

What do the PFAS parts in refrigeration components do and what might happen, if we take them out?

2023-08-25 not exhaustive

Heinz Juergensen

BITZER Kühlmaschinenbau GmbH

What do refrigeration systems, to the widest extend designed as vapour compression systems, and including heat pumps, air conditioning systems, serve for in our society.

- Cooling production processes, metal machining, factory buildings
- Parliament buildings, hotels, office buildings air conditioning and heating
- Private home heat pump heating and air conditioning
- Hospital air conditioning cooling
- Cool working places at high ambient temperature, like in steel works
- District heating heat pumps
- Elevate industrial waste heat to useful temperature levels for re-use with high temperature heat pumps, to be remarkably extended
- Cooling food processing in factories
- Cooling food storage buildings and rooms
- Cool and control temperature in processes in pharmaceutical industry
- Cool storage of food, drinks, vaccines, pharmaceutical products
- Cool fermenting processes in wine and beer production
- Cool the cabinets, desks, storage rooms in shops, restaurants, canteens, cafes
- Cool transport trucks and train cars for perishable and frozen food and other stuff
- Cool transport containers for long distance refrigerated transport of perishable, frozen or otherwise temperature sensitive goods
- Cool the concrete with crushed ice for casting very massive parts, like dams
- Cool data centers for companies, banks, stock exchange, internet traffic, cloud services, telephone networks
- Cool testing and research laboratories to stable conditions
- Cool electronics, especially on military versions, food and cabins onboard ships
- Cool electronics and back up batteries in mobile phone network stations
- Cool high power charging stations and charging cables for electric cars

What do the PFAS containing polymers (plastics) inside the components of the refrigeration system do?

- Deliver its performance in refrigeration systems, that are intended to operate safely for more than 15 years, sometimes more than 30 years
- Deliver its performance under pressure and at widely varying temperatures, down to below -50 °C and up above 180 °C, in future even higher
- Seal compartments to other compartments in the system or component, or to the surrounding air with long term stability and stable form
- Guide moving parts like valve spindles, actuator pins in expansion valves, control slider pistons in compressors, with low friction and low wear
- Seal moving parts like shafts of open type compressors, valve spindles with low friction and without sticking
- Seal shut off valves and safety related pressure relief valves with reliable seal and non sticking even at very rare actuation

- Deliver emergency lubrication in slider bearings and other surfaces with moving contact
- Electrically isolate wires at rough conditions with high temperature and in an atmosphere of a solvent and an oil, especially for temperature limiting safety sensors, like in AC motors
- Do their sealing, guiding, moving tasks with various combinations of refrigerants and oils, also many multi component refrigerant blends

What has to be investigated to check an alternative plastic or design solution for reliable functioning in the system and component and how long will it take, and why?

- Changes in material characteristics can cause a failure or reduced function
 - o Dwelling, shrinking, softening, hardening, increased surface friction, increased wear, long term degradation of characteristics
- Functions can be
 - o keeping shape as seal, keep elastically tight, low friction when moving, non sticking, stable with oil and solvent (refrigerant), wear resistant when moving, robust at high and low temperature
- The amount of difference to the PFAS possible to be tolerated
 - o Some material and supplier specific experience exists inside companies, but no 100% safe numbers are available
 - o dwelling and shrinking is usually restricted to 1 % or 2 %
- The time necessary to qualify alternatives for all PFAS applications in refrigeration systems will surely be more than 10 years, whereby the influence of long term stability of characteristics can only be estimated
 - o It did take more than 50 years to reach today's reliability standards, and remarkable improvements were made during the last 15 to 20 years
 - o changes in characteristics might limit applications, like e.g. industrial high temperature heat pumps or heat recovery
- Refrigeration system components are mostly released based on company specific accelerated reliability tests and can not be made based only on simulation and computing and component parts testing
 - o even a redesign of the sealing systems is probably necessary, to make other materials useful, with some components
- Many new developments are tested in field tests with customers for some years before full market release

What can happen, if a sealing, gasket, functional part or coating fails or wears during operation?

