



WHITE PAPER

VERLÄNGERUNG DER LEBENSDAUER VON WÄRMETRÄGERFLÜSSIGKEITEN IN ANLAGEN MIT FLÜSSIGMEDIUM

NEIL BUCHANAN, P.ENG., CMRP, LEITER TECHNISCHER KUNDENDIENST
MIDWEST/PLAINS USA, PETRO-CANADA AMERICA LUBRICANTS, INC.

SOMMER 2016



Dem Fortschritt voraus.™

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 und wie ihre Lebensdauer verlängert und die gesamte Anlage kontinuierlich mit einem Höchstmaß an Produktivität betrieben werden kann.

In einer Wärmeträgeranlage befördert eine Wärmeträgerflüssigkeit Energie in Form von Wärme von einer Heizquelle in einen Wärme-Kreislauf. Die Konzeption der Anlagen und die Dimensionierung der Komponenten sind für die physikalischen Eigenschaften der Komponenten komplett neuer, nicht verunreinigter Flüssigkeiten ausgelegt. Ob eine Anlage das ursprünglich konzeptionierte Leistungsniveau beibehält, hängt davon ab, inwieweit der gute, neuwertige Zustand der Flüssigkeit erhalten bleibt.

Die große Herausforderung für den Betreiber stellt der langsame Zersetzungsvorgang der Wärmeträgerflüssigkeit – das „Herz“ der Anlage – dar, bei dem sich an den Oberflächen, an denen der Wärmeaustausch erfolgt, Verunreinigungen bilden können. Das wiederum erhöht den Energiebedarf, der für das Beibehalten einer konstanten Temperatur benötigt wird, und führt letztendlich zu einer Beeinträchtigung der Produktivität. Die unweigerliche Folge sind längere Ausfallzeiten für durchzuführende Wartungsarbeiten, die zudem hohe Kosten verursachen. Zersetzt sich eine Flüssigkeit, haben sich ihre ursprünglichen Eigenschaften bereits verändert. Und sie werden sich im Laufe des fortschreitenden Zersetzungsprozesses noch weiter verändern.

Die Frage lautet dann: 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. Kein Experte ist 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 Bediener als programmierte Temperatur eingestellt, mit der die Flüssigkeit aus der Wärmequelle austreten soll. Beispielsweise ist 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 Rohrs.

ABBILDUNG 1

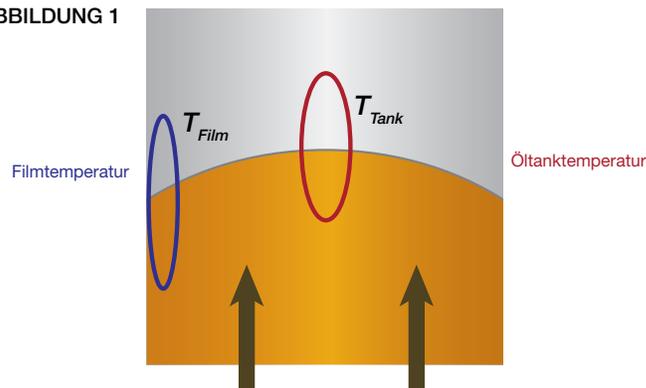


ABBILDUNG 1: Die Öltanktemperatur ist die Temperatur am Ausgang des Erhitzers. Die Filmtemperatur ist die Temperatur der Flüssigkeit an der Rohrwand. Bei der Auswahl einer Wärmeträgerflüssigkeit sollte die Filmtemperatur und nicht die Öltanktemperatur als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden.

Der zweite Temperaturwert ist die Filmtemperatur (T_{Film}). T_{Film} , auch als Temperatur an der Rohroberfläche bezeichnet, ist die Temperatur der Flüssigkeitsmoleküle, die in Kontakt mit der Rohrwand, dem Heizelement oder einer anderen Oberfläche sind, durch die die Flüssigkeit von der direkten Wärmequelle getrennt ist.

