

Inbetriebreinigung von Dampfkesseln

KONDITIONIERUNG MIT POLYMEREN | Die Bildung von Ablagerungen in wasserführenden Systemen führt zu einer Verringerung des Wärmeüberganges, da Beläge eine sehr schlechte Wärmeleitfähigkeit besitzen. Dadurch verschlechtert sich der Wirkungsgrad der Anlagen durch höheren Energieverbrauch bei gleichzeitig geringerer Leistung. Aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Belägen und metallischen Werkstoffen kann es zu thermischen Spannungen und zu Rissbildungen kommen. Hinzu kommen die Gefahren von Korrosionen und mikrobiologischen Aktivitäten.

INDIVIDUELLE Wasserbehandlungsverfahren mit chemischen Konditionierungsmitteln auf Basis von Polymeren vermeiden nicht nur effektiv eine mögliche Belagsbildung, sie sind auch in der Lage, wasserbedingte Ablagerungen während des Betriebes in Form einer sogenannten „Inbetriebreinigung“ abzubauen und so einen reibungslosen Betrieb der Anlagen zu gewährleisten.

Dipolique, seit Anfang 2023 zur Tensid-Chemie-Gruppe gehörend, befasst sich seit 1980 mit der Wasseraufbereitung und chemischen Nachbehandlung u. a. von

Kühlwasser, Autoklaven- und Pasteurwasser sowie Kesselspeisewasser. Von Beginn an wurden überwiegend phosphatfreie Belagsverhinderer auf Polymerbasis eingesetzt, da Phosphate bei Überdosierung häufig Beläge z. B. auf Flamm- und Rauchgasrohren von Kesseln bilden und sie bei Härteeinbrüchen harte, sehr schwer lösliche Ablagerungen von Calciumphosphat verursachen können. Diese Ablagerungen können mit Phosphaten nicht wieder abgetragen werden, im Gegensatz zu polymerbasierten Produkten.

› Chemische Nachkonditionierung von Prozesswasser

Der Begriff Wasserqualität bezeichnet, ganz allgemein, die Nutzbarkeit von Wasser für menschliche oder natürliche Zwecke und Prozesse aller Art [1]. Betrachtet man die Inhaltsstoffe des Wassers aber im Einzelnen, zeigen sich bei der Wasserbeschaffenheit schnell Unterschiede, die sich innerhalb weniger Kilometer deutlich verändern können. Die Ursachen hierfür sind vielfältig: geografische Gegebenheiten, Tiefe der Wasserquelle oder auch die klimatische Umgebung, um nur einige zu nennen.

Aufgrund dieser verschiedenen Wasserbeschaffenheiten ist eine geeignete

verfahrenstechnische Aufbereitung des eingesetzten Grundwassers (z. B. Brunnenwasser oder Trinkwasser) oder auch Oberflächenwassers sowie eine geeignete chemische Nachkonditionierung der betreffenden Prozesswässer erforderlich.

Die Prozesswassersysteme stellen je nach Anlagentyp und Betriebsweise der Anlagen unterschiedliche Anforderungen an die chemisch-physikalische Zusammensetzung des eingesetzten Zusatzwassers. Die Grundlage hierfür sind vorgegebene rechtliche Normen und Richtlinien sowie die Richtwerte der Anlagenhersteller.

Eine geeignete Wasseraufbereitung allein reicht im Regelfall aber nicht aus, um die geforderten Richtwerte in den jeweiligen Prozesswässern so einzustellen, dass eine höchstmögliche Anlagensicherheit bei gleichzeitig wirtschaftlicher Fahrweise und maximalem Werterhalt der Anlagen gewährleistet ist. Deshalb ist auch eine individuell angepasste chemische Nachkonditionierung notwendig.

Das Ziel einer chemischen Nachbehandlung von Prozesswässern ist stets

- der Werterhalt der Prozessanlagen;
- ein sicherer und kosteneffizienter Betrieb;
- die Vermeidung anlagenbedingter Produktionsstillstände;
- die Schonung der Umwelt durch optimierte Wasser-, Energie- und Chemikalienverbräuche.

Ein wesentlicher Beitrag hierzu ist das Vermeiden von anorganischen Belägen. Bei diesen gilt als Faustformel: Ein Millimeter Belagsstärke führt zu einer Verschlechterung von zehn Prozent in der Energieeffizienz [2].

Neben Energieverlusten kann ein schlechter Wärmeübergang auch zur Materialermüdung führen. Insbesondere bei Dampfkesseln, die unter hohen Drücken sowie hohen Temperaturen betrieben und nur alle drei Jahre zur inneren Revision geöffnet werden, ist die kontinuierliche Vermeidung von Belägen (Kesselstein) bzw.



Autoren: Dr. Robert Höckendorf (li.), Vertriebsleiter Gebiet Nord, Pascal Buhani, Vertriebsleiter Gebiet Mitte, beide Dipolique GmbH, Stuhr



Abb. 1 Dampfkessel, wasserseitig – innere Revision nach Härteeinbruch



Abb. 2 Dampfkessel, wasserseitig – innere Revision nach Beendigung der polymerbasierten Inbetriebreinigung

der zügige Abbau vorhandener Beläge extrem wichtig, um eine hohe Anlagensicherheit zu gewährleisten und hohe Wartungskosten bis hin zu kompletten Anlagenstillständen zu vermeiden.

