch
- Die Definitionen von BREF, BVT-Schlussfolgerungen und Informationsaustausch werden verbessert
- Verbesserte Rolle von BREF, BVT-Schlussfolgerungen und Einführung von Emissionsgrenzwerten
- Überprüfung der Genehmigungsbedingungen

IED-Bereich für Umweltfragen:

Die IED deckt nun folgende Umweltbereiche ab: Emissionen in Luft, Wasser und Land; Energie- und Wasserverbrauch; Abfallvermeidung und -verwertung; Prävention und Kontrolle von Unfällen; Lärm; Vibration; Hitze; und Geruch.

Grundlegende Anforderungen umfassen:

- Erzielung eines hohen Masses an Umweltschutz.
- Verhindern von Verschmutzung und Reduzierung von Verschmutzung, falls dies nicht möglich ist.
- Zugang zu Informationen und Beteiligung der Öffentlichkeit - Artikel 24 und Anhang IV
- Für den Betrieb der Anlage ist eine Genehmigung erforderlich - Artikel 4

Die ESA hat ein Dokument zur Reduzierung flüchtiger Emissionen veröffentlicht, das eine Mischung aus allgemeinen und detaillierten Informationen zu Dichtungsanwendungen enthält, die in typischen industriellen Prozessen verwendet werden, sowie die erwarteten maximalen Leckageraten von jeder Dichtungsanwendung. Dieses Dokument ist für jedes BREF im BATIS-System enthalten.

Stopfbuchspackungen

Verzeichnis der Fachbegriffe

Abstreifring Ein geflochtener Packungsring, der als Endring zusammen mit expandierten Grafitringen eingebaut wird. Dieser Ring hält die Spindel von Grafitanhaftungen sauber und verhindert den Austrag loser Grafitpartikel.

AD Abkürzung für „Außendurchmesser“. Bezeichnet auch die äußere Abmessung eines Packungssatzes (normalerweise gleich der Gehäusebohrung).

Aktiver Inhibitor Ein galvanischer Korrosionsinhibitor, der in eine Packung als Opferanode eingebracht wird, um statt des in der Anwendung vorhandenen Metalls zu korrodieren. Zinkstaub wird auf die Oberfläche einiger Packungen als aktiver Inhibitor aufgebracht. Siehe auch „Galvanische Korrosion“. Vergleiche mit „Passiver Inhibitor“.

Aktuator Ein an einer Armatur angebrachtes Gerät, um die Spindel zu bewegen. Ein Aktuator kann mit einem Elektromotor oder pneumatisch angetrieben werden. Eine mit einem Aktuator ausgerüstete Armatur wird normalerweise auch als Regelarmatur bezeichnet.

Anti-Extrusionsring Ein Packungsring, der an einem oder beiden Enden eines Packungssatzes eingesetzt wird, um die Spaltextrusion des Packungsmaterials zu verhindern. Siehe auch „Endring“.

AOV Englische Abkürzung für „Air Operated Valve“, eine pneumatisch angetriebene Armatur.

Aramid Ein synthetisches Polyamid, das in Faserform für die Herstellung von Packungen verwendet werden. Die gelbfarbenen Aramidgarne zeichnen sich durch hohe Zugfestigkeit sowie Verschleißfestigkeit aus.

Armatur mit steigender Spindel Eine Armatur, in der die Spindel nur geradlinig bewegt wird.
Armatur mit steigender/rotierender Spindel Eine Armatur, in der die Spindel eine schraubende Bewegung ausführt und sowohl geradlinig als auch drehend bewegt wird.

Armaturengehäuse Ein Begriff, der den Teil einer zwei-teiligen Armatur beschreibt, der die internen Bauteile der Armatur umschließt. Die Flansche, mit denen die Armatur an eine Rohrleitung angebracht wird, sind auch Teil des Gehäuses.

Armaturenoberteil Ein Begriff, der den Teil einer zweiteiligen Armatur beschreibt, der auf dem Armaturengehäuse angebracht wird. Das Oberteil enthält die Stopfbuchse und die Lagerung der Spindel.

Armaturenspindel Siehe „Spindel“.

Ausgleichsbuchse Eine metallische Buchse oder ein Kohlering, der als Platzhalter in tiefen Stopfbuchsen eingesetzt wird.

