

DAS HEISSE THEMA

WHITEPAPER

**VERLÄNGERUNG DER
LEBENSDAUER VON
WÄRMEÜBERTRAGUNGS-
FLÜSSIGKETTEN IN ANLAGEN
MIT FLÜSSIGKEITSMEDIUM**

Neil Buchanan, P.ENG., CMRP,
Senior Technical Services Advisor Midwest/Plains USA,
bei Petro-Canada Lubricants, Inc.





A HOLLYFRONTIER BUSINESS

ZUSAMMENFASSUNG

Die Zersetzung von Wärmeträgerflüssigkeiten ist unvermeidlich. Es gibt jedoch Möglichkeiten, den Beginn der Zersetzung einer Flüssigkeit zu verzögern.

Das vorliegende White Paper befasst sich mit den häufigsten Ursachen, warum sich Wärmeträgerflüssigkeiten zersetzen, wie ihre Lebensdauer verlängert und die gesamte Anlage kontinuierlich mit einem Höchstmaß an Produktivität betrieben werden kann.



EINLEITUNG

In einer Wärmeträgeranlage befördert eine Wärmeträgerflüssigkeit Energie in Form von Wärme von einer Heizquelle in einen Wärmekreislauf. Jede Anlage wird an die speziellen physikalischen Eigenschaften einer Wärmeträgerflüssigkeit angepasst und die Systemkomponenten entsprechend dimensioniert. Die Leistungsfähigkeit des Systems hängt davon ab, ob die Flüssigkeit in einem optimalen Zustand bleibt.

Die Herausforderung für die Betreiber besteht darin, dass sich die Wärmeübertragungsflüssigkeit - das Lebenselixier des Systems - langsam verschlechtert und zu verrosteten Oberflächen führt, auf denen der Wärmeaustausch stattfindet. Dies wiederum erhöht die zur Aufrechterhaltung der Temperatur erforderliche Energie und verringert schließlich die Effizienz und Produktivität. Das unvermeidliche Ergebnis sind längere Ausfallzeiten für die Wartung, die ungeplante Ausgaben erfordern. Zersetzt sich eine Flüssigkeit, verändern sich ihre ursprünglichen Eigenschaften und werden sich im Laufe des fortschreitenden Zersetzungsprozesses noch weiter verändern.

Die Frage für die Betreiber lautet nun: Wie kann das Effizienz- und Produktivitätsniveau, das die Anlage zum Zeitpunkt der ersten Befüllung erreichte, mit einer Flüssigkeit beibehalten werden, die sich im Laufe der Zeit und ihrer Nutzung zersetzt?

Dieses White Paper soll diese Frage beantworten. Zwar ist kein Experte in der Lage, den guten Anfangszustand einer Wärmeträgerflüssigkeit auf Dauer zu konservieren. Allerdings können Anlagenbetreiber dafür sorgen, dass die Eigenschaften eines Frischöles länger erhalten bleiben, indem sie die üblichen Gefahrenquellen einer Zersetzung vermeiden und für die jeweilige Anwendung eine qualitativ bessere Flüssigkeit wählen.

DIE GRUNDLAGEN

Um zu verstehen, wie die Frischöleigenschaften bewahrt werden können, müssen wir zunächst die negativen Betriebseinflüsse kennen, die auf die Wirksamkeit der Flüssigkeit einwirken können.

ÖLTANKTEMPERATUR IM VERGLEICH ZUR FILMTEMPERATUR

Bei der Zirkulation einer Flüssigkeit durch die Anlage sind zwei Betriebstemperaturen zu berücksichtigen. Der sichere und effektive Betrieb einer Anlage setzt ein Verständnis dieser beiden unterschiedlichen Temperaturen in der Wärmeträgeranlage voraus.

Der erste Temperaturwert ist die Öltanktemperatur (T_{Tank}). Sie wird vom Betreiber als programmierte Temperatur eingestellt, mit der die Flüssigkeit aus der Wärmequelle austreten soll. Beispielsweise bezeichnet bei einem Ofen, in dem die Wärmeträgerflüssigkeit durch ein Rohr fließt, das von einer Wärmequelle umgeben ist (siehe Abbildung 1), T_{Tank} die Temperatur der Ölmoleküle in der Mitte des Rohres.

Die zweite ist weniger bekannt, es ist die Filmtemperatur (T_{Film}). Auch als Temperatur an der Rohroberfläche bezeichnet, ist T_{Film} die Temperatur der Flüssigkeitsmoleküle, die in Kontakt mit der Rohrinne wand, dem Heizelement oder einer anderen Oberfläche sind, durch die die Flüssigkeit von der direkten Wärmequelle getrennt ist.

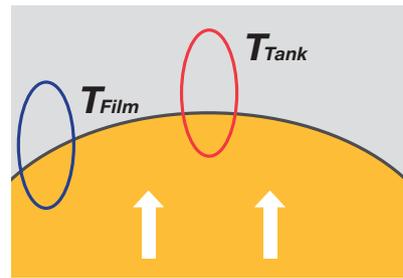


Abbildung 1:

Die Öltanktemperatur ist die Temperatur am Ausgang des Erhitzers. Die Filmtemperatur ist die Temperatur der Flüssigkeit an der Rohrinne wand. Bei der Auswahl einer Wärmeträgerflüssigkeit sollte die Filmtemperatur und nicht die Öltanktemperatur als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden.

Filmtemperatur **Öltanktemperatur**

Unglücklicherweise wird T_{Film} nicht auf einem Panel oder Bildschirm angezeigt, sondern von den Ingenieuren berechnet, die die Energieaustauschberechnungen in der Entwurfsphase des Systems durchgeführt haben. Jede Änderung oder Erweiterung der Systemkonfiguration oder der Betriebstemperatur erfordert eine neue Berechnung von T_{Film} .

In allen Fällen ist, T_{Film} höher als T_{Tank} , die Bewegung der Moleküle in einem unruhigen Strömungsmuster wird jedoch eine Umverteilung der Wärme im Öl in Richtung der Rohrmitte zu erzwingen versuchen.