› Wasserbedingte Ablagerungen in Dampfkesseln

Für die Wasseraufbereitung des Zusatzwassers für Dampfkesselanlagen kommen in der Regel Enthärtungsanlagen, Entkarbonisierungsanlagen, Umkehrosmoseanlagen oder Vollentsalzungsanlagen zum Einsatz. Auch rückgeführte Dampf- und Brüdenkondensate können vor ihrer Nachspeisung aufbereitet werden.

Trotz guter Zusatzwasserbeschaffenheit und Einhaltung der vorgegebenen Richtwerte für das Kesselspeisewasser kann es zu einem Eintrag von Härtebildnern, z. B. durch eine Fehlfunktion der Aufbereitungsanlage oder auch durch einen Einbruch über das Kondensatsystem als Folge von Leckagen im Kondensatnetz, kommen. Durch die Eindickung des Gesamtsalzgehaltes im Kesselwasser bei der Dampferzeugung kommt es dann zu einer Aufkonzentrierung der Härtebildner im Kesselwasser.

Daher ist eine geeignete Härtestabilisierung im Kesselwasser neben einer richtwertegemäßen Alkalisierung und einer ausreichenden Sauerstoffbindung ein wichtiger Grundbaustein der Kesselspeisewasserkonditionierung.

› Wirkungsmechanismen von Polymeren

Das hier vorgestellte Konzept der Härtestabilisierung bzw. Inbetriebreinigung bezieht sich im Folgenden auf langjährige

Erfahrungen mit organischen Polymeren. Bei diesen zur Härtestabilisierung eingesetzten Polymeren auf Basis von Polycarboxylaten handelt es sich um höherkettige Moleküle mit sich wiederholenden Einheiten und aktiven, negativ geladenen funktionellen Gruppen.

Bereits die Zugabe einer sehr niedrigen Menge eines solchen Polymers bewirkt, dass eine übersättigte Lösung eines Härtebildners wie z. B. Calciumcarbonat ohne sichtbare Ausfällungen lange Zeit stabil bleibt. Dieser Effekt wird als Threshold-Effekt („Schwelleneffekt“) bezeichnet.

Das Polymer adsorbiert an einzelne Härtebildner bzw. auf der Oberfläche der sich bildenden Mikrokristalle und verhindert so die Bildung größerer Kristalle. Es entstehen nicht steinbildende Agglomerate, welche gut dispergiert und mit der Abflut aus den wasserführenden Systemen ausgetragen werden können.

Bei der Dosierung polymerhaltiger Produkte kann die aufkonzentrierte Resthärte im Kesselwasser weitestgehend analytisch nachgewiesen werden. Ein regelmäßig durchgeführter Gesamthärte-Nachweis im Kesselwasser kann daher rechtzeitig Hinweise auf schleichende Härteeinträge, z. B. durch eine nachlassende Kapazität der Aufbereitungsanlage, geben. „Kieselsteine“ können allerdings nicht „in Schwebelage“ gehalten werden. Ein starker Härteeinbruch kann auch an einem deutlich sinkenden Polymergehalt im Kesselwasser zu erkennen sein.

Ein weiterer Effekt bei der Härtestabilisierung, welcher die Inbetriebreinigung ermöglicht, ist die Störung der Kristallstruktur durch Fehlstellenbildung und durch Deformation des Kristallgitters. Dies geschieht, indem sich die anionischen funktionellen Gruppen des Polymers an die Kat-

ionen der Härtebildner anlagern oder auch anionische Bestandteile des Kristalls an der Oberfläche ersetzen.

Dies führt zu einem verlangsamten Wachstum der Kristalle und zu innerkristallinen Spannungen bzw. Rissstellen, so dass vorhandene Beläge von Rohrwandungen im laufenden Betrieb abplatzen können. Dieser Vorgang ist selbstverstärkend, da Rissbildung in den Ablagerungen die Angriffsfläche der Polymere erhöht und eine Unterwanderung der Beläge begünstigt.

› Maßnahmen bei Härteeinbrüchen

Wird trotz aller Vorsichtsmaßnahmen ein Härteeinbruch festgestellt, heißt es, schnell zu reagieren und folgende Sofortmaßnahmen zu ergreifen, um die Entstehung von Belägen zu minimieren:

- Unterbindung des Härteeintrags;
- Identifizierung der härteeintragenden Wasserquelle;
- signifikante Erhöhung der Dosiermenge des Härtestabilisators;
- verstärkter Wasseraustausch durch erhöhte Abschläm- und Absalzraten.

Die Anwendung dieser Sofortmaßnahmen führt zu einer bestmöglichen Stabilisierung sowie Dispergierung der Härtebildner und zu einem bestmöglichen Austrag der Härte aus dem Kessel. Dadurch kann die Belagsbildung minimiert oder sogar ganz verhindert werden.