Auslassdruck Der Flüssigkeitsdruck, der auf der Auslassseite einer Pumpe gemessen wird, wo die Flüssigkeit das Pumpengehäuse verlässt.

Ausschlag Auslenkung einer Welle (normalerweise in einem Mischer oder einer Pumpe) aufgrund einer mechanischen Belastung. Eine lange Welle ohne Lagerung zeigt mehr Ausschlag als eine kurze Welle mit einer guten Lagerung.

Axial In der Richtung der Wellen- oder Spindelachse.

Betätigen Die Bewegung einer Ventilspindel durch Anheben, Drehen oder Absenken auslösen.

Brille Siehe „Stopfbuchsbrille“

Brillenbolzen Eine Gewindestange oder Schraube, die im Anwendungsgehäuse angebracht ist und gegen die die Brille angezogen wird, um den Packungssatz zu komprimieren. Siehe auch „Armaturengehäuse“.

Brillenkraft Axialkraft, die auf den Packungssatz gemessen in N oder lbs aufgebracht wird.

Brillenspannung Axialspannung, die durch die Brille auf den Packungssatz gemessen in MPa übertragen wird.

Dachmanschettensatz Die Packungsringe in einem Dachmanschettensatz sind konisch geformt und sitzen ineinander. Durch diese Form ergibt sich eine bessere radiale Kraftübertragung schon bei kleinen Axialkräften.

Diagonalgeflecht Eine Flechtkonstruktion, bei der Garne so ineinander verflochten werden, dass sie sich nur schwer wieder entwirren lassen. Dieses Geflecht erzeugt eine dichte, eng geflochtene Packung mit einem normalerweise quadratischen Querschnitt.

Dichte Das Verhältnis der Masse eines Körpers zu seinem Volumen (in g/cm³ oder lb/ft³). Speziell formgepresste expandierte Grafitringe werden in spezifischen Dichten gefertigt.

Dichtungskäfig Siehe „Laternenring“.

Dreharmaturen mit 90°-Drehwinkel Eine Armatur, die durch eine Rotation der Spindel um 90° voll geöffnet oder geschlossen wird.

Drehmoment In Packungsanwendungen ist das Drehmoment wichtig, das an den Brillenschrauben aufgebracht wird, um den Packungssatz zu verdichten. Als Folge hiervon ist auch das Moment wichtig, um die Spindel zu bewegen und die Reibung zum Packungssatz zu überwinden.

Druckhöhe Der Druck, der an einer beliebigen Stelle in einer Flüssigkeit herrscht, kann durch das Eigengewicht in Form einer vertikalen Säule ausgedrückt werden. Die Höhe dieser Wassersäule wird in Meter angegeben.

Durchflussmesser Ein Gerät, mit dem die Durchflussrate einer Flüssigkeit in einer Rohrleitung gemessen wird. In Packungsanwendungen wird ein Durchflussmesser zur Messung des Spülmediums verwendet, das in die Stopfbuchse eintritt oder diese wieder verlässt.

Einlaufgleitmittel Ein Schmiermittel, das zusätzlich in die Packung eingebracht wird. Das Gleitmittel verhindert ein Verbrennen der Packung in der Einlaufphase und kompensiert eine Volumenzunahme durch Reibungswärme in Pumpenanwendungen.

Emissionen Entweichen von gasförmigen oder flüssigen Schadstoffen durch Leckagen aus Anwendungen wie Flanschen, Pumpen oder Armaturen. Wird häufig in Referenz zu flüchtigen organischen Verbindungen verwendet, die von Regierungsbehörden überwacht werden. Wird normalerweise in Teilchen pro Millionen Volumenanteil angegeben (ppmv, oder einfach ppm).

Endring Ein Packungsring, der am oberen oder unteren Ende eines Packungssatzes zum Extrusionsschutz oder als Abstreifer eingebaut wird. Siehe auch „Anti-Extrusionsring“.

Endring Siehe „Anti-Extrusionsring“.

EPA Eine Abkürzung für die amerikanische Umweltschutzbehörde, „Environmental Protection Agency“ genannt, die für die Einhaltung der Bestimmungen des US-Luftreinhaltungsgesetzes verantwortlich ist.