Meistens ist die Temperatur T_{Film} höher als die Temperatur T_{Tank} . Die turbulente Strömung versucht jedoch, eine Umverteilung der Wärme in der gesamten Ölmenge zu erzwingen.

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} .

Wenn jedoch eine Flüssigkeit eine hohe Viskosität hat oder die Durchflussrate sinkt (z. B. aufgrund eines Problems mit der Pumpe oder einer Verstopfung in der Rohrleitung), wird mehr Energie benötigt, um die erforderliche Temperatur T_{Tank} konstant zu halten. Die Temperatur T_{Film} übersteigt dann deutlich die Temperatur T_{Tank} . 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). Von noch größerer Bedeutung ist jedoch, dass sich die Temperatur T_{Film} der Selbstentzündungstemperatur (SET) der Flüssigkeit nähert.

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

Ausgehend von dieser Erkenntnis wird nun klar, dass bei der Auswahl einer Wärmeträgerflüssigkeit nach Möglichkeit die anwendungsspezifische Temperatur T_{Film} und nicht die Temperatur T_{Tank} im Vordergrund stehen sollte.

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), in dem die übermäßige Wärme das thermische Cracken der Wärmeträgerflüssigkeit bewirkt. 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.

ABBILDUNG 3

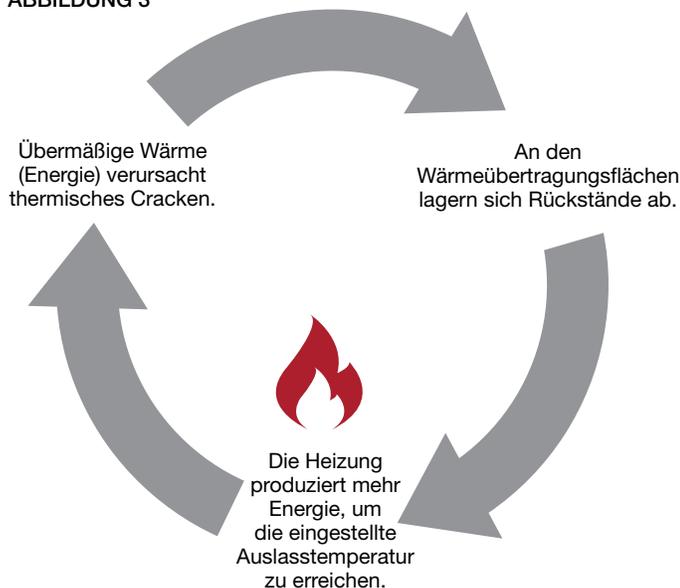


ABBILDUNG 3: Durch das thermische Cracken der Wärmeträgerflüssigkeit an der Wärmequelle können Hochsieder entstehen. Dies sind langkettige Moleküle, die an der warmen Oberfläche der Wärmequelle oder der Rohrwandung agglomerieren und einbrennen. Im Laufe der Zeit bildet sich aus den kohlenstoffhaltigen 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.

Selbst bei Anlagen, die mit relativ niedrigen Temperaturen arbeiten, die deutlich unter der maximal zulässigen Öltanktemperatur der Flüssigkeit liegen, kann die thermische Zersetzung der Flüssigkeit und die damit einhergehende Verkürzung ihrer Lebensdauer nicht verhindert werden.

Thermisches Cracken verhindern

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

Richtig entlüften. 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 mit einem bestimmten Volumen kann für die Evakuierung von Leichtsedimenten 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 weiter unten erläuterte Oxidation beschleunigt und zudem ein Sicherheitsrisiko darstellen kann, da sich die Temperatur dem Flammpunkt der Flüssigkeit nähert.

Nutzen Sie die von Ihrem Lieferanten angebotenen Möglichkeiten der Ölanalyse, um das Ausmaß der Bildung von Leichtsedimenten in den unterschiedlichen Betriebszuständen zu ermitteln. Mit 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. Auch wenn die Anlage aufgrund von Zeitdruck so schnell wie möglich hochzufahren 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 200-260 °C (400-500 °F) muss über mehrere Stunden erfolgen, um einen möglichst minimalen Wärmefluss zu garantieren. 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.