- A failed seal to the ambient will lead to loss of refrigerant. From about 10 % to 20 % of the total charge the loss will affect refrigeration capacity and efficiency, increasing energy consumption and operating cost
- An internal seal failure will either block a specific function or reduce efficiency. Seal failures in control valves or control parts of compressors will lead to incorrect function and control. Finally this will mostly reduce capacity and efficiency and thus increase energy consumption and cost

- Failing coatings will lead to wear and in the long run, but partly also very quickly to breakdown of components like compressors, lowering the capacity and controllability

What could be the failure rates of systems due to failing of small gaskets, seals, bearings, guiding parts of low friction, non stick plastic?

- This can not be guessed exactly, as before using PFAS, for some parts, like bearings or valve pin gaskets, amongst others, lead containing materials were used for emergency lubrication issues. And this lead is not allowed any longer, too. Thus the risk is to get to levels even higher than before intro of PFAS, which could easily be yearly failure rates with 2 digits percentage, roughly estimated.

How could a failure of a single system or component be compensated by redundancy?

- In larger systems cooling or heating high value contents or goods, complete extra systems or extra components inside the system can deliver redundancy, at extra cost and space need

How much has to be done and invested into this redundancy?

- In the many small refrigeration and heat pump systems with only 1 compressor, expansion valve and so on, each, the redundancy can cost 30 % to 50 % extra for partial redundancy

How much will the repair and replacements due to the failings cost?

How has the change in operating conditions affected the use of PFAS?

- Energy efficiency demands partly reduced the high side pressures, which lead to development of more specially adapted high efficiency versions of compressors with less robustness reserves, relying on fluoropolymers for emergency conditions and run in.
- Special versions of systems for heat recovery and higher temperature heat pumps increased the load on the designs and the need for improvements at more demanding conditions, in temperature and mechanical load. This introduced more fluoropolymers in gaskets and wear reducing parts, bearings, coatings, moving sealings.

Was tun Teile aus PFAS in Komponenten von Kälteanlagen und was könnte passieren, wenn sie heraus genommen werden?

2023-08-25 nicht umfassend

Heinz Juergensen

BITZER Kühlmaschinenbau GmbH

Was machen Kälteanlagen, weit überwiegend als Kaltdampfkomppressionsanlagen gestaltet, und einschließlich Wärmepumpen, Klimaanlage, in unserer Gesellschaft.

- Kühlen Produktionsprozesse, Metallbearbeitung, Fabrikgebäude
- Parlamentsgebäude, Hotels, Bürogebäude klimatisieren und heizen
- Private Wohnungen mit Wärmepumpen beheizen und klimatisieren
- Krankenhäuser klimatisieren und kühlen
- Arbeitsplätze bei hohen Umgebungstemperaturen kühlen, z.B. in Stahlwerken
- Fernwärmeerzeugung mit Wärmepumpen
- Anheben der Temperatur von Industrieabwärme auf nutzbares Niveau mit Hochtemperaturwärmepumpen, in notwendigerweise steigender Anzahl
- Kühlen Lebensmittelverarbeitungsprozesse in Fabriken
- Kühlen Lebensmittellagerhäuser und -räume
- Kühlen und Temperaturregeln in Prozessen der Pharmaindustrie
- Kühl Lagerung von Lebensmitteln, Getränken, Impfstoffen, pharmazeutischen Produkten
- Kühlen von Gärungsprozessen in der Wein- und Bierherstellung
- Kühlen von Geräten, Theken, Lagerräumen in Verkaufsläden, Restaurants, Kantinen, Cafés
- Kühlen von Lastkraftwagen und Bahnwaggons für verderbliche und gefrorene Lebensmittel und andere Waren
- Kühlen von Transportcontainern für Ferntransport von verderblichen, gefrorenen oder anderweitig temperaturempfindliche Waren
- Kühlen von Beton mit Scherbeneis beim Gießen sehr großer Teile, wie z.B. Staudämme
- Kühlen von Rechenzentren für Firmen, Banken, Börsen, Internetdatenverkehr, Cloudservices, Telefonnetze
- Kühlen von Prüf- und Forschungslaboren für stabile Bedingungen
- Kühlen von Elektronik, insbesondere beim Militär, von Lebensmitteln und Kabinen auf Schiffen
- Kühlen von Elektronik und Back-Up-Batterien in Mobilfunksendestationen
- Kühlen von Hochleistungs-Ladestationen und Ladekabeln für Elektrofahrzeuge

Was machen die PFAS enthaltenden Polymere (Kunststoffe und Elastomere) in den Komponenten der Kälteanlagen?