In gut geplanten Anlagen mit ausreichend hoher Öl-Durchflussrate (hohe Reynolds-Zahl mit einer stark ausgebildeten turbulenten Strömung) und einem angemessenen Wärmefluss (12-16 W/in² bei Elektro-Heizungen) liegt T_{Film} nur geringfügig über T_{Tank} .

Die Differenz zwischen Filmtemperatur und Öltanktemperatur wird bestimmt durch Anlagenparameter (z. B. Pumpengröße, Erhitzerbauart, Rohrdurchmesser, etc.), Eigenschaften der Flüssigkeit (z. B. Viskosität, Dichte, Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, etc.) und Betriebsbedingungen (z. B. Strömungsgeschwindigkeit, Wärmeenergie von der Wärmequelle, etc.).

Wenn jedoch eine Flüssigkeit eine hohe Viskosität hat (z. B. aufgrund von Zersetzungen oder bei einer niedrigen Anfahrtemperatur) oder die Durchflussrate sinkt, (beispielsweise auf Grund eines Problems mit der Pumpe oder einer Rohrverstopfung), wird mehr Energie benötigt, um die notwendige Temperatur zu halten T_{Tank} steigt und bedingt, dass T_{Film} viel höher als T_{Tank} steigt. In einer solchen Situation kann eine Flüssigkeit, die mit ihrer maximal zulässigen Temperatur T_{Tank} verwendet wird, plötzlich einer extrem hohen Filmtemperatur ausgesetzt sein, die deutlich über ihren zulässigen Sicherheitswerten liegt und das thermische Cracken beschleunigt (siehe unten). Und was noch wichtiger ist: Während sich T_{Film} dem Siedepunkt und der Selbstentzündungstemperatur nähert, erhöht sie das Risiko eines ernsthaften Sicherheitsrisikos.

Ausgehend von dieser Erkenntnis ist es Best Practice, eine Wärmeträgerflüssigkeit nach der anwendungsspezifischen Temperatur T_{Film} und nicht der Temperatur T_{Tank} auszuwählen.

HÄUFIGE URSACHEN FÜR DIE ZERSETZUNG VON WÄRMETRÄGERFLÜSSIGKEITEN

Unter Berücksichtigung von Temperaturunterschieden können wir die drei häufigsten Bedrohungen für die Nutzungsdauer der Flüssigkeit untersuchen:

1. Thermische Zersetzung
2. Oxidative Zersetzung
3. Verfahrensbedingte Verunreinigung oder Verunreinigung von außen

1. THERMISCHE ZERSETZUNG ODER THERMISCHES CRACKEN

Thermische Zersetzung tritt typischerweise ein, wenn den Flüssigkeitsmolekülen mehr Energie zugeführt wird als sie aufnehmen und abführen können. Diese überschüssige Energie bewirkt, dass die Bindungen zwischen den Atomen dieses Moleküls aufbrechen.

Bei organischen Wärmeträgerflüssigkeiten, wie Erdöl oder chemischen Aromaten, handelt es sich beim thermischen Cracken um das Spalten kovalenter Kohlenstoff-Kohlenstoff- oder Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindungen, die in der Regel sehr stabil sind und deren Zersetzung einen hohen Energiebedarf erfordert.

Diese Art der Zersetzung ist eine Funktion der Wärmeaufnahmefähigkeit und des Wärmeflusses innerhalb der Wärmequelle - der Energiemenge, die der Flüssigkeit während ihrer Verweildauer an der Wärmequelle zugeführt wird.

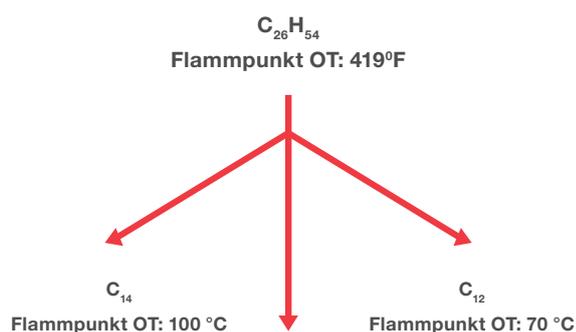


ABBILDUNG 2a: Veranschaulicht ein vereinfachtes Beispiel dafür, was mit einer typischen Wärmeübertragungsflüssigkeit auf Mineralölbasis mit ISO-Viskositätsgrad 32 beim thermischen Cracken geschieht. Übermäßige Energie spaltet die langkettigen Kohlenwasserstoff-Moleküle, die mehrheitlich aus 26 Kohlenstoffatomen bestehen, in zwei kurzkettige Moleküle mit 12 und 14 Kohlenstoffatomen. Die kurzkettigen Moleküle werden als Leichtflüchtige bezeichnet, da sie einen niedrigeren Siedepunkt als die langkettigen Moleküle mit 26 Kohlenstoffatomen haben. Da die Konzentration von Leichtflüchtigen im Laufe der Zeit ansteigt, nimmt auch die Flüchtigkeit (d.h. Dampfdruck) der Flüssigkeit zu, was wiederum direkt zu einer Beeinträchtigung des Flammpunkts, Brennpunkts und ggf. der Selbstentzündungstemperatur, führt.

Abbildung 2b:
STARKE KOHLENSTOFFABLAGERUNGEN

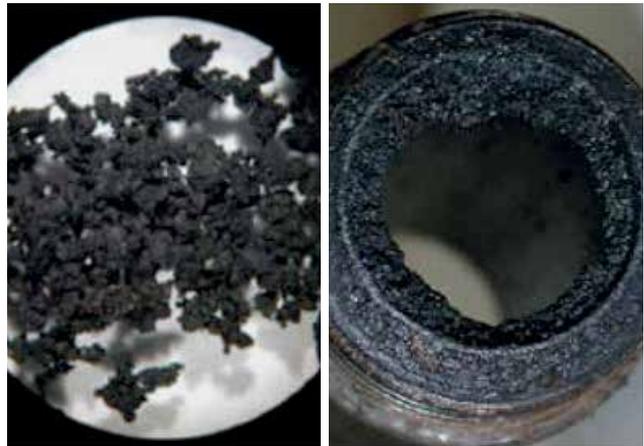


ABBILDUNG 2a/b: Kohlenwasserstoff durchläuft in einer mineralischen Wärmeträgerflüssigkeit eine thermische Zersetzung, wodurch leichtere Kohlenwasserstoffverbindungen mit geringerer Viskosität und niedrigerem Flammpunkt sowie starke Kohlenstoffablagerungen entstehen (Abbildung 2b).

