

TECHNISCHES DOKUMENT

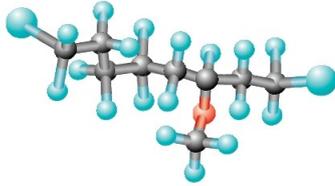
Argumente für FFKM- Dichtungen in Life-Science- Anwendungen

Mohammed Fiaz
Ryan McNulty

Precision Polymer Engineering
www.prepol.com

Einführung in Polymere und Elastomere

Ein Polymer ist eine chemische Verbindung mit Molekülen, die in langen, sich wiederholenden Ketten miteinander verbunden sind. Aufgrund ihrer Struktur haben Polymere einzigartige Eigenschaften, die für verschiedene Zwecke maßgeschneidert werden können.



Polymere werden vom Menschen hergestellt und kommen auch in der Natur vor. Naturkautschuk zum Beispiel ist ein natürliches Polymermaterial mit

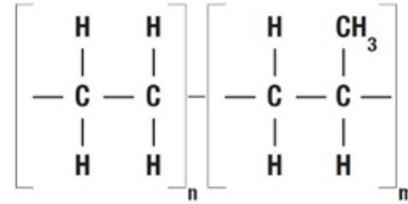
hervorragenden elastischen Eigenschaften. Zu den synthetischen Polymeren gehören Materialien wie Polyethylen, das in Einkaufstaschen und Vorratsbehältern zu finden ist, und Polystyrol, das zur Herstellung von Verpackungen und Einwegbechern verwendet wird. Einige synthetische Polymere sind biegsam (Thermoplaste) oder dauerhaft starr (Duroplaste). Andere Polymere haben kautschukähnliche Eigenschaften (Elastomere).

In den letzten siebzig Jahren hat die Entwicklung von Elastomeren eine Vielzahl von Werkstoffen mit jeweils einzigartigen Eigenschaften hervorgebracht, z. B. in Bezug auf Temperaturbereich und chemische Beständigkeit. Zu den aus Kohlenwasserstoffen gewonnenen Elastomeren gehören EPDM, Nitrile und hydrierte HNBRs (Abb. 1). EPDM-Elastomere bieten hervorragende Beständigkeit gegen Wasser und Dampf, sind jedoch nicht mit Ölen kompatibel. Nitril-Elastomere besitzen gute Beständigkeit gegen Öle, sind jedoch nicht für Wasser- oder Dampfananwendungen geeignet. Es gibt auch Elastomere, bei denen Kieselsäure der Hauptrohstoff ist, nämlich Silikon. Silikonkautschuk besitzt im Vergleich zu anderen Polymerwerkstoffen gute Beständigkeit bei niedrigen Temperaturen. Seine hohe Gasdurchlässigkeit macht ihn jedoch für einige Dichtungsanwendungen ungeeignet.

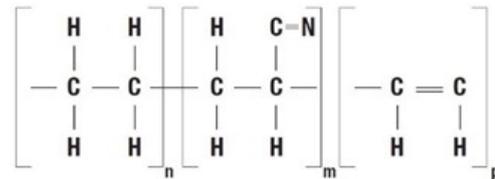
Eine weitere wichtige Gruppe dieser Materialien sind Fluorpolymere – ein Polymer auf Fluorkohlenstoffbasis, das Kohlenstoff-Fluor-Bindungen enthält. Diese Familie zeichnet sich durch hohe Beständigkeit gegen Lösungsmittel, Säuren und Basen aus. Die bekanntesten Fluorpolymere sind Polytetrafluorethylen (PTFE, Kunststoff), Fluorelastomere (FKM) und Perfluorelastomere (FFKM).

Fluorelastomere werden aufgrund ihrer im Vergleich zu anderen Polymerwerkstoffen überlegenen thermischen und chemischen Beständigkeit in Dichtungslösungen für einige der kritischsten Industriezweige, darunter Luft- und Raumfahrt und Halbleiteranwendungen, weithin eingesetzt. In jüngster Zeit hat die Verwendung von Fluorpolymeren für Dichtungen in Life-Science-Anwendungen, einschließlich der Herstellung von Lebensmitteln und Arzneimitteln, stark an Popularität gewonnen. Dieser Fortschritt wurde durch Fortschritte in der Füllstoff- und Additivtechnologie ermöglicht, so dass diese Materialien die strengsten Industrienormen und behördlichen Anforderungen erfüllen, die an Life-Science-Komponenten gestellt werden.