EPA Methode 21 Eine von der EPA verwendete Vorschrift, um die Schadstoffmessungen an Anwendungen wie Armaturen, Pumpen und Flanschen zu definieren.

ePTFE Expandiertes Polytetrafluoroethylen, ein Polymer mit exzellenter chemischer Beständigkeit und höherer Zugfestigkeit als PTFE.

ePTFE/Grafit (Expandiertes Polytetrafluoroethylen/Grafit ein Polymer mit exzellenter chemischer Beständigkeit und höherer Zugfestigkeit als PTFE. Die Kombination aus ePTFE und Grafit ergibt ein Packungsmaterial mit besserer Wärmeableitung, niedrigem Reibungskoeffizienten und gutem Formhaltevermögen sowie einer hohen Chemikalienbeständigkeit in einem pH-Bereich von 0-14.

Extrusion Das Fließen von Packungsmaterial unter Druckeinfluss in die baubedingten Spalte der Stopfbuchse.

Exzentrizität Bezeichnet die Abweichung der zentralen Achse einer Welle von der Mitte der Stopfbuchse.

Faserbrei In der Papierindustrie ist der Faserbrei eine wässrige Pulpemischung während der Papierherstellung.

Flachdichtungsscheibe Ein Flachdichtungsmaterial, das in Stopfbuchsen zwischen den Packungsringen eingesetzt wird. Diese Scheiben werden verwendet, um den Schutz gegen abrasive Medien sowie die Druckbeständigkeit zu erhöhen oder die Leckage durch das Packungsmaterial zu minimieren.

Flechtmaschine Eine Maschine, auf der Garne zu einer Packung geflochten werden.
Flüchtige Emission Flüchtige, zufällige, zeitweise Gas- oder Flüssigkeitsleckage aus Anlagen. Siehe auch „Emissionen“.

Formpressen Ein Fertigungsprozess, während dem geflochtene Packungen oder expandiertes Grafitband in einem Werkzeug zu Ringen geformt werden/wird.

FPM Englische Abkürzung für „Feet Per Minute“ oder „Fuß pro Minute“, eine Einheit für die Umfangsgeschwindigkeit einer rotierende Welle.

Galvanische Korrosion Eine elektrochemische Reaktion, die zwischen einem Metall und einem chemisch edleren Material wie einem anderen Metall, Kohlenstoff oder Grafit auftreten kann. Wenn beide Materialien in einen gemeinsamen Elektrolyten getaucht werden, wird eine galvanische Zelle gebildet und ein Strom fließt zwischen den zwei Materialien. Das weniger edle Material (die Anode korrodiert, während sich das edlere Material (die Kathode nicht verändert).

Garnimprägnierung Bezeichnet das Aufbringen einer Beschichtung auf das Garn vor dem Flechtprozess. Dieses Verfahren garantiert eine gleichmäßige Beschichtung aller Garne im Geflecht.

Geflecht Eine hohle oder feste Struktur, die aus Garnen oder Filamenten geflochten wird. Es werden runde (konzentrische, quadratische oder diagonal geflochtene Packungen unterschieden. Ein Geflecht kann rund, quadratisch oder rechteckig gefertigt werden.

Gehäuse Siehe „Armaturengehäuse“.

Gehäusedurchmesser Die Abmessung des ringförmigen Raums, in dem die Packung eingebaut wird. Wird auch Stopfbuchsbohrung genannt.

Geradschnitt Ein gerader Schnitt am Stoß eines Packungsringes.

Geschnittener Ringsatz Ein geflochtenes Packungsmaterial, das als einzelne Ringe für eine spezifische Stopfbuchsabmessung zugeschnitten und als Satz verpackt wird.

Handrad Ein am oberen Ende einer Armatur angebrachtes Stellrad, mit dem die Spindel manuell bewegt wird.

Hubkolbenpumpe (Plungerpumpe) Bezeichnet einen Pumpentyp, bei dem ein Plunger in einer translatorischen Bewegung unter Druck einen Medienfluss erzeugt.

ID Die Abkürzung für „Innendurchmesser“. Wird für die innere Abmessung eines Packungssatzes verwendet (normalerweise gleich dem Spindel- oder Wellendurchmesser).