In einer offenen Anlage, in der die heiße Betriebsflüssigkeit direkt mit Luft in Kontakt kommt, könnte ein niedrigerer Brenn- und Flammpunkt ein erhebliches Sicherheitsrisiko darstellen und eine sichere Entlüftung oder sogar den Austausch der Flüssigkeit erfordern.

Ein weiteres Problem beim thermischen Cracken ist die Bildung von kohleartigen Rückständen in der Anlage (siehe Abbildung 2). Das passiert, wenn sich beim thermischen Cracken Hochsieder mit kohlenstoffreichen, wasserstoffarmen Molekülen bilden. Da sich diese abrasiven, koksartigen Moleküle weiter bilden und ansammeln, tragen sie dazu bei, Oberflächen in der Wärmequelle zu verschmutzen, Leitungen und Bögen zu verstopfen und Pumpendichtungen zu beschädigen. In Anlagen mit Elektroheizung setzen sich die Rückstände auf den elektrischen Elementen ab und werden mit der Zeit hinweg immer dicker. In einem Ofen lagern sie sich innerhalb der Heizspirale als Schicht ab. In beiden Fällen wirken sie als Isolierung.

Die Rückstände werden dann zu einem Problem, wenn die auf eine bestimmte Temperatur eingestellte Heizung mehr Wärme produzieren muss, da sie für die Erwärmung der Flüssigkeit nicht nur die Rohrwandung, sondern auch die sich darauf abgelagerte kohlenstoffhaltige Schicht überwinden muss. Durch den erhöhten Wärmebedarf steigt in der Anlage die Temperatur T_{Film} , wodurch sich wiederum die Differenz zwischen T_{Film} und T_{Tank} vergrößert. So baut sich ein Zyklus der thermischen Zersetzung auf (siehe Abbildung 3): Die übermäßige Wärme bewirkt das thermische Cracken der Wärmeträgerflüssigkeit. Hochsieder entstehen und es bilden sich Rückstände an den Heizflächen, sodass die Heizung mehr Wärme produzieren muss, um die Temperatur T_{Tank} der Flüssigkeit konstant zu halten.

Selbst wenn Systeme bei Temperaturen arbeiten, die als relativ mild angesehen werden, kann sich die Flüssigkeit dennoch thermisch zersetzen bzw. sich ihre Lebensdauer verkürzen.

ABBILDUNG 3

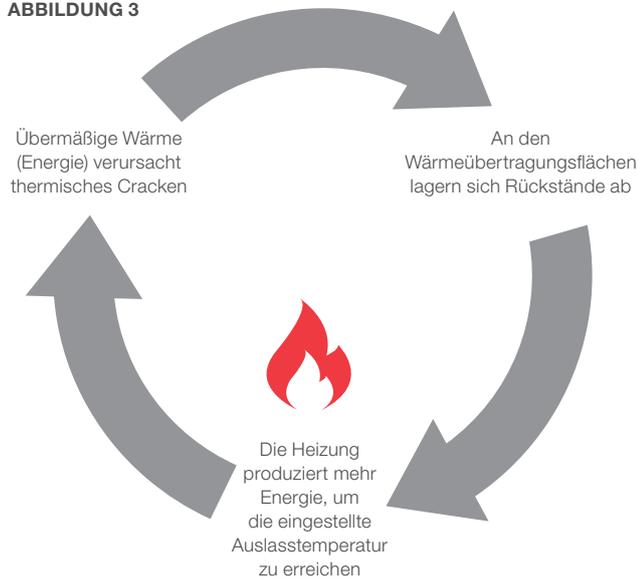


ABBILDUNG 3: Durch das thermische Cracken der Wärmeträgerflüssigkeit an der Wärmequelle können Hochsieder entstehen. Dies sind langkettige Moleküle, die an der warmen Oberfläche der Wärmequelle oder Rohrwandung agglomerieren und einbrennen. Im Laufe der Zeit bildet sich aus den kohlenstoffhaltigen Rückständen eine Schicht auf der Wärmequelle, die isolierend wirkt. Die Heizung muss dann mehr Energie produzieren, um die Flüssigkeit auf die Sollwert-Temperatur zu erwärmen, was wiederum das thermische Cracken verstärkt. Auf diese Weise beginnt ein Zyklus der thermischen Zersetzung.

THERMISCHES CRACKEN VERHINDERN

Um das thermische Cracken erfolgreich anzugehen, muss Folgendes beachtet werden:

Verwenden Sie die richtige Flüssigkeit. Wählen Sie eine Wärmeträgerflüssigkeit mit hoher thermischer Stabilität. Flüssigkeiten auf Erdölbasis, die mit stark wasserstoffbehandelten Weißölen formuliert sind, haben beispielsweise im Vergleich zu herkömmlichen Mineralölen eine höhere thermische Stabilität. Die meisten Probleme im Zusammenhang mit lokalen oder temporären Temperaturanomalien sind vermeidbar.

Entlüften Sie sicher und ordnungsgemäß. Durch das Entlüften kann der Betreiber leichte, flüchtige Kohlenwasserstoffe abscheiden, die sich durch das thermische Cracken in der Flüssigkeit und der Anlage bilden. Bei den meisten Anlagen kann für die Evakuierung von Leichtsiedern etwas heiße Flüssigkeit in den Ausgleichsbehälter abgelassen werden, sodass die Moleküle mit hohem Dampfdruck auf natürliche Weise ausgasen und aus der Flüssigkeit austreten. Je nach Konzeption der Anlage können dann die Dämpfe in die Atmosphäre abgegeben oder in einem Ölfass oder einem Tankbehälter kondensieren und gesammelt werden und gemäß den örtlichen Vorschriften entsorgt werden.

