

Hydrofluorether im Vergleich zu alternativen Reinigungslösemitteln

Jason Kehren, 3M Company, St. Paul, Minnesota, USA

Abstract

Anfang der 1980er Jahre waren Lösungsmittel und vor allem FCKWs (Fluorchlorkohlenwasserstoffe) das bevorzugte Reinigungsmittel in der Festplattenbranche. Aufgrund ihres hohen Ozonabbaupotenzials wurden jedoch die Umweltvorschriften für diese Stoffe verschärft – mit der Folge, dass die Produktion dieser Lösungsmittel Mitte der 1990er eingestellt wurde. Zum damaligen Zeitpunkt gab es keine anderen Lösungsmittel, die mit den Eigenschaften von FCKWs mithalten konnten. Entsprechend wurde in der Branche auf Wasser basierende Reinigungssysteme umgestellt. Doch da bei immer größerer Flächendichte auch die Komplexität und Empfindlichkeit von Bauteilen zunimmt, sind Hersteller auf der Suche nach Alternativen zu auf Wasser basierenden Reinigungsmitteln, um Probleme in puncto Reinigungsleistung, Trocknung und Korrosion zu lösen.

Bei der Analyse von Lösungsmitteln der neuen Generation ist es wichtig, Medien zu finden, die eine passende Kombination aus zweckdienlichen Eigenschaften vorweisen. Hydrofluorether (HFEs) stellen eine neue Klasse von Lösungsmitteln dar. In deren Molekülen sind alle Wasserstoffatome ohne Fluorsubstitution an Kohlenstoffe gebunden und werden von fluorierten Kohlenstoffen durch Ethersauerstoff, d. h. RfORh segregiert. HFEs zeichnen sich durch ähnliche Leistungseigenschaften wie FCKWs aus, bieten aber darüber hinaus ein gutes Umweltprofil.

Reinigungslösemittel: Zusammenspiel der Eigenschaften

Alternative Reinigungsmittel zu FCKWs und auf Wasser basierenden Systemen müssen die richtige Kombination aus Sicherheits-, Umwelt- und Leistungseigenschaften vorweisen. Einige der wichtigsten dieser Eigenschaften sind in Tabelle 1 aufgeführt. Bei der Auswahl eines Reinigungsmittels für Ihre Anwendung müssen Sie beachten, dass alle diese Faktoren zu den Gesamtbetriebskosten beitragen. Preiswertere

Sicherheit	Umwelt	Leistung
Geringe Toxizität	Einhaltung der Umweltvorschriften	Kosteneffizienz
Nicht brennbar	Null Ozonabbaupotenzial	Selektive Löslichkeit
	Keine flüchtigen Verbindungen	Verträglichkeit
	Kurze atmosphärische Lebensdauer	Stabilität
	Geringes Erderwärmungspotenzial	Rigoreuse Qualität
	Geringe Löslichkeit in Wasser	

Tabelle 1. Die richtige Kombination aus Eigenschaften

Lösungsmittel können versteckte Kosten nach sich ziehen, die den ursprünglich niedrigen Preis für das Rohmaterial wieder aufheben. HFEs bieten ein ausgewogenes Zusammenspiel dieser drei Eigenschaften. Reinigungssysteme, die mit HFEs arbeiten, tragen Überlegungen in puncto Sicherheit am Arbeitsplatz und Umwelt Rechnung, während sie gleichzeitig eine mit FCKWs vergleichbare Leistungsfähigkeit bieten. 3M hat eine Reihe von Lösungsmitteln auf HFE-Basis entwickelt, die mit dieser ausgewogenen Kombination punkten.

3M™ Novec™ Hydrofluorether in reiner Form

Diese Reinigungsmittel kommen beim Reinigen von Leichtölen, halogenierten Substanzen und Partikeln zum Einsatz.