Imprägnierung Eine Beschichtung, die in geflochtene Packungen eingebracht wird, um die Hohlräume zwischen den Fasern zu füllen und dadurch die Querschnittsdichte sowie das Abdichtverhalten zu erhöhen. Als Imprägnierungsmaterial werden z.B. PTFE, Öl oder Fett verwendet.

Kalandrieren Ein Verfahrensschritt in der Produktion von geflochtenen Packungen, in dem das Packungsmaterial durch Rollen auf das Endmaß verdichtet wird.

Kaltfluss Permanente und kontinuierliche Verformung eines Materials aufgrund von längerer Zug- oder Druckbeanspruchung bei oder nahe bei Raumtemperatur.

Karbonisierung Ein thermisches Verfahren, mit dem ein organisches Material durch Hitzeeinwirkung in Kohlenstoff umgewandelt wird.

Kavitation Ein Begriff, der die Bildung und Auflösung von Hohlräumen in Flüssigkeiten durch Druckschwankungen beschreibt. Dieses unerwünschte Phänomen tritt manchmal in Pumpen auf. Die Ursache von Kavitation sind insbesondere bei Kreiselpumpen die örtlichen Druckabsenkungen im Schaufelkanaleintritt des Laufrads. Hier bilden sich Dampfblasen, die schlagartig kondensieren können. Diese „Implosion“ kann als knatterndes Geräusch wahrgenommen werden, außerdem treten Vibrationen auf. Durch die hohe Druckbelastung kann es zu Schäden am Laufrad und manchmal auch am Packungssatz kommen.

Konzentrisches Geflecht mit Kern Eine Packungskonstruktion, bei der Garne schlauchförmig um ein Kernmaterial geflochten werden. Das Kernmaterial kann z.B. ein Elastomer, extrudierter Kunststoff, ein Garnmaterial usw. sein.

Korrosionsinhibitor Ein Bestandteil der in eine Packung eingebracht wird um galvanische Korrosion in der Stopfbuchse zu verhindern oder zu minimieren. Korrosionsinhibitoren werden entweder als passiv oder aktiv klassifiziert.

Kreiselpumpe Ein Pumpentyp, der durch die Rotation eines Laufrads Druck und Medienfluss generiert.

Laternenring Ein Ring, der in der Stopfbuchse eingebaut wird, um eine Spülflüssigkeit oder ein Schmiermittel in den Packungssatz einzubringen. Dieser Ring ist normalerweise aus Plastik oder Metall.

Laufrad Der Teil einer Kreiselpumpe, der durch Rotation eine Druckerhöhung und Medienfluss erzeugt.

Leckage Das Entweichen von Gasen oder Flüssigkeiten aus einer Anwendung.

Leckagerate Die Menge eines Fluids, die aus der Anwendung in einer gewissen Zeit entweicht.

Lochfrass Beschädigungen an metallischen Oberflächen aufgrund von galvanischer Korrosion oder mechanischer Erosion.

Medium Das Fluid in einer bestimmten Anwendung.

Mehrlagiges konzentrisches Geflecht Eine Packungskonstruktion, bei der mehrere Lagen von Garn schlauchförmig übereinander geflochten werden.

Metallband Feine geschnittene Streifen aus Metallfolie. Formgepresste Ringe werden aus Metallstreifen gepresst und als Endringe, Buchsen und in einigen Fällen als Lager verwendet. Die Streifen können aus Aluminium, Kupfer oder anderen formbaren Metallen bestehen.

Methode 21 Siehe „EPA Methode 21“.

MOV Eine englische Abkürzung für „Motor Operated Valve“, d.h. eine Regelarmatur mit einem Aktuator.

MRO Eine englische Abkürzung für „Maintenance and Repair Organization“, d.h. Firmen, die Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten durchführen.

MSS Eine englische Abkürzung für „Manufacturers Standardization Society of the Valves and Fittings Industry“, eine Normungsorganisation der Armaturenindustrie.

Oberflächenrauheit Eine Maßangabe für die Rauheit einer Spindel oder Welle. Wird normalerweise in Mikrometer oder Mikrominch angegeben.

Oberteil Siehe „Armaturenoberteil“.

OEM Eine englische Abkürzung für „Original Equipment Manufacturer“, Originalhersteller, der die Pumpen oder Armaturen produziert.