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 ein thermisches Cracken verursachen. Daher muss die Flüssigkeit nach dem Abschalten der Heizung unbedingt noch mehrere Stunden zirkulieren, bis eine Abkühlung auf 65 °C (150 °F) erfolgt ist, damit die Flüssigkeit keiner übermäßigen Wärme ausgesetzt wird.

Tipps, um eine thermische Zersetzung in der Anlage zu verhindern:

- Überwachen und steuern Sie den Wärmefluss der Anlage.
- Warten Sie Pumpen und Filter.
- Achten Sie mit Flüssigkeitsanalysen auf frühe Anzeichen einer Zersetzung des Öls.
- Filtern Sie Öl kontinuierlich mit Hochtemperatur-Glasfiltern bis auf 10 µm herunter.
- Wenden Sie bewährte Verfahren für das Hoch- und Herunterfahren an.

2. OXIDATIVE ZERSETZUNG

Die auch als Oxidation bezeichnete oxidative Zersetzung 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 schneller 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 aromatischen Flüssigkeiten können Substanzen wie Carbonsäuren, Ketone, Aldehyde und andere enthalten.

Erste sichtbare Hinweise auf den Oxidationsprozess sind die allmähliche Verfärbung der Flüssigkeit (siehe Abbildung 4), die zunehmende Viskosität und, nach einer gewissen Zeit, die Bildung von unlöslichen Verbindungen und Schlamm. Nebenprodukte der Oxidation sind in Öl nur schwer löslich und haften zunehmend an kühleren Metalloberflächen an oder setzen sich in strömungsarmen Bereichen wie etwa am Boden des Ausgleichsbehälters ab. Diese Nebenprodukte können nur sehr schwer mit Reinigungs- und Spülflüssigkeiten vollständig entfernt werden.

ABBILDUNG 4



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

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 die tendenziell sauren Nebenprodukte der Oxidation nicht entfernt werden, beschleunigen sie als eine Art Katalysator die Korrosion und beeinträchtigen zudem die Lebensdauer der neuen Flüssigkeit.

Oxidation verhindern

Inertgasabdeckung. In geschlossenen Anlagen, in denen die heiße Flüssigkeit zirkuliert, während das kühlere Öl der Luft im Ausgleichsbehälter ausgesetzt ist, kann der Oxidation am besten durch die Abdeckung mit Inertgas im Ausgleichsbehälter vorgebeugt werden. Dabei wird die sauerstoffreiche Luft nur dort von einem Inertgas verdrängt, wo das warme Öl mit Sauerstoff in Berührung kommen kann. Ist kein Sauerstoff vorhanden, der mit dem Öl reagieren könnte, erfolgt auch keine Oxidation. 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 2 psig (14 kPa). Diese Vorrichtung muss kontinuierlich überprüft und gewartet werden, um Undichtigkeiten zu vermeiden. Durch Undichtigkeiten verfehlt die Inertisierungsanlage ihre Wirkung und verursacht lediglich Kosten.

Wahl der Flüssigkeit. Eine weitere Möglichkeit, um Oxidation zu verhindern, ist die Auswahl einer Flüssigkeit, die die richtige Zusammensetzung von Oxidationsinhibitoren enthält. Art und Anzahl der verwendeten Oxidationsinhibitoren sowie die Qualität fallen bei jedem Produkt sehr unterschiedlich aus. Einige Flüssigkeiten verwenden konventionelle Antioxidantien, wie sie auch in Getriebe- oder Hydraulikölen eingesetzt werden. Die anspruchsvolleren Wärmeträgerflüssigkeiten enthalten jedoch chemische Zusatzstoffe, die den hohen Temperaturen der Wärmeträgeranlagen besser standhalten können. Oxidationsinhibitoren arbeiten höchst unterschiedlich.

Aber in der Regel reagieren sie 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.