- Novec 7100 (Methylnonafluorbutylether, Siedepunkt 61 °C)
- Novec 7100DL
- Novec 7200 (Ethylnonafluorbutylether, Siedepunkt 76 °C)
- Novec 7200DL
- Novec 7500 (2-Trifluormethyl-3-ethoxydodecafluorhexan, Siedepunkt 130 °C)

Novec 7100DL und Novec 7200DL sind hochreine Ausführungen von Novec 7100 und Novec 7200 für besonders empfindliche Anwendungen. Diese Produkte eignen sich für den Reinigungseinsatz bei Ionen, Metallen und nicht flüchtigen Kohlenwasserstoffen, Estern und Silikonem.

Azeotrope und Mischungen

Azeotrope werden als Reinigungsmedium für mittelschwere Öle, Flussmittelrückstände, Schmierstoffe aus Kohlenwasserstoff und Silikonöle eingesetzt.

- Novec 71IPA (Novec 7100 und Isopropanolazeotrop)
- Novec 71DE (Novec 7100 und Trans- 1,2- Dichlorethylenazeotrop)
- Novec 71DA (Novec 7100, Trans- 1,2-Dichloroethylen- und Ethanolazeotrop)
- Novec 71D90 (Novec 7100 und Trans-1,2-dichlorethylenmischung)

Ein Azeotrop ist eine Mischung aus zwei oder mehr Komponenten, die ohne eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung verdampfen. Azeotrope bieten in Reinigungsverfahren aufgrund ihrer gleichförmigen Zusammensetzung auch bei Temperaturschwankungen signifikante Vorteile mit Blick auf Prozesssicherheit und Kontrolle.

Co-Solvent-System

Bei dem sogenannten Co-Lösungsmittelsystem oder Co-Solvent-System werden pure HFEs, in der Regel Novec 7100, als Trägerlösungsmittel mit einem Spülmittel kombiniert, um so ein schwerflüchtiges, organisches Lösungsmittel zu erhalten. Das organische Lösungsmittel erhöht die Reinigungskraft des Systems, während Novec dazu dient, dieses Lösungsmittel von den Teilen abzuspülen und eine reaktionsträge, nicht brennbare Dampfdecke zu bilden. Reinigungssysteme auf Basis von Co-Lösungsmitteln werden zum Entfernen von Schwerölen, Fetten, Flussmittelrückständen, Klebstoffen und Schmelzklebstoffen verwendet.

Sicherheitseigenschaften

Die wichtigsten Sicherheitseigenschaften von HFEs und anderen gängigen Lösungsmitteln sind in Tabelle 2 dargestellt. HFEs zeichnen sich gegenüber alternativen Lösungsmitteln durch ein besseres Sicherheitsprofil aus. Ein nennenswerter Vorteil von Lösungsmitteln mit guten Sicherheitseigenschaften sind auch die niedrigeren Anlagekosten. Reinigungssysteme auf Grundlage von HFE müssen nicht mit den zusätzlichen Sicherheitsausrüstungen (d. h. Explosionsschutz, Löschsyste me und inerte Atmosphäre) ausgestattet werden, die bei einigen anderen Lösungsmitteln erforderlich sind. Durch die geringe Toxizität haben HFEs auch bessere Sicherheitsmerkmale, wenn sie versehentlich einmal auslaufen oder verschüttet werden.

Reaktionsträge Lösungsmittel wie beispielsweise die HFEs oder Fluorkohlenwasserstoffe (HFCs) können mit aggressiveren Lösungsmitteln vermischt werden, um die Reinigungslösung noch zu erhöhen. Die aggressiveren Lösungsmittel weisen oft weniger wünschenswerte Sicherheitseigenschaften, insbesondere bezüglich der Brennbarkeit, auf. Durch Beimischen von HFEs oder Fluorkohlenwasserstoffen kann das aggressivere Lösungsmittel träger gemacht werden. Aber es ist wichtig sicherzustellen, dass die reaktionsträge Zusammensetzung