OVA Eine englische Abkürzung für „Organic Vapor Analyzer“, ein Messgerät zur Bestimmung der Konzentration von flüchtigen organischen Verbindungen, die aus Stopfbuchsen oder Dichtstellen entweichen.

Oxidationsmittel Siehe „Starkes Oxidationsmittel“.

Packungsnut Eine Nut in einem Flansch oder einer Verbindungsstelle, in die ein Packungsring eingebaut wird.

Packungsraum Der Abstand zwischen der Spindel oder Welle und dem Gehäuse der Stopfbuchse. Die Packungsabmessung (X) kann mit der folgenden Formel berechnet werden:
$$X = (AD-ID) / 2$$

Packungsspule Packungsmaterial, das als Länge auf einer Spule oder Rolle verkauft wird. (Im Gegensatz zu Zuschnitten oder formgepressten Ringen.)

Packungszieher (Packungsextraktor) Ein flexibles Werkzeug mit einer Spitze wie ein Korkenzieher, mit dem Packungen aus der Stopfbuchse entfernt werden.

Passiver Inhibitor Ein galvanischer Korrosionsinhibitor in einer Packung, der einen Schutzfilm bildet, um den Transfer von Elektronen zu unterbinden und galvanische Korrosion zu verhindern. Packungen aus expandiertem Grafit können Phosphor als passivem Korrosionsinhibitor beinhalten. Siehe auch „Galvanische Korrosion“. Vergleiche mit „Aktiver Inhibitor“.

pH Gibt die Konzentration einer Säure oder Lauge an. Auf der pH-Skala hat eine neutrale Lösung (nicht sauer oder basisch) einen pH-Wert von 7. Lösungen mit einem Wert kleiner als 7 sind Säuren und je kleiner der Wert ist, desto höher ist die Konzentration. Lösungen mit einem Wert größer als 7 werden als Basen oder Laugen bezeichnet.

Plunger Ein zylindrisches Bauteil zur Erzeugung von Druck (wie in einem Hydraulikzylinder oder eines Medienflusses) (wie in einer Plungerpumpe bzw. Hubkolbenpumpe).

Psi Englische Abkürzung für „Pounds per Square Inch“, eine Maßeinheit für Druck.

PTFE Eine Abkürzung für Polytetrafluorethylen, ein Polymer mit exzellenter chemischer Beständigkeit. PTFE-Dispersion wird als Imprägnierung in vielen Packungstypen eingesetzt. PTFE wird auch als Fasermaterial für Packungen verwendet.

Pulpe Pulpe ist das Hauptrohmaterial in der Papierindustrie. Die Pulpe ist eine Mischung aus Wasser und Zellulosefasern, die durch mechanische oder chemische Behandlung aus Holz gewonnen werden.

Pumpenwelle Eine metallische Stange, die das Laufrad und den Pumpenmotor verbindet.

Radial Bezeichnet die Richtung senkrecht zur Welle oder Spindel.

Radialausdehnung Die Fähigkeit eines Packungsmaterials, sich in einer Stopfbuchse unter Druckbelastung in der radialen Richtung zu verformen.

Reibungsfaktor Ein empirisch ermittelter Faktor für die Abschätzung der Reibkraft von der Packung auf die Armaturenspindel. Wichtig zu wissen ist, dass dieser Faktor nicht gleich dem „Reibungskoeffizienten“ ist.

Riefen Längsförmige Beschädigungen auf der Oberfläche einer Welle, Spindel oder eines Gehäuses aufgrund von mechanischer Beanspruchung.

Rotatorische Bewegung Bezeichnet die drehende Bewegung eines Körpers um die eigene Achse.

Rundgeflecht Eine Flechtmethode, mit der ein rundes Schlauchgeflecht hergestellt wird. Siehe auch „Konzentrisches Geflecht“.

Saugdruck Der Flüssigkeitsdruck an der Saug- oder Einlassseite einer Pumpe.

SCC Englische Abkürzung für „Stress Corrosion Cracking“ oder „Spannungskorrosionsrisse“.

Schlamm Eine Flüssigkeit mit hohem Feststoffgehalt. In Packungsanwendungen kann Schlamm aufgrund der abrasiven Partikel erhöhten Verschleiß verursachen. Hier müssen Maßnahmen getroffen werden, um einen übermäßigen Abrieb des Packungsmaterials zu vermeiden.