Anlagen, die eine große Menge Öl verwenden, sind weniger anfällig, da das Öl und die Antioxidantien immer wieder aufgefrischt werden. In diesem Fall sind Erfahrung, Vergleichswerte und regelmäßige Analysen des Gebrauchtsöls 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 wichtig, ein zuverlässiges Produkt zu wählen, das Antioxidantien enthält und vorzugsweise für den Kontakt mit Luft ausgelegt ist. Aber selbst dann ist 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. Durch Verunreinigungen können die Komponenten einer Anlage und auch die Flüssigkeit selbst geschädigt werden. 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.

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 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 entfalten und die Ölviskosität sowie die Anzahl an Hochsiedern, die die Rohrleitungen verschmutzen, drastisch ansteigen lassen kann. Vanadium ist ein verräterisches Element, das häufig bei Ölanalysen erkannt wird und auf ein Eindringen von Asphalt im Ölkreislauf der Anlage hindeutet.

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 außen liegendem Ausgleichsbehälter und Entlüftung in die Atmosphäre muss sich auf der Tankoberseite ein 180°-Schwanenhalsrohr befinden. Es gab auch schon Fälle, in denen der Stahldeckel heruntergefallen war und Regenwasser in den Ausgleichsbehälter gelangte, sodass eine große Menge Wasser und abrasiver Staub durch die Anlage zirkulierten.

Eine weitere gängige Problemquelle ist die Verunreinigung neuer Anlagen. Neu gebaute Wärmeträgeranlagen werden zwar werkseitig gereinigt, jedoch nur selten vor der Inbetriebnahme gespült. Dabei können Rückstände von Reinigungsmitteln Korrosion oder Verschmutzung beschleunigen oder auch unlösliche Rückstände entstehen lassen. 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 hat auf verschiedene Flüssigkeiten unterschiedliche Auswirkungen.

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

- Hydrolyse oder Ausfällung von Additiven (in additivierten Flüssigkeiten)
- beschleunigte Korrosion im Innenbereich der Anlage
- beschleunigte Zersetzung des Öls (Oxidation)
- Kavitation und Verschleiß der Pumpe
- gurgelndes Geräusch im Ausgleichsbehälter und Klopfen in der heißen Ölleitung

Ausgehend von Ölanalysen aus der Praxis kann generell festgehalten werden, dass Wasser in Konzentrationen unter 500 ppm (0,05 Gew.%) nicht unmittelbar zu einer Beeinträchtigung der Produktivität führt, wenngleich bei empfindlicheren Anlagen bereits bei niedrigeren Konzentrationen spürbare Auswirkungen zu erkennen waren. Werte über 1.000 ppm (0,1 Gew.%) sind alarmierend und müssen eingehend untersucht und behoben werden.

Verunreinigungen verhindern

Untersuchen und beheben. Alle Fälle von Verunreinigungen müssen untersucht und behoben werden. Sie sollten auch dem Lieferanten der Flüssigkeit gemeldet werden, um mögliche Auswirkungen auf das Öl und die Additive in Erfahrung zu bringen. 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 oder abgedampft werden.