während des tatsächlichen Gebrauchs erhalten bleibt. Aufgrund der unterschiedlichen Verdunstungsraten beider Lösungsmittel verändert sich das Mischungsverhältnis im Laufe der Zeit. Wenn viel von dem aggressiveren Lösungsmittel im Dampf enthalten ist, erlangt die flüssige Reinigungslösung eine höhere Konzentration des reaktionsträgen Lösungsmittels, wobei die Reinigungsleistung der Mischung mit der Zeit abnimmt. Enthält der Dampf hingegen viel von dem reaktionsträgen Lösungsmittel, so konzentriert sich im Laufe der Zeit das aggressivere Lösungsmittel in der flüssigen Reinigungslösung. Das könnte dazu führen, dass sich die beiden Lösungsmittel zu einer brennbaren Mischung entwickeln. Um diese Veränderung der Zusammensetzung zu vermeiden, werden Azeotrope eingesetzt. Ein Azeotrop ist eine Mischung aus zwei oder mehreren Lösungsmitteln, die bei Verdampfung am Siedepunkt die gleiche Zusammensetzung haben. Da der Dampf die gleiche Konzentration wie die Flüssigkeit aufweist, führen Verdunstungsverluste nicht zur Verschlechterung der Reinigungslösung oder zu Sicherheitsproblemen. Außerdem können HFEs Lösungsmittel mit höherer Brennbarkeit inertisieren, sodass eine nicht entflammare Reinigungslösung mit gleich bleibender Zusammensetzung entsteht. Die Brennbarkeitseigenschaften der HFE-Azeotrope und -mischungen sowie ihre Komponenten sind in Tabelle 3 dargestellt. Durch die Mischung dieser Lösungsmittel mit HFE werden die Brennbarkeitseigenschaften und die Expositionsrichtlinien verbessert.

Eine gängige Reinigungsmethode basiert auf Co-Solvent-Systemen. Diese Systeme sind eine Mischung aus einem reaktionsträgen Lösungsmittel und einem schwerflüchtigen organischen Lösungsmittel. Das organische Lösungsmittel erhöht die Reinigungskraft, während das reaktionsträge Lösungsmittel dazu dient, das organische Lösungsmittel von den Teilen abzuspülen und eine reaktionsträge, nicht brennbare Dampfdecke zu bilden. Die Konzentration des organischen Lösungsmittels kann auf die jeweilige Anforderung der Reinigungsanwendung eingestellt werden.

	Brennbar*	Explosionsgrenze in Luft	Expositionsrichtlinie**
Novec 7100	Nein	Keine	750 ppm
Trans- 1, 2-dichlorethylen	Ja	9,7 – 12,8 %	200 ppm
Novec 71DE	Nein	Keine	750/200 ppm
50% HFE-7100 50% Trans-1,2-dichlorethylen	Nein	Nicht bestimmt	750/200 ppm
Novec 71D90 *** 10% HFE-7100, 90 % trans	Ja	3,3 - 19 %	750/200/1000 ppm
Ethanol	Nein	5,1 - 12,7 %	
Novec 71DA 53 % Novec-7100 45 % Trans-1,2-Dichloroethylen 2 % Ethanol	Ja	2,5 - 12 %	400 ppm
Novec 71IPA 95 % Novec 7100, 5 % Isopropanol	Nein	4,0 - 16,7 %	750/400 ppm

* Auf Grundlage des Flammpunkts im offenen Tiegel

** 8 Std. zeitgewichteter Durchschnitt

*** HFE-71D90 ist eine Mischung und darf nicht in einem Dampfentfetter eingesetzt werden

Novec-Azeotrope und Co-Solvents zeichnen sich durch eine ähnliche Lösbarkeit wie aggressivere Lösungsmittel aus, weisen aber gleichzeitig bessere Sicherheits- und Umwelteigenschaften auf. In Tabelle 4 werden die Kauri-Butanol-Werte (KB) verschiedener gängiger Lösungsmittel denen von Novec HFE- Azeotropen und Co-Solvents gegenübergestellt.