Schrägschnitt Ein schräger Schnitt am Stoß eines Packungsrings (meistens 45°).

Schraubendrehmoment Das Moment (in Nm), mit dem die Schraubenmutter der Stopfbuchsbrille angezogen wird. Die Axialkraft, die die Brille auf den Packungssatz aufbringt, kann indirekt als spezifisches Schraubendrehmoment ausgedrückt werden.

Schutzhülse Eine metallische Buchse, die über der Pumpenwelle im Packungsbereich installiert wird. In Pumpen können abrasive Medien oder bestimmte Packungsmaterialien Wellenbeschädigungen verursachen. Eine Hülse ist eine relativ kostengünstig zu ersetzende Alternative, um die Pumpenwelle vor Verschleiß zu schützen.

Spannungskorrosionsrisse Interkristalline Korrosion an Edelstählen, die an den Korngrenzen unter Zugspannung auftritt. Packungsmaterialien mit niedrigen Gehalten von wasserlöslichen Halogeniden und Schwefelanteilen können diese Korrosion minimieren.

Spezifisches Gewicht Die Länge eines Packungsmaterials mit einer spezifischen Dichte (m/kg oder ft/lb. Der inverse Wert (kg/m oder lb/ft wird manchmal auch als spezifisches Gewicht bezeichnet).

Spindel Eine Metallstange, welche die inneren Armaturenkomponenten mit dem Handrad, Hebel oder Aktuator verbindet.

Spiralgehäuse Der interne Teil einer Kreiselpumpe, in dem die Flüssigkeit mit dem Laufrad in Berührung kommt.

Spülbohrung Eine Bohrung an der Seite einer Stopfbuchse, durch die eine Flüssigkeit zum Reinigen, Kühlen oder Schmieren eingebracht werden kann.

Spülflüssigkeit Eine saubere Flüssigkeit (normalerweise Wasser, die durch eine Spülbohrung in die Stopfbuchse eingebracht wird, um einen Verschleiß durch abrasive Partikel zu reduzieren. Die Flüssigkeit kann auch zur Kühlung der Packung in Hochtemperaturanwendungen verwendet werden oder um das Ansaugen von Luft in Pumpenanwendungen zu vermeiden.

Stapelhöhe 1 Die Gesamthöhe der Einzelringe in einem Packungssatz 2 Die Gesamthöhe der Tellerfedern in einem Federsatz für die Brillenbefederung.

Starkes Oxidationsmittel Eine stark oxidierende Chemikalie. Starke Oxidantien wie Salpeter- und Schwefelsäure können Packungsmaterialien wie Kohlenstoff-, Grafit- und Zellulosefasern angreifen. Deshalb werden für diese Medien hauptsächlich PTFE-Packungen aufgrund ihrer guten Oxidationsbeständigkeit verwendet.

Stopfbuchsbrille Ein flanschähnliches Bauteil, das in die Stopfbuchse eingeführt wird, um den Packungssatz in der Stopfbuchse zu komprimieren.

Stopfbuchse Bezeichnet den Raum, in dem die Packung eingebaut wird.

Stopfbuchspackung Ein verformbares Dichtungsmaterial, das den Medienfluss eines druckbeaufschlagten Fluids zwischen zwei Oberflächen verhindert oder einschränkt, die sich relative zueinander bewegen.

Tauchimprägnierung Eine ökonomische Methode, um Packungen durch Tauchen in einem Behälter mit Imprägnierungsmaterial mit einer Beschichtung zu versehen.

Tellerbefederung Die Verwendung von Tellerfedern an den Stopfbuchsbolzen, um die Brillenspannung aufrechtzuerhalten.

Tellerfeder Eine konisch geformte Feder in Tellerform, die für die Befederung von Brillenschrauben verwendet wird.

Texturierung Bezeichnet die Prägung der Oberfläche von expandierter Grafitfolie. Diese Oberflächenbehandlung garantiert eine bessere Adhäsion der Folienlagen und verhindert die Delamination von formgepressten Grafitringen.

Thermische Ausdehnung Die Volumen- oder Längenausdehnung eines Materials aufgrund von Temperaturerhöhung.

Translatorische Bewegung Geradlinige Hin- und Herbewegung einer Spindel in der eigenen Achsrichtung.