EPDM:



Nitrilkautschuk (NBR) und hydriertes Nitril (HNBR):



Silikon (Methylvinylsilikon – VMQ):

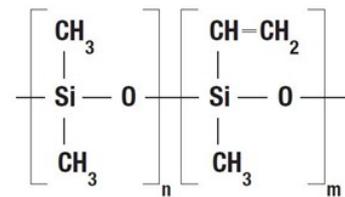


Abb. 1 – Chemische Strukturen ausgewählter Elastomerwerkstoffe

Fluorcarbone: Stärken und Schwächen

Je nach Polymerzusammensetzung ist FKM-Kautschuk als Dipolymer Typ 1 (nach der Norm ASTM D1418) oder als Terpolymer Typ 2 und Typ 3 erhältlich (Abb. 2). Der Typ bestimmt den Fluorgehalt und damit die chemische Beständigkeit. Terpolymere des Typs 3 sind so konzipiert, dass sie verbesserte Flexibilität bei niedrigen Temperaturen bieten und damit die Mindestgebrauchstemperatur erhöhen. FKM-Polymere können auch nach ihrer Vulkanisationschemie klassifiziert werden, nämlich nach der Bisphenol-AF-Härtung für bessere Hochtemperaturbeständigkeit und Peroxidhärtung für bessere Beständigkeit gegen wässrige Umgebungen, Dampf und additivhaltige Schmiermittel.

Zu den typischen Eigenschaften von FKM gehört eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Hitze, aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, chlorierte Lösungsmittel und Erdölflüssigkeiten. Fluorelastomere sind den meisten anderen öl- und wärmebeständigen Kautschuken, mit Ausnahme von Perfluorelastomeren (FFKM), in Bezug auf Beibehaltung der Dichtkraft von O-Ringen deutlich überlegen. FKM weisen geringe Beständigkeit gegen Ether, Ketone, Ester, Amine und Phosphatester auf Basis von Hydraulikflüssigkeit auf. Für angemessene Beständigkeit gegen Heißwasser, Dampf und nasses Chlor sind spezielle Verbindungen erforderlich. FKM werden in der Regel nicht für alkalische Flüssigkeiten empfohlen, da eine C-H-Bindung neben einer C-F-Bindung im Polymer stark sauer ist und von alkalischen Spezies angegriffen werden würde.

Grundwiderstand von Fluorelastomeren

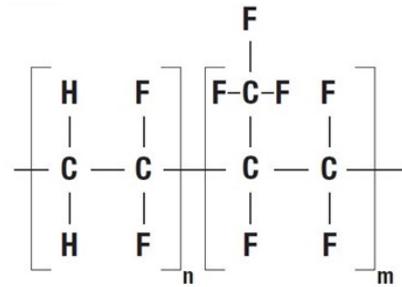
Das FKM-Polymer besteht aus langen Ketten von Kohlenstoffatomen, an die eine Kombination von Fluor- und Wasserstoffatomen gebunden ist. Die Kohlenstoff-Fluor-Bindung ist sehr stark. Im Vergleich dazu ist die Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindung jedoch schwächer. Die Fluoratome sind elektronegativer und wollen alle Elektronen an sich ziehen, wodurch das elektropositive Wasserstoffatom anfällig für Angriffe durch alkalische Spezies (z. B. Amine oder Hydroxidgruppen) wird. Das Wasserstoffatom und ein Fluoratom gehen durch Dehydrofluorierungsreaktion verloren, und es entsteht eine Doppelbindung. Diese Doppelbindung ist nun eine reaktive Stelle oder Schwachstelle in der Polymerkette und wird anfälliger für nachfolgende chemische Angriffe und Vernetzungen. Dies führt schließlich dazu, dass das Material hart wird und an Elastizität verliert.

Die besten basenbeständigen Werkstoffe für den Einsatz in diesen Situationen sind FFKM-Typen, da sie keine sauren C-H-Bindungen in der Polymerkette aufweisen. Ein alternativer Polymertyp, der für alkalische Bedingungen verwendet werden könnte, ist EPDM. EPDM wird jedoch durch Temperatur und Vorhandensein von Ölen und Weichmachern, die die Dichtungsleistung stark beeinträchtigen können, erheblich eingeschränkt.