Umwelteigenschaften

Novec HFEs weisen bessere Umwelteigenschaften als andere Lösungsmittel auf. Die wichtigsten Umwelteigenschaften von Novec HFEs und gängigen Lösungsmitteln sind in Tabelle 5 dargestellt. Novec HFEs haben kein Ozonabbaupotenzial, eine kurze atmosphärische Lebensdauer und ein geringes Treibhauspotenzial. Dadurch werden die Abfallströme des Produkts vereinfacht und somit die Betriebskosten gesenkt. Darüber hinaus wird damit den derzeitigen und für die nahe Zukunft absehbaren gesetzlichen Umweltschutzanforderungen Rechnung getragen und der Übertragung von Reinigungsverfahren auf Herstellungs- oder Verarbeitungsbetriebe außerhalb der USA Vorschub geleistet.

Leistungseigenschaften

Die Leistungskraft eines Reinigungslösemittels spielt bei der Auswahl des richtigen Mittels für eine Anwendung eine entscheidende Rolle. Das Lösungsmittel muss eine kostengünstige Methode zur Reinigung der Komponenten bieten, ohne diese zu schädigen. Die Novec-Lösungsmittel weisen unterschiedliche Lösungskräfte auf, wie in Tabelle 4 dargestellt. Gleichzeitig vertragen sich diese Substanzen mit vielen verschiedenen Materialien, zu denen die meisten Metalle, zahlreiche Kunststoffe, flexible Leiterplatten und Klebstoffe gehören.

Die Cost of Ownership, sprich die Gesamtkosten eines lösemittelbasierten Reinigungsverfahrens, sind in hohem Maße abhängig von den Lösungsmittelverlusten, die während des Betriebs auftreten. Die Reinigung mit einem Lösungsmittel findet in der Regel in einem Dampfenfetter statt. Für den Lösungsmittelverlust in einer Dampfenfettungsanlage gibt es zwei hauptsächliche Ursachen: Diffusions- und Ausschleppverlust. Der Diffusionsverlust tritt während des Betriebs ein, wenn sich die Lösungsmittelmoleküle aus der gesättigten Dampfzone durch die dampffreie Zone zur Öffnung des Entfetters hinausbewegen. Wie hoch der

Lösungsmittel	Kauri-Butanol Value
HFC-4310	9
Novec 7100	10
Novec 71DE	27
HCFC-225	31
CFC-113	32
Novec 71DA	33
HCFC-141b	56
1,1,1-TCA	123
n-Propylbromid	125
Solvatisierungsmittel 24 *	> 150
NMP	> 300

* Solvatisierungsmittel 24 ist ein typisches schwerflüchtiges organisches Lösungsmittel, das im Co-Solvent-Verfahren mit Novec HFE zum Einsatz kommt und von Petroferm erhältlich ist. Je nach Anwendung können andere organische Lösungsmittel zum Einsatz kommen.

Tabelle 4. KB-Werte Nach ASTM D1133-86 Für HFE-Produkte und gängige Lösungsmittel

Diffusionsverlust ist, hängt vom Siedepunkt und dem Molekulargewicht des Lösungsmittels ab. Bei einem Anstieg von Siedepunkt und Molekulargewicht sinkt die Verlustrate durch Diffusion.

Durch folgende Modifikationen am Entfetter können Diffusionsverluste reduziert werden:

- Dampffreie Zone erhöhen, um die Dampfverteilung aus dem Entfetter zu verringern.
- Installation einer sekundären Kühleinheit, um den Lösemitteldampf in der dampffreien Zone zu kondensieren
- Einsatz eines abgedichteten Dampfenfetters, um Öffnungen für Diffusionsverlust zu reduzieren.

Zu Ausschleppverlusten kommt es, wenn Lösungsmittel auf den Teilen, die aus dem Entfetter genommen werden, verbleibt. Diese Verluste sind an die Verdampfungswärme, die Oberflächenspannung und die Viskosität des Lösungsmittels geknüpft.