- Liefern ihre Leistung in Kälteanlagen, die für einen sicheren Betrieb von 15 Jahren, oder auch mal 30 Jahren, gedacht sind
- Liefern ihre Leistung unter Druck und stark veränderlichen Temperaturen, bis unter -50 °C und bis über 180 °C, in Zukunft auch höher
- Dichten Kammern gegen andere Kammern in der Komponente oder gegen die umgebende Luft, über lange Zeit mit gleichbleibenden Eigenschaften und stabiler Form

- Führen bewegte Teile wie Ventilspindeln, Betätigungsstifte in Expansionsventilen, Regelschiebern in Verdichtern, mit niedriger Reibung und niedrigem Verschleiß
- Dichten bewegte Teile wie Antreibswellen von Verdichtern der "offenen" Bauart, Ventilspindeln mit niedriger Reibung und ohne Kleben
- Dichten Absperrventile und Sicherheits-Druckentlastungsventile mit zuverlässiger Dichtheit und ohne Verkleben, auch bei sehr seltener Aktivierung
- Liefern Notlaufeigenschaften in Gleitlagern und anderen Oberflächen mit Berührung bei Bewegung
- Isolieren Leitungen elektrisch bei rauen Bedingungen, mit hohen Temperaturen und in einer Atmosphäre mit Lösemittel und Öl, besonders für die sicherheitsrelevanten Temperatursensoren der Drehstrom-Elektromotoren
- Erfüllen die Anforderungen bezüglich Dichtung, Führung, Bewegung für verschiedenste Kombinationen von Kältemitteln und Ölen, dabei auch Gemischen aus mehreren Kältemitteln

Was muss untersucht werden um alternative Kunststoffe oder Gestaltungen als zuverlässige Lösungen in den Anlagen und Komponenten zu qualifizieren und wie lange dauert das – und warum?

- Änderungen der Materialeigenschaften können zu Fehlern oder verminderter Funktion führen
 - Quellen, Schrumpfen, weicher oder härter werden, Anstieg der Reibung, des Verschleißes, langsame Veränderung der Eigenschaften
- Funktionen können sein
 - Form halten als Dichtung, elastisch dichtend bleiben, mit wenig Reibung bewegen, nicht kleben, stabil bleiben in Öl und Lösungsmittel (Kältemittel), Abriebfest sein, robust bleiben bei niedrigen und hohen Temperaturen
- Wie viel Änderung der Eigenschaften im Vergleich zum PFAS könnte toleriert werden
 - Es gibt innerhalb der Firmen einige Erfahrung mit Materialien und Lieferanten, aber keine 100% sicheren Zahlen
 - Quellen und Schrumpfen wird meist auf 1 % oder 2 % begrenzt
- Die notwendige Zeit für die Qualifikation von Alternativen für alle PFAS-Anwendungen in Kälteanlagen wird sicher über 10 Jahren liegen, wobei die Langzeitstabilität der Eigenschaften dann nur geschätzt sein kann
 - Es hat mehr als 50 Jahre gedauert die heutige Zuverlässigkeit zu erreichen und wesentliche Fortschritte wurden in den letzten 15 bis 20 Jahren gemacht
 - Veränderte Eigenschaften könnten Anwendungen begrenzen, wie Industriewärmepumpen für hohe Temperaturen oder industrielle Wärmerückgewinnung
- Komponenten von Kälteanlagen sind meist auf Basis von firmenspezifischen Zeitraffertests zur Zuverlässigkeit freigegeben und können nicht auf Basis von Berechnungen oder Simulationen oder Einzelbauteilprüfungen freigegeben werden
 - sogar grundlegende Konstruktionsänderungen der Dichtungssysteme könnten bei einigen Komponenten notwendig werden um andere Materialien einsetzbar zu machen