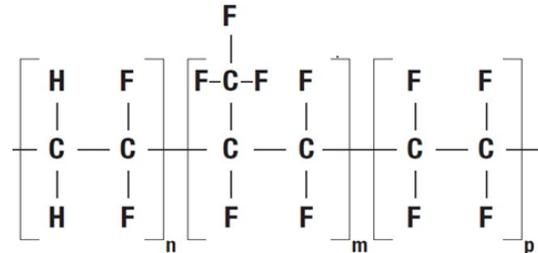
Typische Anwendungen für Fluorelastomere

Typische Anwendungen für FKM-Dichtungen sind Ventilschäfte, Kurbelwellen und Zylinder-O-Ringe für Dieselmotoren in einer Reihe von Industrie- und Automobilsektoren. Für Anwendungen im Bereich Life-Science sind spezielle Compounds auf der Basis von peroxidisch härtbarem FKM am besten geeignet, da diese die erforderliche Dampf- und Chemikalienbeständigkeit sowohl für Prozessmedien als auch für aggressive Reinigungsverfahren aufweisen.

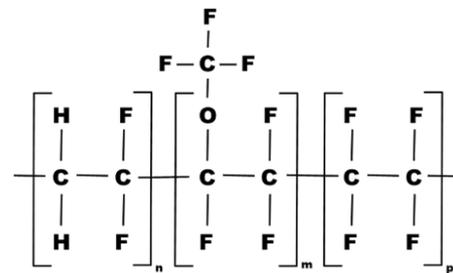
Bei der Spezifikation von Elastomer-Dichtungslösungen im Bereich Life-Science muss sehr sorgfältig vorgegangen werden, da ein Fehler schwerwiegende Folgen haben kann.



FKM Typ 1



FKM Typ 2



FKM Typ 3

Abb. 2 – Chemische Strukturen von FKM Typ 1, Typ 2 und Typ 3

Typ	Fluorgehalt	Vorteile/Nachteile
Typ 1 Dipolymere (Bisphenol gehärtet)	66 %	<ul style="list-style-type: none"> • Enthält zwei Monomere (einfache Moleküle, aus denen ein Polymer aufgebaut ist) • Allgemeiner Verwendungszweck, am weitesten verbreitet, am häufigsten für die Dichtungen verwendet • Bester Druckverformungsrest und gute Flüssigkeitsbeständigkeit • Schlechte Dampfbeständigkeit • Am preiswertesten
Typ 2 Terpolymere (Bisphenol gehärtet)	67-70 %	<ul style="list-style-type: none"> • Enthält drei Monomere • Bessere Flüssigkeits- und Öl-/Lösungsmittelbeständigkeit als Dipolymere, jedoch auf Kosten schlechterer Druckverformungsbeständigkeit und Flexibilität bei niedrigen Temperaturen
Typ 2 Terpolymere (peroxidisch gehärtet)	67-70 %	<ul style="list-style-type: none"> • Enthält drei Monomere • Bessere wasser-, dampf-, säure- und additivhaltige Schmiermittel im Vergleich zu den bisphenolgehärteten FKM-Polymeren (sowohl Typ 1 als auch Typ 2)
Typ 3 Terpolymere (peroxidisch gehärtet)	64-66%	<ul style="list-style-type: none"> • Enthält drei Monomere mit einem speziellen fluorierten Vinylether-Monomer • Verbesserte Leistung bei niedrigen Temperaturen und ähnliche Flüssigkeitsresistenz wie peroxidgehärtetes Typ 2 FKM • Am teuersten