Schutzmaßnahmen. Unternehmen oder Hersteller geben nur selten Geld für die Spülung einer Anlage aus, da sie davon ausgehen, dass Reinigung und Inbetriebnahme von dem hierfür zuständigen Vertragspartner korrekt durchgeführt werden und nach den Drucktests kein Schmutz oder Wasser in den Rohrleitungen zurückbleibt. Stellt man erst nach Inbetriebnahme und Hochfahren der Anlage fest, dass sie nicht einwandfrei gespült oder die für den Drucktest verwendete Flüssigkeit nicht vollständig abgelassen wurde, ist es bereits zu spät und es können hohe Folgekosten entstehen. Im Verhältnis zu den hohen Kosten für eine hochwertige Flüssigkeit wie eine 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. Üblicherweise sind ölseitig neben dem Pumpensieb keine Filter installiert. Die Gründe hierfür sind vermutlich die hohen Strömungsgeschwindigkeiten, der große Durchmesser der Rohrleitungen und das vermeintlich schlechte Preis-Leistungs-Verhältnis, da die Komponenten gegenüber Feststoffen eine gewisse Widerstandsfähigkeit aufweisen. Dennoch wurden in den vergangenen Jahren mehr und mehr neue Anlagen mit Ölfiltern ausgestattet. Dokumentieren Sie Ansammlungen von Feststoffen in Ölfiltern und Ölsieben und fügen Sie ggf. Fotos bei. 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 von früheren Flüssigkeiten können sich über einen langen Zeitraum in der Anlage festsetzen und sich beispielsweise durch Arbeiten an den Rohrleitungen oder den teilweisen Wechsel der Flüssigkeit lösen und zum Pumpensieb oder Ölfilter gelangen. Es gab schon Fälle, in denen ein gebrauchter Heizkessel gekauft und in Betrieb genommen wurde, ohne ihn zu reinigen und zu spülen, bevor er an der Hauptanlage angeschlossen wurde.

„Ablagerungen sind auch dann an ein Labor zu senden, wenn Geruch oder Beschaffenheit der Feststoffe vertraut sind, sich jedoch als etwas anderes herausstellen könnten.“

Ablagerungen sind auch dann an ein Labor zu senden, wenn Geruch oder Beschaffenheit der Feststoffe vertraut sind, sich 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 ist die Ursache in der Ventilausführung oder der Auswahl der Flüssigkeit zu suchen, die auch dann auszutauschen wäre. Der Umstieg auf eine höherwertige Wärmeträgerflüssigkeit auf Basis hochausraffinierter API Gruppe-II-Grundöle, die kaum Aktivschwefel enthalten, hat sich bewährt.

Mehr routinemäßige, vorbeugende Wartungsarbeiten

Ergänzend zu den bereits erläuterten Maßnahmen zur Vorbeugung einer Zersetzung müssen unbedingt weitere Empfehlungen für routinemäßige Wartungsarbeiten an Anlagen mit heißem Ölkreislauf beachtet werden, um die Lebensdauer der Wärmeträgerflüssigkeit zu verlängern. Nachfolgend wird hierzu auf einige wichtige Überlegungen eingegangen.

1. Achten Sie auf Alarmmeldungen an der Hauptheizung (rot blinkende Leuchte oder Meldung an der Bedienkonsole) und reagieren Sie entsprechend.
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 (Strom, Kraftstoff usw.), die Temperatur der Flüssigkeit 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 dies auf ein langsames Cracken der Flüssigkeit durch zu hohe thermische Belastung oder auf Ablagerungen an den Wärmeübertragungsflächen hinweisen. 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 überprüfen. Auf diese Weise können Vibrationen am Motor, eine Kavitation in einer Pumpe, Öllecks und andere ungewöhnliche Zustände entdeckt werden. Mit planmäßigen vorbeugenden Wartungsmaßnahmen werden Probleme vermieden, die nicht selten erheblich mehr Kosten verursachen, als die Durchführung regelmäßiger Inspektionen erfordert.
6. Die Flüssigkeit regelmäßig prüfen. Auch wenn hierauf bereits an früherer Stelle eingegangen wurde, soll es hier nochmals betont werden. 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.
 - 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. 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

Auswahl der Flüssigkeit

Wie bereits vorangehend erläutert, können Betreiber von Wärmeträgeranlagen mit Flüssigmedium in einem bestimmten Rahmen die langfristige Leistungsfähigkeit der Flüssigkeit über ihren gesamten Lebenszyklus beeinflussen. Abgesehen von der richtigen Wartung einer Anlage zählt die Auswahl der richtigen Flüssigkeit zu den effektivsten Kontrollmaßnahmen, um eine maximale Lebensdauer der Flüssigkeit zu erreichen.

Es sind unzählige Flüssigkeiten auf dem Markt, die meisten davon auf Mineralöl- oder synthetischer Basis. Und jede Flüssigkeit zeichnet sich durch eine individuelle chemische Zusammensetzung und ein besonderes Leistungsprofil aus und ist daher für die eine oder andere verfahrenstechnische Anwendung mehr oder weniger geeignet.