Nach dem Entlüften muss neue Flüssigkeit nachgefüllt werden, um den Flüssigkeitsstand beizubehalten. Für ein sicheres Nachfüllen darf neue Flüssigkeit niemals direkt in den heißen Ölstrom gegeben werden, sondern ist in den Ausgleichsbehälter oder andere kühle Behälter, die in den Flüssigkeitskreislauf der Anlage eingebunden sind, einzufüllen. Es sollte nicht dauerhaft oder über einen längeren Zeitraum entlüftet werden, da der Anstieg der Flüssigkeitstemperatur im Ausgleichsbehälter die Oxidation beschleunigt und auch zudem ein Sicherheitsrisiko darstellen kann, da sich die Temperatur bei Kontakt mit Luft dem Flammpunkt der Flüssigkeit nähert.

Es ist wichtig, das Altölanalyseprogramm des Ölbieters gut zu nutzen, um das Ausmaß der Bildung von Niedersiedern in jedem Betriebszustand zu verstehen. Durch Entlüftung und Flüssigkeitsanalyse kann festgestellt werden, wie oft und wie lange die Flüssigkeit entlüftet werden muss.

Geeignetes Verfahren für das Hoch- und Herunterfahren festlegen.

Thermisches Cracken wird sehr oft durch fehlerhaftes Hoch- und Herunterfahren der Anlage verursacht. Die Frage ist nicht, wie heiß es wird, sondern vielmehr, wie schnell man versucht dorthin zu gelangen. Auch wenn die Anlage aufgrund von Zeitdruck so schnell wie möglich hochzufahren und die Temperatur zu steigern ist, muss beachtet werden, dass schnelles Hochfahren und unsachgemäßes Herunterfahren die Lebensdauer der Flüssigkeit drastisch verkürzen und die Effizienz des Systems beeinträchtigen. Das Starten einer Anlage bei Umgebungstemperatur und das Hochfahren der Temperatur auf 240-260°C (400-500°F) muss über mehrere Stunden erfolgen, um einen möglichst minimalen Wärmefluss zu garantieren. Bei Mineralölen fällt die Viskosität bei Temperaturerhöhung von 21°C auf 49°C (70°F auf 120 F) um ungefähr 70% ab. Dies macht einen großen Unterschied in der Reynolds-Zahl und der Fähigkeit, turbulente Strömungen auszuhalten. Beim Hochfahren der Anlage muss die Temperatur langsam angehoben werden, zumindest bis die Reynolds-Zahl der Flüssigkeit hoch genug ist, um eine höhere Aufheizgeschwindigkeit zuzulassen. Mit steigender Temperatur ist der Viskositätsabfall der Flüssigkeit weniger ausgeprägt. Daher kann der Temperaturanstieg des Systems aggressiver sein, um die Betriebstemperatur zu erreichen.

Schäden können auch entstehen, wenn beim Herunterfahren einer Wärmeträgeranlage die Pumpe zu früh ausgeschaltet wird.

Auch bei ausgeschalteter Heizung kann das im Ofen vorhandene Feuerfestmaterial noch stundenlang Wärme speichern und das nicht zirkulierende Öl in den Rohrleitungen aufheizen und so thermisches Cracken verursachen. Daher muss nach dem Abschalten der Heizung die Flüssigkeit unbedingt noch mehrere Stunden zirkulieren - bis eine Abkühlung auf 65°C (150°F) erfolgt ist - damit die Flüssigkeit keiner übermäßigen Wärme ausgesetzt wird.

Tipps zur Reduzierung der thermischen Zersetzung im System:

- Wärmefluss der Anlage überwachen und steuern
- Warten Sie die Pumpen
- Mit Flüssigkeitsanalysen auf frühe Anzeichen einer Zersetzung des Öls und der Bildung von festen Bestandteilen achten
- Öl kontinuierlich mit Hochtemperatur-Glasfiltern bis auf 50 µm herunter filtern
- Wenden Sie bewährte Verfahren für das Hoch- und Herunterfahren an.

2. OXIDATION

Oxidative Zersetzung, auch bekannt als Oxidation, kann durch die Reaktion der Wärmeträgerflüssigkeit mit dem in der Luft vorhandenen Sauerstoff auftreten. Wie auch bei anderen organischen Substanzen führt die Einwirkung von Sauerstoff zur Zersetzung der Flüssigkeit.

Die Oxidation ist stark von der Temperatur abhängig. Je höher die Temperatur, desto höher die Oxidationsgeschwindigkeit. Als allgemeine Faustregel gilt: Mit jedem Temperaturanstieg um 10 °C (18 °F) verdoppelt sich die Oxidationsgeschwindigkeit. Nebenprodukte der Zersetzung bei Mineralölen oder synthetischen, chemischen oder aromatischen Flüssigkeiten können Substanzen wie Carbonsäuren, Ketone, Aldehyde enthalten.

Der erste sichtbare Beweis für den Oxidationsprozess ist:

- Die allmähliche Verfärbung der Flüssigkeit (siehe Abbildung 4)
- erhöhte Viskosität
- Die Bildung von unlöslichen Verbindungen und Schlamm

Nebenprodukte der Oxidation sind nicht sehr gut in Öl löslich, und sie haften tendenziell an kälteren metallischen Oberflächen oder setzen sich in Bereichen mit einem geringen Durchfluss wie dem Boden des Ausgleichsbehälters ab. Diese Nebenprodukte können nur sehr schwer mit Reinigungs- und Spülflüssigkeiten vollständig entfernt werden.

Durch das Ablassen der Wärmeträgerflüssigkeit wird nicht der komplette Schlamm aus den Rohrleitungen entfernt. Um in einer solchen Situation die ursprüngliche Effizienz der Anlage wiederherzustellen, muss entweder der Schlamm manuell entfernt oder die Anlage mit einem chemischen Reinigungsmittel gespült werden. Wenn der saure Rückstand nicht entfernt wird, verkürzt sich die Lebensdauer der übrigen frischen Flüssigkeit, da sie als Katalysator für Beschleunigung der Korrosion wirkt. Deshalb ist es wichtig die Oxidationsniveaus der Flüssigkeit zu überwachen und zu steuern. Ein teilweiser Systemwechsel alle paar Jahre trägt wesentlich zur Aufrechterhaltung der Systemeffizienz bei, anstatt die Oxidation ihren Tribut fordern zu lassen und ein System tagelang herunterzufahren, um zu Reinigen, Spülen und schließlich wieder neu zu befüllen.