Temperatur- und Chemikalienbeständigkeit von Elastomertypen

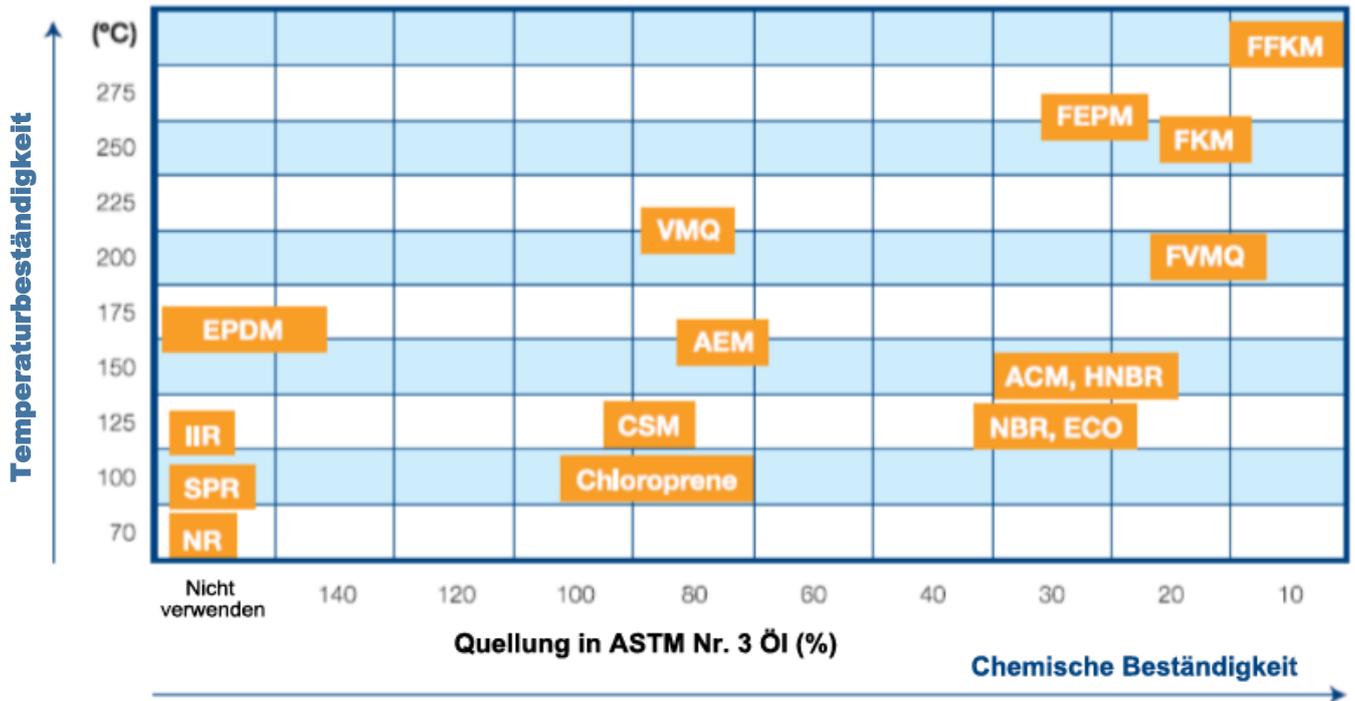


Abb. 3 – Relative Beständigkeit der Elastomertypen in ASTM #No. 3 Öl gegen Temperatur