Im vorliegenden White Paper soll nicht explizit auf die Vor- und Nachteile der einzelnen Arten von Wärmeträgerflüssigkeiten eingegangen werden. Es soll jedoch an dieser Stelle auf die Bedeutung der Auswahl der richtigen Flüssigkeit mit der gebührenden Sorgfalt hingewiesen werden. Die ausgewählte Flüssigkeit hat im Hinblick auf Produktivität und Sicherheit einen erheblichen Einfluss auf den erfolgreichen Betrieb der Anlage.

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 der Flüssigkeit in Bezug auf die Leistungsfähigkeit der Anlage eine entscheidende Rolle zukommt, bleiben bei den günstigsten Produkten möglicherweise folgende Faktoren unberücksichtigt:

- Kosten im Zusammenhang mit Arbeitssicherheit wie Schulung, Ausrüstung und Schutz in Bezug auf eine Gefährdung durch eine mögliche Exposition gegenüber der Flüssigkeit (in Dampf- und flüssiger Form)
- Frachtkosten für die Lieferung

Zeitpunkte für die Prüfung von Wärmeträgerflüssigkeiten

Auch wenn die Anlage reibungslos läuft und es keinen Anlass für irgendwelche Überprüfungen gibt, ist es dennoch empfehlenswert, die Flüssigkeit regelmäßig einer Analyse zu unterziehen. 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 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. Dies kann am besten mit Trendanalysen anhand regelmäßiger Proben erfolgen. Sicherlich können nützliche Informationen auch von einem einzelnen Datenpunkt abgeleitet werden. Die Trendanalyse liefert jedoch wertvolle Daten und erhöht die Diagnosegenauigkeit für Planungszwecke.

Ein Prüfprogramm für Wärmeträgerflüssigkeiten sollte mindestens die folgenden Tests umfassen:

Kinematische Viskosität (ASTM D445-15)

Misst den Fließwiderstand 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: Leichtsieder deuten auf niedrigeren Flammpunkt und niedrigere Selbstentzündungstemperatur hin und es kann ein thermisches Cracken der Flüssigkeit auftreten. Als Grenzwert ist ein Anstieg von über 30 % zu beachten. Bei Überschreiten dieses Grenzwerts sind entsprechende Maßnahmen wie etwa ein teilweiser oder vollständiger Ölwechsel zu ergreifen.

Säurezahl (NZ) (ASTM D664-11)

Misst saure Verbindungen und ermittelt auf diese Weise indirekt das Ausmaß der Oxidation in der Flüssigkeit. Die meisten Frischöle haben eine NZ von 0,05-0,10 mg KOH/g. Der Grenzwert liegt bei etwa 1,0 mg KOH/g. Bei höheren Werten nehmen Schlammablagerungen tendenziell zu.

Flammpunkt COC (ASTM D92-12)

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

Unlösliche Fremdstoffe

Bestimmt die Konzentration an unlöslichen Bestandteilen in der Flüssigkeit nach dem Filtrieren durch ein 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 D1744-13)

Misst den in der Flüssigkeit enthaltenen Wasseranteil. Der Grenzwert liegt bei 1.000 ppm (entspricht 0,1 Gew. %). Werden diese Werte erreicht, könnte dies darauf hinweisen, dass der Deckel auf dem Ausgleichsbehälter fehlt oder der Wärmetauscher undicht ist. 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 bereits erläuterte 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)

Durch Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP) wird die Konzentration von etwa 26 Elementen gleichzeitig bestimmt. Hierdurch können Änderungen im Additivgehalt oder vorhandener Metallabrieb und Verunreinigungen erkannt werden. 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, wenn ein Wechsel zu ungeplanten Ausfallzeiten und Kosten führt.

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 sehr 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 Flüssigkeit in einem Labor regelmäßig untersuchen zu lassen.