Nach einem Härteeinbruch sollte das Kesselwasser verstärkt analytisch überwacht werden. Wenn die gemessenen Analysenparameter wieder im geforderten Richtwertebereich liegen, kann zum Regelbetrieb zurückgekehrt werden. Im Einzelfall kann eine fortgesetzte, erhöhte Polymerkonzentration im Kesselwasser präventiv für eine weitergehende Inbe-



Abb. 3
Dampfkessel, wasserseitig, Bereich des Speise-wasser-eintritts – Dokumentation der erfolgreichen Inbetrieb-reinigung; Schaubilder aus den Jahren 2020 (Start der Maßnahme, o. li.), 2021 (o. re.), 2022 (u. li.) und 2023 (Ende der Maßnahme, u. re.)

triebreinigung des Dampfkessels sinnvoll sein.

Die Quellen für Härteeinträge sind in der Regel auf wenige Ursachen begrenzt. Eine engmaschige analytische Überwachung der Zusatzwässer und des Kondensats führt meist zu einer schnellen Identifizierung der Verursacher. Das härtebelastete Wasser ist bis zur Ursachenbehebung möglichst zu verwerfen.

› Bewertung der chemischen Konditionierung

Oftmals werden die Ausmaße und Folgen eines Härteeinbruchs erst durch die gesetzlich vorgeschriebene Begutachtung im Rahmen einer inneren Revision der Anlagen festgestellt (Abb. 1). Dabei wird der Ist-Zustand des Wasserraums des Dampfkessels durch einen Sachverständigen beurteilt. Der Wasserkonditionierer begleitet idealerweise diese inneren Revisionen vor Ort, um den Ist-Zustand der Prozessanlagen zu dokumentieren und bewerten zu können.

Werden bei den Begutachtungen Beläge festgestellt, ist es sinnvoll, eine repräsentative Belagsprobe zu entnehmen und anhand einer Feststoffanalyse auf ihre Zusammensetzung und Belagsstärke hin ana-

lysiert zu lassen. Anhand der Ergebnisse kann leichter ein Konzept für eine individuelle Wasserbehandlung zur Verbesserung des Schaubildes erstellt werden.

Selbst bei schwerwiegenden Belägen mit vermeintlicher sofortiger Handlungsnotwendigkeit kann in Absprache mit dem zuständigen Sachverständigen oftmals eine Inbetriebreinigung durchgeführt werden (Abb. 2). Kern dieser Anwendung ist der Einsatz speziell auf diese Belagssituation abgestimmter Polymere. Diese vermeiden eine aufwendige chemische Reinigung mit Säure, die zum einen aggressiv auf den Werkstoff des Kessels wirkt und zum anderen hohe Kosten durch den Chemikalieneinsatz und den Anlagenstillstand während der Säuerung verursacht.

Der Erfolg der Maßnahmen wird anschließend anhand der regelmäßig durchgeführten Kesselwasseranalysen überwacht und bei der nächsten Anlagenöffnung auch visuell bestätigt (Abb. 3).

Die stabilisierende und dispergierende Wirkung von Polymeren kann man sich auch in anderen wasserführenden Systemen zu Nutze machen. Polymerhaltige Produkte kommen daher auch bei offenen Rückkühlsystemen sowie in Autoklaven und Pasteuren erfolgreich zum Einsatz. Aufgrund der besseren Zugänglichkeit die-

ser Systeme ist der Erfolg einer Inbetriebreinigung schneller zu bewerten.

› Zusammenfassung

Die effektivste Art, wasserbedingte Ablagerungen in Dampfkesseln zu vermeiden, ist eine geeignete, stets einwandfrei funktionierende Wasseraufbereitung, die Vermeidung von Härteeinträgen über das Kondensat als Folge von Leckagen im Kondensatnetz sowie eine regelmäßige analytische Überwachung von Zusatz-, Speise- und Kesselwasser.

Sollten dennoch Härtebildner in die Kesselanlage eingetragen werden, können sie mit dem Einsatz von polymerbasierten Konditionierungsmitteln stabilisiert, dispergiert und mit der Absalzung und Abschlammung aus dem Kessel ausgetragen werden. Wenn Beläge erst bei einer inneren Revision des Kessels festgestellt werden, können diese in Form einer materialschonenden Inbetriebreinigung abgetragen und aus dem Kessel entfernt werden.

Mit der Dosierung eines geeigneten polymerhaltigen Produktes kommt es abhängig von Belagsstruktur, -stärke und -zusammensetzung bereits nach kurzer Zeit bei laufendem Betrieb zu einer deutlichen Verbesserung des Schaubildes und damit auch zu einer höheren Anlagensicherheit sowie zu einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit beim Kesselbetrieb. ■

› Literatur

1. Meybeck, M.; Kuusisto, E.; Mäkelä, A.; Mälkki, E.: „Water Quality“, In: Bartram, J.; Balance, R. (Hrsg.): Water Quality Monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes, 1996.
2. Mayr, F.: Handbuch der Kesselbetriebstechnik, Kraft- und Wärmeerzeugung in Praxis und Theorie, 12. Auflage, 2009.