Elastomertypen und typischer Temperaturbereich

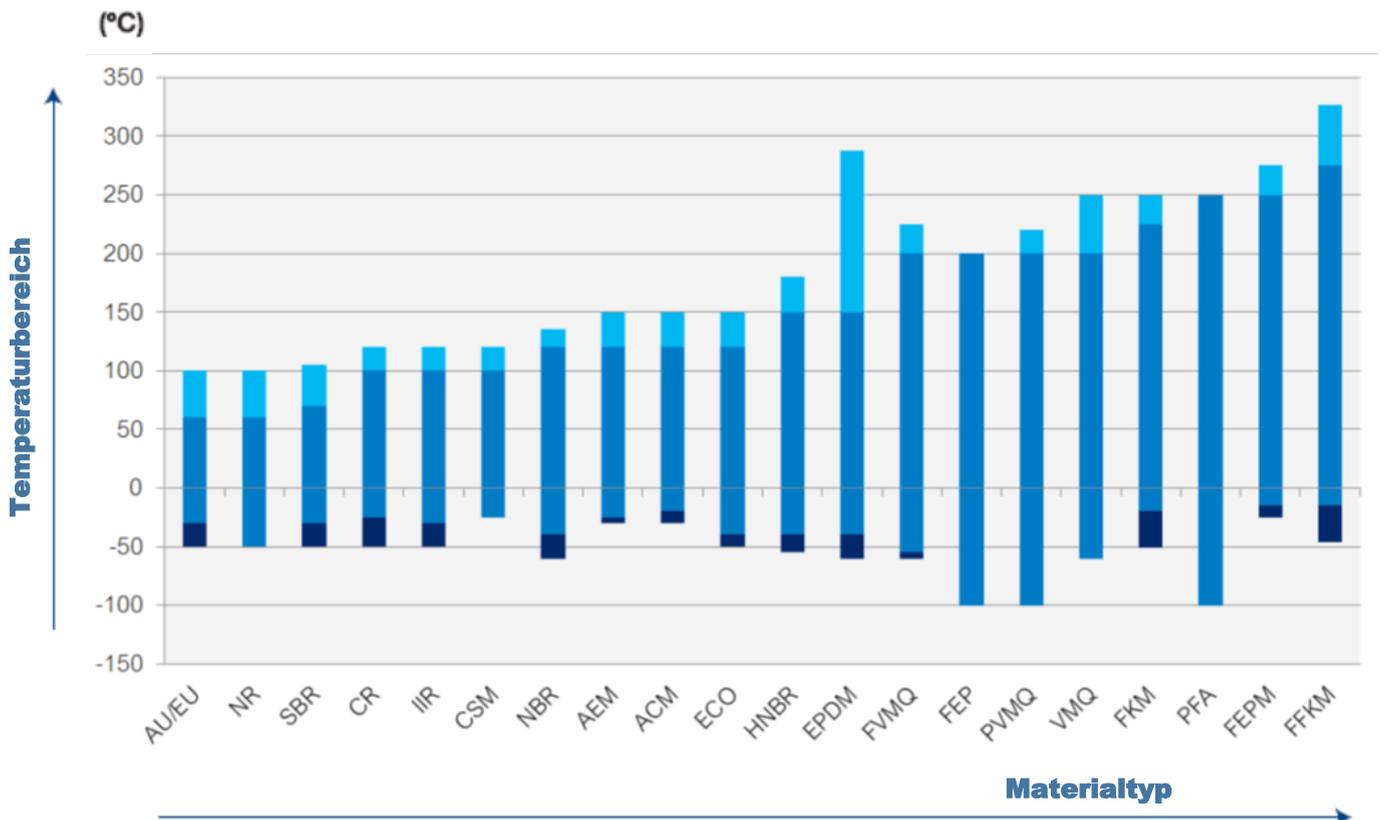


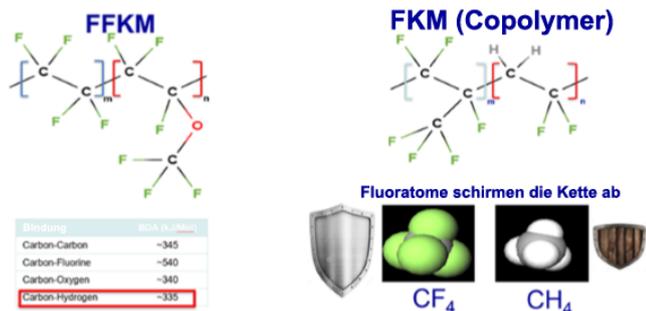
Abb. 4 – Relativer Temperaturbeständigkeitsbereich für verschiedene Elastomertypen

FFKM: Die nächste Stufe von Dichtungen in Life-Science?

Es hat sich gezeigt, dass FKM-Dichtungswerkstoffe zwar unter bestimmten Betriebsbedingungen gut funktionieren, jedoch unter anderen auch erhebliche Einschränkungen aufweisen. In den heutigen schnelllebigen Prozesslinien darf hervorragende Dichtungsleistung nicht durch Unzuverlässigkeit oder auch nur einen Hauch eines Zweifels, dass ein Dichtungssystem suboptimal sein könnte, beeinträchtigt werden.

Es gibt zwar Umstände, unter denen ein FKM versagen kann. Was ist aber das Besondere an einem Perfluorelastomer (FFKM), das eine zuverlässigere Dichtungslösung bereitstellt?

Bei einem detaillierten Blick auf die vergleichende chemische Struktur von FFKM- und FKM-Materialien (Abb. 5) fällt auf, dass in FFKM ein Kohlenstoff-Kohlenstoff-Polymer-Grundgerüst zu sehen ist, das von relativ großen Fluoratomen umgeben ist. Diese Struktur hat eine abschirmende Wirkung und schützt das FFKM gegen praktisch alle Arten chemischer Angriffe. Wir können auch die hohe Bindungsdissoziationsenergie der C-F-Bindung im FFKM im Vergleich zu den schwächeren C-H-Bindungen im FKM-Material erkennen. Es ist diese robustere chemische Zusammensetzung, die den FFKM-Werkstoffen ihre charakteristischen Eigenschaften verleiht: Hervorragende Dichtungseigenschaften bei hohen Temperaturen in Verbindung mit der besten auf dem Markt erhältlichen Chemikalienbeständigkeit.



Es ist die chemische Formulierung von FFKM, die es zu einer überlegenen Elastomer-Dichtungsoption gegenüber seinem FKM-Gegenstück macht – und zwar insbesondere bei Life-Science-Anwendungen. Die Hauptstärken von FFKM passen gut zu den einzigartigen Herausforderungen, denen Dichtungen in der Lebensmittel- und Pharmaproduktion gegenüberstehen. Nicht nur in Bezug auf die variablen thermischen und chemischen Umgebungen, sondern auch in Bezug auf die zentrale Bedeutung der Verbrauchergesundheit und den geforderten Beitrag aller Prozesskomponenten zur Gewährleistung eines Endprodukts ohne jegliche Kontamination.