ABBILDUNG 4



ABBILDUNG 4: Eine zunehmende Verfärbung tritt auf, wenn die Wärmeträgerflüssigkeit im Laufe der Zeit zunehmend Sauerstoff ausgesetzt ist.

OXIDATION VERHINDERN

Um die Oxidation anzugehen, müssen wir die Rolle folgender Faktoren berücksichtigen:

Inertgasabdeckung. In geschlossenen Systemen besteht der effektivste Weg zur Beseitigung der Oxidation darin, eine Inertgasabdeckung im Ausgleichsbehälter zu installieren. Dies beruht auf dem Ersetzen von Luft durch ein Inertgas, da ohne Sauerstoff, auch keine Oxidation mit Sauerstoff stattfinden kann. Am häufigsten kommt bei der Inertgasabdeckung von Ausgleichsbehältern Stickstoff zum Einsatz. Aber auch Kohlendioxid und Argon werden verwendet. Der Druck des Inertgases wird leicht über Atmosphärendruck gehalten, in der Regel etwa 140 mbar (14 kPa). Eine fortlaufende Inspektion und Wartung zur Vermeidung von Undichtigkeiten ist von entscheidender Bedeutung, da Undichtigkeiten den Zweck der Gasabdeckung zunichte machen und effektiv Geld verschleudern.

Wahl der Flüssigkeit. Eine weitere Möglichkeit, um Oxidation zu verhindern, ist die Auswahl einer Flüssigkeit, die die richtige chemische Zusammensetzung von Oxidationsinhibitoren enthält. Art und Anzahl der verwendeten Oxidationsinhibitoren sowie die Qualität fallen bei jedem Produkt sehr unterschiedlich aus. Einige Flüssigkeiten verwenden keine Antioxidantien, andere verwenden konventionelle Antioxidantien. Die ausgefeilteren Wärmeträgerflüssigkeiten enthalten jedoch synergistische chemische Zusatzstoffe, die den hohen Temperaturen der Wärmeträgeranlagen besser standhalten können.

Oxidationsinhibitoren arbeiten höchst unterschiedlich. In der Regel reagieren sie aber mit freien Radikalen und Sauerstoffverbindungen (wie Peroxiden), bevor Sie mit den Ölmolekülen reagieren können. Es ist zu beachten, dass einige auf dem Markt angebotene Flüssigkeiten nicht additiviert sind und daher eher zur Verschmutzung neigen und eine geringere Oxidationsstabilität aufweisen.

Systeme, die eine große Menge Öl enthalten, sind in der Regel fehlertoleranter, da es viele Antioxidantien gibt und es eine Weile dauert, ein so großes Volumen zu oxidieren. In diesem Fall sind Erfahrung, Vergleichswerte und regelmäßige Analysen des Gebrauchtöls für die Beurteilung der Oxidationsstabilität bei der Auswahl der geeigneten Wärmeträgerflüssigkeit entscheidend.

Bei offenen Anlagen kann heiße Flüssigkeit ständig mit Luft in Berührung kommen. Daher ist es umso wichtiger, ein zuverlässiges Produkt zu wählen, das Antioxidantien enthält und vorzugsweise für den Kontakt mit Luft ausgelegt ist. Aber selbst dann ist ein häufiger Austausch erforderlich und die Anlage muss in regelmäßigen Abständen gereinigt oder gespült werden, möglicherweise bei jedem dritten Ölwechsel, wenn eine optimale Effizienz gewünscht wird.

3. VERFAHRENSBEDINGTE VERUNREINIGUNG ODER VERUNREINIGUNG VON AUSSEN

Innere verfahrensbedingte Verunreinigung.

Verunreinigungen können sowohl die Komponenten des Wärmeübertragungssystems als auch dessen Flüssigkeit beschädigen. Auch wenn man vermuten würde, dass eine Verunreinigung eher unwahrscheinlich ist, da der Druck auf der Flüssigkeitsseite größer ist, haben die Erfahrungen in der Praxis gezeigt, dass Prozessmaterial in den Flüssigkeitsstrom gelangen kann. Wie dringlich eine Undichtigkeit behoben werden muss, hängt von der Art der Verunreinigung, der verwendeten Flüssigkeit und der Einschätzung der Situation ab. Es ist zwar leicht zu identifizieren, dass es ein Leck gibt. Es ist für den Endbenutzer aber schwieriger, genau zu identifizieren, woher das Leck kommt.

In der Öl- und Gasindustrie kann beispielsweise als Prozessgas verwendetes Kohlenwasserstoffgas in die Flüssigkeit gelangen. Dieses Gas mischt sich sehr gut mit mineralischen oder chemischen und aromatischen Flüssigkeiten, wodurch die Viskosität der gesamten Flüssigkeit abnimmt und die Flüchtigkeit zunimmt. Asphalt ist auch eine häufig anzutreffende Verunreinigung, die jedoch die gegenteilige Wirkung entfaltet und die Ölviskosität sowie die Anzahl an Hochsiedern, die die Rohrleitungen verschmutzen, drastisch ansteigen lassen kann. Vanadium ist ein verräterisches Zeichen für das Eindringen von Asphalt in das Ölsystem.

In einigen Fällen kann sich die Verunreinigung gegenüber der Flüssigkeit inert verhalten, jedoch mit Spuren von Feuchtigkeit reagieren und saure oder unlösliche Verbindungen bilden, die Korrosion und die Zersetzung der Flüssigkeit beschleunigen.

Verunreinigung von außen. Abgesehen von inneren verfahrensbedingten Undichtigkeiten kann eine Verunreinigung auch durch die Elemente, Kondensation, fremde Flüssigkeiten und durch das Eindringen über die Luft verursacht werden. Bei Anlagen mit außenliegendem Ausgleichsbehälter und Entlüftung in die Atmosphäre muss sich auf der Tankoberseite ein 180°-Schwanenhalsrohr befinden. Es gab auch schon Fälle, in denen die dichte Abdeckung abgenommen und vergessen worden war, wodurch Regenwasser und Schnee in den Ausgleichsbehälter gelangen, sodass eine große Menge Wasser und abrasiver Staub durch die Anlage zirkulierten.