- Viele neue Entwicklungen werden für einige Jahre mit Kunden im Feld erprobt bevor sie ganz freigegeben werden

Was kann passieren, wenn eine Dichtung, ein Funktionsteil oder eine Beschichtung im Betrieb versagt oder verschleißt?

- Eine nach außen wirkende Dichtung wird bei Versagen zu Kältemittelverlust führen. ab etwa 10 % bis 20 % der Gesamtfüllmenge wird der Verlust Einfluss auf die Kälteleistung und die Effizienz haben, wodurch der Energieverbrauch und die Betriebskosten ansteigen
- Das Versagen einer inneren Dichtung wird zum Versagen von Funktionen und zur Verringerung der Effizienz führen. Dichtungsversagen in Regelventilen oder Regelbauteilen von Verdichtern führen zu Funktions- oder Regelabweichungen. Dadurch wird schließlich meistens die Kälteleistung und die Effizienz reduziert und damit der Energieverbrauch und die Betriebskosten erhöht
- Versagende Beschichtungen führen zu Verschleiß und längerfristig, aber auch zum Teil sehr kurzfristig zum Ausfall von Komponenten, wie Verdichtern, zur reduzierter Leistung und Regelbarkeit

Wie hoch könnte die Ausfallrate von Kälteanlagen sein durch Ausfall von kleinen Dichtungen, Lagern, Führungsbuchsen aus nicht klebendem Kunststoff mit niedriger Reibung?

- Das lässt sich nicht genau abschätzen, den vor dem Einsatz von PFAS in einigen Teilen, wie Lagern oder Ventilstiftpackungen wurde, neben anderem, häufig bleihaltige Materialien eingesetzt, wo bestimmte Notlaufeigenschaften benötigt wurden. Blei kann inzwischen auch nicht mehr verwendet werden. Daher besteht das Risiko, dass die Ausfallraten höher werden als vor der Einführung von PFAS, also sind durchaus zweistellige Prozentzahlen bei den Ausfällen vorstellbar, grob geschätzt

Wie könnte der Ausfall einer Anlage oder einer Komponente durch Redundanz kompensiert werden?

- In großen Anlagen zur Kühlung oder Beheizung von großen Warenwerten werden vollständige zusätzliche Anlagen oder parallele Komponenten in den Anlagen zur Redundanz eingebaut, was Geld und Platz kostet

Wie viel muss gemacht und in diese Redundanz investiert werden?

- Bei den vielen kleineren Kälteanlagen und Wärmepumpen mit nur jeweils 1 Verdichter, Expansionsventil usw. kann die Teil-Redundanz durchaus 30 % bis 50 % extra kosten

Wie viel werden Reparatur und Ersatz für Ausfälle kosten?

Welchen Einfluss haben veränderte Betriebsbedingungen auf den Einsatz von Fluorpolymeren?

- Die Nachfrage nach höherer Effizienz hat zu niedrigeren Drücken auf der Hochdruckseite geführt, wodurch speziell angepasste hoch effiziente Verdichter entwickelt werden konnten. Diese hatten weniger Reserven bzgl Robustheit und brauchen deshalb z.B. mehr die Notlaufeigenschaften der Fluorpolymere.
- Besonders für verbesserte Wärmerückgewinnung gestaltete Kälteanlagen und Hochtemperaturwärmepumpen haben die Belastung der Verdichter erhöht und brauchten Verbesserungen der Konstruktionen für höhere Temperaturen und

mechanische Belastungen. Das konnte z.T. durch den Einsatz von Fluorpolymeren in Dichtungen und Bauteilen mit weniger Reibung für Lager, Beschichtungen und bewegten Dichtungen erreicht werden.