Vorteile von FFKM im Life-Science-Bereich

Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln und Pharmazeutika ist bei weitem nicht der einzige Industriezweig, in dem Dichtungssysteme derart aggressiven thermischen und chemischen Belastungen ausgesetzt sind. Öl und Gas sind ein solches Beispiel. Im Gegensatz zu anderen Industriezweigen, in denen die Dichtungen auch in anspruchsvollen Umgebungen hervorragende Langzeitleistung erbringen müssen, kommt im Bereich Life-Science jedoch der Aspekt menschlicher Gesundheit hinzu. Wenn absolut nichts dem Zufall überlassen werden kann und die Folgen eines Dichtungsversagens nicht nur monetär zu Buche schlagen, bietet nur ein FFKM-Dichtungswerkstoff den Betreibern diese absolute Sicherheit.

Elastomere, die in verfahrenstechnischen Life-Science-Anlagen eingesetzt werden – darunter Pumpen, Ventile, Rohre, Kupplungen, Reaktionsgefäße und Schüttgutbehälter – müssen einer Vielzahl von chemischen Prozessmedien, starken pharmazeutischen Wirkstoffen (APIs) und aggressiven SIP- und CIP-Reinigungsverfahren standhalten können. Die nachstehende repräsentative Tabelle zeigt einige der Stärken und Schwächen elastomerer Dichtungswerkstoffe in Bezug auf gängige Prozessmedien, die in Life-Science-Anwendungen vorkommen. Wie man sieht, hat das FFKM-Material in dieser Hinsicht keine chemische Schwäche.

Abb. 5 – Strukturen von FFKM und FFKM-Werkstoffen

Materialtyp	Säuren	Laugen	Fette und Öle	Alkohol	Lösungsmittel	Amine	Dampf
FFKM	1	1	1	1	1	1	1
FKM	1	4	1	1	4	4	1*
EPDM	2	1	4	1	2	2	1
HNBR	3	2	1	2	3	3	3
Nitril (NBR)	4	2	1	2	3	4	4
Silikon (VMQ)	4	2	2	1	4	2	3

Diese Tabelle zeigt die chemische Verträglichkeit von sechs bekannten elastomeren Dichtungsmaterialien.

- 1 = Ausgezeichnet (Volumenänderung <10 %)
- 2 = Gut (Volumenänderung 10-20 %)
- 3 = Zweifelhaf (Volumenänderung 20-40 %)
- 4 = Nicht verwenden (Volumenänderung >40 %)

* Einige FKM-Sorten sind nicht für Verwendung in Dampf geeignet. Wenden Sie sich für weitere Informationen an Ihren Dichtungsspezialisten.

Einhaltung der Vorschriften für Kontakt mit Lebensmitteln

Auch die Einhaltung der Vorschriften ist zu berücksichtigen. Für Branchen mit Endprodukten für den menschlichen Verzehr sind diese Anforderungen vielleicht anspruchsvoller als für jede andere Branche. Lebensmittel- und Pharmaproduktion unterliegt strenger Gesetzgebung, die sowohl Herstellungsvorschriften als auch Hygienestandards regelt.

Die Dichtungsspezialisten von Precision Polymer Engineering haben ein weißes Perfluorelastomer (FFKM) namens Perlast® G74S entwickelt, das drei der wichtigsten Industrienormen im Life-Science-Bereich vollständig erfüllt. Dabei handelt es sich um die Food and Drug Administration (FDA) für feste, wässrige und fetthaltige Lebensmittel, die United States Pharmacopeia – Klasse VI <87> und <88>, und den Sanitary Standard 3A 18-03 (Klasse 1) mit seinem besonderen Schwerpunkt auf Molkereianlagen.

Die ausgezeichnete Beständigkeit gegen Permeation von Gasen und Flüssigkeiten sowie gute mechanische Eigenschaften sind weitere Schlüsselemente für die Eignung von FFKM-Typen für Dichtungslösungen in Life-Science-Anwendungen. Ginge es bei der Wahl des Werkstoffs nur um die Dichtungsleistung, wäre FFKM die beste Allround-Wahl.

Für viele Betreiber von Ausrüstungen wird jedoch bei der Entscheidung über ihre Materialspezifikation die Leistung oft durch Budgetbeschränkungen in den Hintergrund gedrängt. Dies ist ein Bereich, in dem FFKM nur schwer mit anderen Elastomeroptionen konkurrieren kann.