Eine weitere gängige Problemquelle ist die Verunreinigung von neuen Anlagen. Gebrauchte Systeme, die zum Beispiel auf einer Auktion gekauft wurden, sollten vor dem Anschluss an das System gereinigt und gespült werden. Neu konstruierte Wärmeübertragungssysteme werden häufig mit Wasser druckgeprüft, jedoch vor der ersten Beladung selten mit einem nativen Mineralöl gespült, wahrscheinlich um die Projektkosten zu minimieren. Die negativen Auswirkungen von Wasser werden nachstehend beschrieben. Aus diesem Grund sind neue Anlagen mit einer geeigneten und kompatiblen Flüssigkeit zu spülen.

Wasser kann zwar in der Wärmeträgeranlage vom Betreiber problemlos erkannt werden, da es sich jedoch in Dampf verwandelt, birgt es ein gewisses Gefahrenpotenzial. Wasser beeinflusst verschiedene Flüssigkeiten auf unterschiedliche Weise.

Bei mineralölbasierten, synthetischen Gruppe-IV-PAO-Ölen oder chemischen Aromaten, hat der Kontakt mit Wasser über einen längeren Zeitraum folgende Auswirkungen:

- Hydrolyse oder Ausfällung von Additiven (in additivierten Flüssigkeiten)
- Beschleunigte Korrosion im Innenbereich der Anlage
- Beschleunigte Oxidation
- Kavitation und Verschleiß der Pumpe
- Klopfendes Geräusch in der heißen Ölleitung und gurgelndes oder plätscherndes Geräusch im Ausgleichsbehälter

Ausgehend von Ölanalysen aus der Praxis scheint Wasser in Konzentrationen unter 500 ppm (0,05 Gew.-%) nicht unmittelbar zu einer Beeinträchtigung der Produktivität zu führen, wenngleich bei empfindlicheren Anlagen bereits bei niedrigeren Konzentrationen spürbare Auswirkungen zu erkennen waren. Wenn keine Auswirkungen zu spüren sind, aber die Ergebnisse von ungefähr 1.000 ppm (0,1 Gew.-%) Wasser alarmierender werden und eine Untersuchung und Entfernung erforderlich machen.



VERUNREINIGUNGEN VERHINDERN

Untersuchen und beheben. Alle Fälle von Kontamination müssen untersucht, behoben und Ihrem Flüssigkeitslieferanten gemeldet werden, um eine Beratung zu möglichen Auswirkungen auf die Metallurgie, das Öl, und die Additive bei Betriebstemperatur zu bekommen. Das Know-how der Lieferanten in Bezug auf die chemische Zusammensetzung ihrer Produkte hilft Anlagenbetreibern, sich ein Bild von der Situation zu verschaffen und mögliche Vorgehensweisen zu eruieren. Gelegentlich können Verunreinigungen auch evakuiert, verwässert oder abgedampft werden.

Schutzmaßnahmen. Unternehmen und Bauherren berücksichtigen selten die Kosten einer Systemspülung. Sie gehen davon aus, dass die Reinigung und Inbetriebnahme vom Auftragnehmer durchgeführt wird, der das System in Betrieb nimmt, und dass keine Rückstände oder Wasser aus der Druckprüfung in den Rohrleitungen zurückbleiben. Festzustellen, dass die Druckprüfungsflüssigkeit nach dem Betrieb nicht aus dem System entfernt wurde, kann sich später als kostspielig erweisen. Im Verhältnis zu den hohen Kosten für eine hochwertige Flüssigkeit, wie einer Flüssigkeit auf Silikonbasis oder Perfluorether, fallen die Ausgaben für eine anfängliche Spülung eher gering aus. Diese Vorgehensweise hat sich bewährt und zahlt sich im Laufe der Zeit aus.

Filter. Bei neuen Systemdesigns, die zunehmend Ölfilter enthalten, ist es wichtig, ein Logbuch der gesammelten Feststoffe in den Ölfiltern oder Sieben zu führen und wenn möglich Fotos beizufügen. Größe, Beschaffenheit und Farbe der Ablagerungen geben entsprechenden Aufschluss. Die Ablagerungen müssen für eine genaue Identifizierung an eine Forschungseinrichtung oder an ein Labor mit modernen Geräten gesendet werden. Die Überprüfung durch Dritte ist wichtig, da die Ansammlung von Feststoffen verschiedene Ursachen haben kann.

Feststoffe aus früheren Flüssigkeiten können sich lange Zeit im System halten, bevor sie sich lösen und schließlich zum Pumpensieb oder Ölfilter gelangen. Es kommt häufig vor, dass gebrauchte Heizkessel gekauft und in Betrieb genommen werden, ohne sie vorher zu reinigen und zu spülen, bevor sie an der Hauptanlage angeschlossen wurden.

Ablagerungen sind auch dann an ein Labor zu senden, wenn Geruch oder Beschaffenheit der Feststoffe vertraut sind, sich diese jedoch als etwas anderes herausstellen könnten. Bei scheinbar schwarzen Kohlenstoffabriebpartikeln könnte es sich auch um Kupfersulfid handeln, das durch lokale chemische Einwirkungen von Schwefel, das in einigen Ausgangsstoffen von Flüssigkeiten enthalten ist, am Kupfer der Messingventile entsteht.

Wird in einem solchen Beispiel davon ausgegangen, dass es sich um Kohlenstoffablagerungen handelt, würden für den Austausch der Flüssigkeiten oder den zusätzlichen Einbau einer Filtrationsvorrichtung hohe vermeidbare Kosten entstehen. Denn tatsächlich war die Ursache in der Ventilausführung oder der Auswahl der Flüssigkeit zu suchen. Der Umstieg auf eine höherwertige Wärmeträgerflüssigkeit auf Basis hochausraffinierter API Gruppe-II-Grundöle, die kaum Aktivschwefel enthalten, würde sich jedoch als wirksam erweisen.