U/min Abkürzung für „Umdrehungen pro Minute“, eine Maßeinheit für die Umfangsgeschwindigkeit einer Welle.

Umgebungstemperatur Die in der Anwendungsumgebung vorherrschende Temperatur.

Unverpresste Höhe Die Höhe eines Packungssatzes oder Packungsringes vor der Verpressung in der Stopfbuchse.

Unverpresste Höhe Die Höhe eines Packungssatzes oder Packungsringes vor der Verpressung in der Stopfbuchse.

Verpresste Höhe Die Höhe eines Packungssatzes oder Packungsringes nach der Verpressung in der Stopfbuchse.

VHAP Englische Abkürzung für „Volatile Hazardous Air Pollutant“ oder „Flüchtige gefährliche Luftschadstoffe“.

VOC Englische Abkürzung für „Volatile Organic Compound“ oder „Flüchtige organische Verbindungen“.

Wärmeleitfähigkeit Ein Kennwert für die Weiterleitung von thermischer Energie durch ein Material. Eine gute Wärmeübertragung ist für Pumpenpackungen wichtig, wo die zwischen Packung und rotierender Welle erzeugte Reibungswärme abgeführt werden muss, damit die Packung nicht verbrennt.

Welle Eine metallische Stange, die das Laufrad in einer Pumpe mit dem Motor verbindet.

Wellengeschwindigkeit Ein Wert für die Umfangsgeschwindigkeit einer Welle, der normalerweise in m/s angegeben wird.

Zopfgeflecht Eine Geflechtkonstruktion, die eine weiche, flexible Packung ergibt. Das Flechtbild ähnelt einem Zopf.

Zyklus- und Nachstell-Prozedur Eine Vorgehensweise zur optimalen Verdichtung eines Packungssatzes nach dem Einbau in die Stopfbuchse. Mit dieser Prozedur kann die Relaxation der Brillenspannung nach der Inbetriebnahme einer Armatur minimiert werden.

REFERENZEN

- [1] FLUID SEALING ASSOCIATION (FSA)-Compression Packing Division. (2006). Are you overlooking packing as a sealing solution? Sealing Sense, July, 44-45.
- [2] Garlock. (2007). S.T.A.M.P.S.
- [3] Karassik, I., Krutzsch, W., Fraser, W., & Messina J. (1976). Pump Handbook. New York: McGraw-Hill, Inc.
- [4] EUROPEAN SEALING ASSOCIATION (ESA) (2005). Sealing Technology – BAT guidance notes. ESA Publication No.014/15. UK.
- [5] Electric Power Research Institute (EPRI) (1988). Reduce Packing Depth (Stuffing Box Spacers). EPRI Report NP-5697, Project 2233-3 Section 4.2.
- [6] Thomson, J.L. (1958). Packed glands for high pressures. An analysis of fundamentals. Proc. I. Mech. E. 172.
- [7] FLUID SEALING ASSOCIATION (FSA)-Compression Packing Division. (2006). What are the best pump packing installation techniques? Sealing Sense, March, 62-63.
- [8] VDI 2440, Emissionsminderung Mineralölraffinerien, Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, 2000-11.
- [9] TA Luft (2002) - Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum BundesImmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) vom 24.7.2002 (GMBI. S. 511).

REFERENZEN ZU BIOLOGISCHEN SCHMIERMITTELN

- (1) Raab, Michael J. And Tahir, Amhed: Development of Eco-Sensitive No-Sheen Lubricants Part 1; Presentation to 62nd Annual STLE Meeting, 7 May 2007.
- (2) EPA 560/6-82-003, number CG-2000, Aerobic Aquatic Biodegradation, Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- (3) Coordinating European Council (CEC). 1994 CEC-L-33-A-94, Biodegradability of Two Stroke Outboard Engine Oil in Water,
- (4) ASTM D 5864 Standard test Method for Determining Aerobic Aquatic Biodegradation of Lubricants or Their Components
- (5) VDMA 24 568, Harmonization Sheet for Rapidly Biodegradable Hydraulic Fluids - Minimum Technical Requirements
- (6) Caterpillar Inc. BF-I, Biodegradable Hydraulic Fluid Requirements. (An evergreen performance document for mobile hydraulic systems.)
sp 5/15/07