Viele Dichtungsmaterialien (z. B. EPDM, NBR, FKM) enthalten Zusätze von Sorten mit niedrigem Molekulargewicht in den Mischungen. Diese Zusatzstoffe sind entweder Teil der Aushärtungspackung oder wurden zur Unterstützung der Verarbeitung hinzugefügt. Bei erhöhter Temperatur können diese niedermolekularen Sorten aus einer Dichtung freigesetzt werden, was zu einem Verhärtungseffekt und anschließendem Verlust von Elastizität und Dichtigkeit führt. Bei Umgebungsbedingungen werden vor allem Wasserdampf und Kohlenwasserstoffe ausgewaschen, wobei die Ausgasungs- oder Auslaugungsrate bei höheren Temperaturen zunimmt. Dies wiederum erhöht die Permeationsrate und kann sogar chemische Reaktionen im Elastomer auslösen, die weitere Gase freisetzen. Diese Stoffe können auf Oberflächen in der Prozessanlage kondensieren oder mit Prozess-Chemikalien und Prozessmedien reagieren – in allen Branchen und Anwendungen unerwünscht. In der Biowissenschaft jedoch, in der die Reinheit des Endprodukts von größter Bedeutung ist, besonders problematisch.

Andererseits ist FFKM ein deutlich saubereres Material als seine Alternativen. FFKM-Materialien enthalten, wenn überhaupt, nur sehr wenige niedermolekulare Stoffe, die während des Compoundierungsschritts der Materialherstellung hinzugefügt werden. Diese Materialreinheit führt zu einer wesentlich geringeren Ausgasungsrate sowie zu der hervorragenden chemischen Beständigkeit von FFKMs. Diese unübertroffene Reinheit des Materials spiegelt sich in den im Vergleich zu anderen Elastomeren höheren Kosten der FFKM-Sorten wider.

FFKM – Kostenverursacher oder Kostenparer?

Bei der Auswahl und Spezifizierung eines Dichtungswerkstoffs, insbesondere zwischen FKM- und FFKM-Typen, lässt man sich angesichts einer Vergleichsmatrix nur allzu leicht von einer Spalte leiten – dem Preis. Kurzfristige Kosteneinsparung bei FKM vernachlässigt jedoch die langfristigen Einsparungen bei Ausfallzeiten, ungeplanten Wartungsarbeiten und erhöhtem Kontaminationsrisiko, das mit einer falsch spezifizierten Materialsorte einhergeht.

FKM-Werkstoffe werden in Life-Science-Dichtungssystemen eingesetzt und können bei richtiger Auswahl durch einen erfahrenen Dichtungsspezialisten viele Jahre lang störungsfreie Dichtungsleistung erbringen.



Warum ist FFKM so teuer?

FFKMs sind die erste Wahl für Anwendungen, die Hochleistungsdichtung mit langfristiger Zuverlässigkeit erfordern. Die chemische Zusammensetzung des FFKM-Materials mit höheren Fluoranteilen im Vergleich zu Standard-FKM-Sorten verleiht dem FFKM nahezu universelle chemische Kompatibilität. Dies macht das Grundmaterial jedoch auch erheblich teurer. Es gibt noch einen weiteren wichtigen Grund, warum FFKM-Werkstoffe mehr kosten als die Alternativen.

Potenzielle Schwierigkeiten können jedoch auftreten, wenn ein FKM auf der Grundlage einer Leistungskennzahl als Werkstoff empfohlen wird, ohne dass man genau weiß, wie sich andere Faktoren (Temperatur, Druck, dynamisch vs. statisch usw.) auf diesen Wert auswirken könnten. Dies ist eine komplexe Berechnung, deren korrekte Durchführung Zeit und Geld kostet. Mit einer FFKM ist ein erheblicher Sicherheitspuffer vorhanden.

Die Wahl eines höher eingestuftes FFKM in einem Life-Science-Dichtungssystem bietet nicht nur die Gewissheit, eine sicherere Prozesslinie zu betreiben, sondern auch beträchtliche Kosteneinsparungen, da sich die Zeit zwischen Wartung, Austausch und Überholungsfenster verlängert.