ROUTINEMÄSSIGE, VORBEUGENDE WARTUNGSARBEITEN

Es ist wichtig, eine routinemäßige Wartung in Betracht zu ziehen, um die Lebensdauer von Wärmeübertragungsflüssigkeiten in Heißölzirkulationssystemen zu verlängern, z.B. wie folgt:

1. Überwachung von Alarmmeldungen an der Hauptheizung und schnelle Reaktion, bei einer rot blinkenden Leuchte oder Meldung an der Bedienkonsole.
2. Sofern nicht elektronisch erfasst, messen Sie wichtige Parameter (Strömungsgeschwindigkeiten, Temperaturen, Drücke usw.) an Messvorrichtungen an verschiedenen Stellen der Anlage und stellen Sie sicher, dass die Messwerte den Konstruktionspezifikationen entsprechen.
3. Verfolgen Sie den Energieverbrauch, die Flüssigkeitstemperatur in der Heizung und die Temperatur T_{Tank} am Auslass. Wenn eine konstante Prozesstemperatur erforderlich ist, die Heizung jedoch ihre Leistung erhöhen muss, um die Temperatur der Flüssigkeit stabil zu halten, kann sich die Flüssigkeit langsam verdicken oder Ablagerungen an den Wärmeübertragungsflächen bilden. Beides beeinträchtigt die Effizienz der Anlage.
4. Dokumentieren Sie die Temperatur der Flüssigkeit am Ein- und Auslass der Wärmequelle. Die Differenz muss im Bereich der in der Branche und vom Hersteller empfohlenen Richtwerte liegen.
5. Auch bei einem reibungslosen Betrieb sollte ein Mitarbeiter regelmäßig die Anlage ablaufen und den Ausgleichsbehälter überprüfen. Sie können eine Anomalie hören oder entdecken, die sonst unbemerkt geblieben wäre, z. B. einen vibrierenden Motor, eine defekte Ölstandsanzeige, eine kavittierende Pumpe oder ein Ölleck. Mit planmäßigen vorbeugenden Wartungsmaßnahmen werden Probleme vermieden, die nicht selten erheblich mehr Kosten verursachen als die Durchführung regelmäßiger Inspektionen.
6. Die Flüssigkeit regelmäßig prüfen. Anhand regelmäßiger Überprüfungen können die physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeit bestätigt werden. Dies gilt auch für den Flammpunkt und andere Veränderungen, die auftreten können. Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den Eigenschaften einer neuen Flüssigkeit.

AUSWAHL DER FLÜSSIGKEIT

Eine Anmerkung zur Investition. Die Auswahl der richtigen Wärmeträgerflüssigkeit ist von mehreren Beteiligten innerhalb eines Unternehmens mit entsprechender Sorgfaltspflicht zu treffen. Dabei sind auch die Anwendungsbedingungen gründlich zu analysieren. Käufer sollten sich nicht von einem niedrigen Grundpreis blenden lassen. Abgesehen davon, dass die Flüssigkeit in Bezug auf die Leistungsfähigkeit der Anlage und des Erreichens der Produktionsziele eine entscheidende Rolle zukommt, bleiben bei den günstigsten Produkten möglicherweise folgende Faktoren unberücksichtigt:

- Kosten im Zusammenhang mit Arbeitssicherheit, wie Schulung, Ausrüstung und Schutzmaßnahmen in Bezug auf eine Gefährdung durch eine mögliche Exposition gegenüber der Flüssigkeit (in Dampf- und flüssiger Form)
- Frachtkosten für die Lieferung
- Kosten im Zusammenhang mit Abholung, Handling und Entsorgung von Gebrauchtöl und Fässern
- Nachweis der Leistungsfähigkeit einer Flüssigkeit anhand der Daten von Frischöl. Der Lieferant einer Flüssigkeit sollte die Stabilität der Eigenschaften einer neuen Flüssigkeit nachweisen können (z. B. mit Daten zur thermalen Beständigkeit und zur Oxidation).
- Eignung der Flüssigkeit für die aktuelle Anlage (z. B. Dichtungen, Größe des Ausgleichsbehälters)
- Verträglichkeit mit der aktuellen Wärmeträgerflüssigkeit, sofern ein Teilaustausch erforderlich ist
- Haftungsumfang und Know-how des Herstellers
- Flexibilität des Anbieters, mit Ihnen gemeinsam die Anlage zu reinigen oder zu spülen, eine angemessene Flüssigkeitsmenge bereitzustellen und unverbrauchte Flüssigkeit zurückzunehmen

ZEITPUNKTE FÜR DIE PRÜFUNG VON WÄRMETRÄGERFLÜSSIGKEITEN

Eine regelmäßige Flüssigkeitsanalyse ist wichtig, auch wenn kein Grund zu der Annahme besteht, dass Probleme mit dem System vorliegen. Durch proaktive Überprüfungen können mögliche Probleme frühzeitig erkannt werden, noch bevor kostenintensive Produktivitätseinbußen auftreten oder im schlimmsten Fall sogar die Anlage ausfällt. Überprüfungen ermöglichen zudem eine bessere Planung, da sie den Zeitrahmen für den Wechsel der Flüssigkeit vorgeben können. Nachfolgende Hinweise dienen als Orientierungshilfe für den Zeitpunkt einer Überprüfung der Wärmeträgerflüssigkeit:

- **Bei neuen Anlagen im ersten Betriebsjahr.** Größere Probleme in der Anlage, die sich auf die Flüssigkeit auswirken können, werden durch die Prüfergebnisse deutlich.
- **Unmittelbar nach dem Wechsel der Flüssigkeit.** Nach ein oder zwei Wochen ist die Flüssigkeit zu überprüfen. Dies gilt auch dann, wenn eine Flüssigkeit der gleichen Marke verwendet wird. Die Eigenschaften der alten Flüssigkeit haben sich ausreichend verändert, sodass Rückstände in den Prüfergebnissen der neuen Füllung zu sehen sind.
- **Jährlich, zumindest bei großen Anlagen.** Planen Sie eine jährliche Überprüfung im Rahmen der vorbeugenden Wartungsroutine ein. Die Ergebnisse liefern einen aktuellen Bericht für die Meldung an Ihre Versicherungsgesellschaft.

Es ist empfehlenswert, für die Überprüfung der Wärmeträgerflüssigkeit eine Probe davon an das Labor des Herstellers der Flüssigkeit zu senden. Dort können nicht nur die Tests durchgeführt, sondern auch die Ergebnisse interpretiert werden.