	Ozonabbaupotenzial	Atmosphärische Lebensdauer (Jahre)	Erderwärmungspotenzial	Flüchtige organische Substanz
Novec 7100	0	4,1	320	Nein
HFC-4310	0	17,1	1.700	Nein
n-Propylbromid	0,026	0,03	0,31	Ja
HCFC-225 ca/cb	0,03	2,1/6,2	180/620	Nein
HCFC-141b	0,1	9,4	630	Nein
1,1,1-TCA	0,1	4,8	140	Ja
NMP	0	N/A	N/A	Ja
Isopropanol	0	N/A	N/A	Ja
CFC-113	0,8	85	6.000	Nein

Tabelle 5. Umwelteigenschaften gängiger Lösemittel

* 100 Jahre ITH, CO2 = 1



Fazit

Die beste Reinigungslösung für eine Reinigungs-Anwendung erfordert ein Lösungsmittel, das die richtige Kombination aus Leistung, Nutzen, Umwelt- und Sicherheitseigenschaften bietet. Bei der Ermittlung der Gesamtkosten ist es wichtig, nicht nur die reinen Anschaffungskosten für ein Lösungsmittel zu betrachten. Die Leistungseigenschaften eines Lösungsmittels – besonders die Diffusions- und Ausschleppverluste – können die Betriebskosten bei der Nutzung eines speziellen Lösungsmittelsystems stark beeinflussen. Darüber hinaus können sich die Sicherheits- und Umwelteigenschaften des Lösungsmittels direkt und indirekt auf die Cost of Ownership auswirken. Hydrofluorether bieten ein hervorragendes Zusammenspiel aus Leistung, Sicherheits- und Umwelteigenschaften, was sie für den Einsatz in Reinigungsanwendungen prädestiniert.

	Siedepunkt (Celsius)	Molekulargewicht	Dampfdruck (mm HG)	Spezifische Wärmekapazität bei Siedetemperatur (cal/g)	Viskosität (cps)	Oberflächen- spannung
Novec 7100	61	250	202	30	0,51	13,6
HFC-4310	55	252	226	31	0,67	14,1
n-Propyl- bromid	71	123	11	59	0,49	25,9
HCFC-225 ca/cb	54	203	285	35	0,50	16,2
HCFC-141b	32	117	545	53	0,43	19,3
1,1,1-TCA	74	133	132	68	0,66	25,6
NMP	202	99	0,3 bei 20 °C	127	1,8	45,8
Isopropanol	82	60	44	159	2,0	20,8
CFC-113	48	157	333	35	0,85	17,3
	Höher ist besser		Niedriger ist besser			

Tabelle 6. Wichtigste Eigenschaften gängiger Lösungsmittel für Diffusions- und Ausschleppverluste (Unter Umgebungsbedingungen, wenn nicht anders ausgewiesen)

Wichtige Information:

Achten Sie bitte selbst vor Verwendung unseres Produktes darauf, ob es sich für den von Ihnen vorgesehenen Verwendungszweck eignet. Ansprüche wegen Fehlens einer zugesicherten Eigenschaft können nur geltend gemacht werden, wenn im Einzelfall eine bestimmte Eigenschaft ausdrücklich und schriftlich von der

liefernden 3M Gesellschaft zugesichert worden ist. Im Übrigen richten sich sämtliche Gewährleistungs- und Haftungsansprüche nach den Allgemeinen Verkaufsbedingungen der liefernden 3M Gesellschaft. 3M und Novec sind eingetragene Marken der 3M Company.



3M Deutschland GmbH
Elektronic Markets Materials Products
 Carl-Schurz-Straße 1
 41453 Neuss
 Tel: ++49 (0)2131/14-5999
 Fax: ++49 (0)2131/14-5998
 www.3M.com/de/Novec

Achten Sie bitte selbst vor Verwendung unserer Produkte darauf, ob sie sich für den von Ihnen vorgesehenen Verwendungszweck eignen. Ansprüche wegen Fehlens einer zugesicherten Eigenschaft können nur geltend gemacht werden, wenn im Einzelfall eine bestimmte Eigenschaft ausdrücklich und schriftlich von der Verkaufsleitung der liefernden 3M Gesellschaft zugesichert worden ist.

Printed in Germany. Please recycle.
 © 3M 2010. All rights reserved.
 10.2010 Index 0