Wir sollten auch die Kostenvorteile einer Standardisierung nach FFKM vom organisatorischen Standpunkt aus betrachten. Ein standardisiertes Dichtungsmaterial, das bei jeder Temperatur und in jeder chemischen Umgebung eingesetzt werden kann, ohne dass ein erhöhtes Risiko der Beschädigung der Dichtung besteht, kann die Komplexität des Bestandsmanagements erheblich reduzieren.

Diese mittel- bis langfristigen Kosteneinsparungen durch FFKM-Spezifikationen haben dazu geführt, dass das Material in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie immer beliebter wird. Vor allem im Bereich Life-Science sind die Kosten für den guten Ruf eines Unternehmens, wenn eine Dichtung versagt, nicht zu unterschätzen.

Die Entscheidung, bei der Dichtung einer Prozesslinie über das absolute Minimum hinauszugehen und ein FFKM gegenüber einem FKM oder einem alternativen Material zu wählen, ist ein wichtiger Schritt nicht nur zur Sicherung der Unternehmensrentabilität, sondern auch zum Schutz von Gesundheit und Wohlbefinden der Verbraucher.

Schlussfolgerung

FFKM-Materialien werden immer häufiger für Dichtungsanwendungen im Bereich Life-Science, einschließlich Lebensmittel- und Pharmaproduktion, verwendet. Die beiden Hauptgründe dafür sind hervorragende chemische Beständigkeit und Temperaturbereich.

In Bezug auf die Dichtungsleistung erbringen FFKM-Werkstoffe in praktisch jeder industriellen Betriebsumgebung bessere und zuverlässigere Leistungen als FKM-Werkstoffe.

Zwar sind FFKM-Materialien zunächst teurer als FKM, doch wird dieser Aufwand durch mittel- bis langfristige Kosteneinsparungen für das Unternehmen in erheblichem Maße ausgeglichen. Der Hauptgrund für Kosteneinsparung liegt in der relativen Zuverlässigkeit und Langlebigkeit einer FFKM-basierten Dichtungslösung, die den Zeitraum zwischen Wartung, Reparatur und Überholung verlängert. Erhebliche Kosteneinsparungen werden auch dadurch ermöglicht, dass die Anwender für alle Anwendungen auf eine einzige Materialsorte rationalisieren können. Darüber hinaus verringert das geringere Risiko von Prozesskontamination durch Einsatz von FFKM die hohen finanziellen und rufschädigenden Kosten von Chargenverlusten und Produktrückrufen und bietet somit größeren Schutz für den Verbraucher.

Precision Polymer Engineering hat Perlast® G74S speziell für die besonderen Herausforderungen von Life-Science-Anwendungen entwickelt. Perlast® G74S ist FDA-, USP Class VI- und 3-A-konform, hat sich sowohl in statischen als auch in dynamischen Anwendungen bewährt und ist in Form von O-Ringen, hygienischen Dichtungen und anderen kundenspezifischen Profilen erhältlich.

Weitere Informationen finden Sie unter www.prepol.com/perlast.



Globaler Hauptsitz

Precision Polymer Engineering
Greenbank Road
Blackburn
BB1 3EA
England

T: +44 (0)1254 295 400
E: sales@idexcorp.com

Amerika

Precision Polymer Engineering LLC
PPE, Brenham, USA
3201 S. Blue Bell Road
Brenham
TX 77833
USA

T: +1 979 353 7350
E: prepol.sales-usa@idexcorp.com

Perlast® ist eine eingetragene Marke von Precision Polymer Engineering Ltd.

Haftungsausschluss

Der Inhalt dieses technischen Dokuments dient ausschließlich allgemeinen Informationszwecken und wird unter der Voraussetzung zur Verfügung gestellt, dass die Autoren und Herausgeber mit angemessener Sorgfalt und Aufmerksamkeit vorgegangen sind. Diese Informationen sind nach unserem besten Wissen und Gewissen korrekt und zuverlässig. Es ist jedoch möglich, dass einige Informationen in diesem technischen Dokument unvollständig oder unrichtig sind oder auf bestimmte Umstände oder Bedingungen nicht zutreffen. Jegliche Verwendung dieser Informationen sollte nur in Absprache mit einer qualifizierten und zugelassenen Fachkraft erfolgen, die auf der Grundlage einer bestimmten Anwendung unter Berücksichtigung aller relevanten Faktoren und gewünschten Ergebnisse spezifische Ratschläge erteilen kann. Wir übernehmen keine Haftung für direkte oder indirekte Verluste, die sich aus der Verwendung der Informationen in diesem technischen Dokument ergeben.

TP00124-20

Precision Polymer Engineering ist ein Geschäftsbereich der IDEX Corporation