WORAUF ÖLANALYTIKER ACHTEN

Analytiker untersuchen den Gesamtzustand der Flüssigkeit und in einem gewissen Umfang den Zustand im Anlagenkreislauf. Der beste Weg dies zu tun besteht darin, regelmäßige Stichproben durchzuführen, um Trends in den Daten zu bestimmen. Sicherlich können nützliche Informationen auch von einem einzelnen Datenpunkt abgeleitet werden. Ermittelte Datentrends liefern jedoch wertvolle Daten und erhöhen die Diagnosegenauigkeit für Planungszwecke.

Ein Prüfprogramm für Wärmeträgerflüssigkeiten sollte mindestens die folgenden Tests umfassen:

Kinematische Viskosität (ASTM D445-18)

Misst den Strömungswiderstand der Flüssigkeit. Ein Anstieg der Viskosität weist auf vorhandene Hochsieder und damit auf eine Verschlechterung der Wärmeübertragungseigenschaften hin. Eine Abnahme der Viskosität weist auf das Gegenteil hin: Niedersieder deuten auf einen niedrigeren Flammpunkt und eine niedrigere Selbstentzündungstemperatur hin, die ein thermisches Cracken der Flüssigkeit ermöglichen. Als Grenzwert ist ein Anstieg von über 30 % zu beachten. Bei Überschreiten dieses Grenzwertes sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, wie ein teilweiser oder vollständiger Ölwechsel.

Acid Number (AN) (ASTM D664-18e2)

Misst saure Verbindungen und ermittelt auf diese Weise indirekt das Ausmaß der Oxidation in der Flüssigkeit. Die meisten frischen Flüssigkeiten haben einen AN von 0,05-0,10 mg KOH/g. Kontaktieren Sie Ihren Flüssigkeitslieferanten, um mehr über dessen Werte für frisches Öl zu erfahren. Der Grenzwert liegt bei etwa 1,0 mg KOH/g. Bei Werten darüber nehmen Schlammablagerungen tendenziell zu.

Cleveland Open Cup (COC) (ASTM D92-18)

Misst die niedrigste Temperatur, bei der sich der Dampf der Flüssigkeit sofort entzündet (bei Kontakt mit einer Zündquelle). Ein Abfall weist häufig auf Verunreinigung und thermische Zersetzung hin. Der Grenzwert liegt bei <150°C (<300°F).

Unlösliche Feststoffe

Bestimmt die Konzentration an unlöslichen Bestandteilen in der Flüssigkeit nach dem Filtrieren durch einen 0,8-Mikron-Filter. Die Messung von organischen Feststoffen weist auf das Ausmaß der Zersetzung der Flüssigkeit hin und gibt an, inwieweit die Anlage möglicherweise verunreinigt ist. Indes können anorganische Feststoffe auf Korrosion und Verunreinigung in der Anlage hinweisen. Der Grenzwert für Feststoffe liegt bei >0,5 Gew.-%.

Wassergehalt (ASTM D6304-16e1)

Misst die in der Flüssigkeit vorhandene Wassermenge. Die Warngrenze liegt bei den meisten Systemen bei 1.000 ppm (entspricht 0,1 Gew.-%), es sei denn, niedrigere Konzentrationen haben den Betrieb gestört. Es ist normal, dass Systeme, die konstant arbeiten, niedrigere Wasserkonzentrationen aufweisen als Systeme, die beispielsweise wöchentlich oder zweiwöchentlich anhalten und wieder anlaufen. Abgesehen von Sicherheitsrisiken durch kochendes und plätscherndes Wasser im Ausgleichsbehälter kann ein hoher Wasseranteil zu Korrosion in der Anlage führen und auch die Oxidation der Flüssigkeit und die Bildung von sauren und korrosiven Substanzen beschleunigen. Wasser ist besonders für aromatische Flüssigkeiten schädlich, was zum Teil darauf zurückzuführen ist, dass sie im Allgemeinen keine Additive und somit auch keine Rost- und Korrosionsinhibitoren enthalten.

Metallgehalt (ASTM D5185-18)

Bestimmt die Konzentration von ungefähr 25 Elementen gleichzeitig durch induktiv gekoppeltes Plasma (ICP). Die Konzentrationslevel weisen auf mögliche Korrosion bzw. Verunreinigung hin.

Exakte, von Dritten überprüfte Messungen dieser Faktoren bieten nicht nur eine bessere Grundlage für fundierte Entscheidungen im Hinblick auf den Anlagenbetrieb, sie führen auch einen Abgleich mit den Empfehlungen für die Flüssigkeit durch, was sich als sehr wertvoll erweisen kann, da ein Wechsel zu ungeplanten Ausfallzeiten und Kosten führt.



A HOLLYFRONTIER BUSINESS

FAZIT

Anlagen sind konstruktionsbedingt auf die Eigenschaften einer frischen Wärmeträgerflüssigkeit ausgelegt. Um einen sicheren, planbaren Betrieb zu gewährleisten, muss der Betreiber dafür sorgen, dass die aktuellen Eigenschaften der Flüssigkeit nicht zu stark von denen des Frischöles abweichen. Den Betreibern bieten sich viele Möglichkeiten, mit denen sie proaktiv die Eigenschaften einer frischen Wärmeträgerflüssigkeit so lange wie möglich erhalten können. Dies erlaubt ihnen einen produktiven und sicheren Betrieb der Anlage, bevor ein Wechsel der Flüssigkeit und eine gründliche Reinigung der Anlage unvermeidlich werden. Wir empfehlen ausdrücklich jedem Betreiber, die Anlage, ihre Komponenten und die Flüssigkeit routinemäßig zu überprüfen und Proben der Systemflüssigkeit regelmäßig in einem Labor untersuchen zu lassen.



FRAGEN SIE NACH EINEM KOSTENLOSEN TEST ZUR ANALYSE IHRER WÄRMEÜBERTRAGUNGSFLÜSSIGKEIT

Folgen Sie dem Link, um den Zustand und die Leistung Ihrer aktuellen Wärmeübertragungsflüssigkeit festzustellen, und fragen Sie ein **KOSTENLOSES KIT ZUM TESTEN IHRER WÄRMEÜBERTRAGUNGSFLÜSSIGKEIT** heute noch an.

PCLHotTopic.com



™ Eigentum oder unter Lizenz verwendet.
LUB4068G (2020.09)

A HOLLYFRONTIER BUSINESS