

JOT

Journal für Oberflächentechnik

Forschungsstudie

Rätsel um kathodischen
Korrosionsschutz gelöst

Bauteilreinigung

Restschmutzanalyse durch
multispektrale Thermografie

Vorbehandlung

Erhöhte Lack-Haftung dank
Hochvakuum-Technik

Antihaftbeschichtung

Ultradünne Schichten für Formgebungsverfahren



Infrarot-Wärme optimiert Bauteiltrocknung

Das Trocknen von Bauteilen nach der Reinigung ist energieaufwändig und damit teuer. Gleichzeitig motivieren klimapolitische Faktoren verstärkt dazu, Energie effizienter zu nutzen und den Energieverbrauch zu senken. Versuche in der Umlufttrocknungskammer einer Durchlaufreinigungsanlage zeigten, dass der Einsatz von Infrarotstrahlern den Energieaufwand der Bauteiltrocknung um bis zu 43 % senken kann.

Jonathan Magin, Prof. Dr.-Ing. Matthias Weigold, Dörte Eggers, Dr. Marie-Luise Bopp

Die Reinigung von Bauteilen stellt einen wichtigen Prozessschritt in der metallverarbeitenden Industrie dar und gewinnt aufgrund steigender Qualitätsanforderungen an die Bauteiloberfläche an Bedeutung [1]. Mit einem Anteil von über 80 % werden wässrige Reinigungsverfahren eingesetzt, sodass eine nachgelagerte Trocknung erforderlich ist [2]. Für metallische Bauteile werden hierfür in der Industrie aufgrund ihres einfachen Aufbaus und geringer Investitionskosten zumeist konvektive Heißlufttrocknungen eingesetzt [3], [4]. Diese Verfah-

ren haben den Nachteil, dass neben dem Trocknungsgut auch weitere Strukturen der Anlage wie beispielsweise die Trocknungskammer erwärmt werden, woraus Energieverluste resultieren [5]. Zur Steigerung der Effizienz der konvektiven Bauteiltrocknung ist daher ein zielgerichteter Wärmeeintrag in die Bauteile zielführend [6].

Infrarot-Wärme trocknet schneller

Die Trocknung mit Infrarot (IR) gehört neben der Mikrowellen- und Hochfrequenz-

trocknung zu den Strahlungstrocknungsarten. Der Wärmeeintrag erfolgt bei diesen Technologien über elektromagnetische Strahlung, die auf das zu trocknende Gut gerichtet wird. Durch Anregung der Moleküle im jeweiligen Gut entsteht Wärme, die im Falle von Flüssigkeiten zur Verdunstung führen kann.

Als Infrarotstrahlung gilt der Wellenlängenbereich des Lichts, der zwischen 780 nm und 1 mm liegt. Technisch relevant für die Trocknung sind dabei Wellenlängen zwischen etwa 1 µm und 5 µm. Die vom Trocknungsgut absorbierte und in Wärme umgewandelte Strahlung kann maximiert werden, indem die IR-Strahler gemäß ihrer Peak-Wellenlänge passend zur Absorptionskurve des zu trocknenden Materials ausgewählt werden. Der wellenlängenabhängige Absorptionskoeffizient gibt an, welcher Anteil der Strahlung von einem Medium absorbiert wird. Je nach Trocknungsaufgabe kann es entweder sinnvoll sein, den Infrarotstrahler passend zum zu trocknenden Material oder zur zu verdunstenden Flüssigkeit auszuwählen.

In der Praxis wird Infrarottrocknung häufig in Kombination mit Umlufttrocknung eingesetzt [7]. Dabei dient die Infrarotstrahlung dazu, das Trocknungsgut oder die darauf befindliche Flüssigkeit schnell auf eine erhöhte Temperatur zu bringen, um die Verdunstung zu beschleunigen. Die gleichzeitige oder anschließende Umströmung mit einem Gas, meistens Luft, führt dazu, dass bereits verdunstete Flüssigkeit

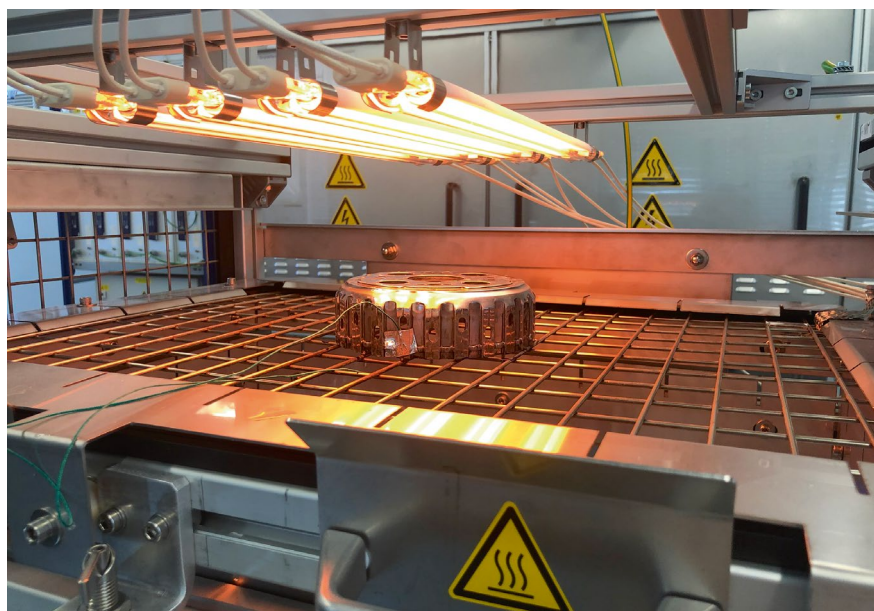


Bild 1 > Führungsscheibe unter den Infrarotstrahlern.

© PTW TU Darmstadt

abtransportiert wird und trockene Luft nachfließt.

Dieses Prinzip wird auch zur Trocknung von Tinten, Farben und Lacken verwendet. Neben einer erhöhten Trocknungsgeschwindigkeit kann durch den Einsatz von Infrarotstrahlern die bauliche Länge der Umlufttrocknungsanlagen teilweise stark verkürzt und Energie eingespart werden.

Versuchsanlage zeigt Einsparmöglichkeiten

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Leistungsoptimierte Trocknung und Sauberkeit“ (LoTuS) wurde unter anderem die Eignung von Infrarotstrahlern für die industrielle Bauteilreinigung untersucht und deren Energieeffizienzpotenzial bewertet. Als Referenzbauteil diente dabei eine für ein Automatikgetriebe bestimmte metallische Führungsscheibe, die auf ihrer Oberseite Sacklöcher aufweist (*Bild 1*). [6], [8] Als erster Schritt wurden Infrarotstrahler der Excelitas Noblelight GmbH speziell für die Trocknung des Bauteils nach dem wässrigen Reinigungsprozess ausgelegt.



Bild 2 > Untersuchte Durchlaufreinigungsanlage.

Aufgrund der geringen Wasserbeladung des Bauteils wurden leistungsstarke kurzwellige Infrarotstrahler verwendet. Deren Peak-Wellenlänge liegt bei etwa 1200 nm und trifft somit nicht direkt das Absorp-

tionsmaximum des Wassers bei circa 3000 nm. Versuche mit dem Referenzbauteil haben jedoch gezeigt, dass das metallische Bauteil durch Strahler dieses Typs schneller aufgeheizt wird als mit anderen

Our Focus: Clean

INNOVATIVE HIGH PURITY
CLEANING SYSTEMS



Experience our
Systems and Solutions:
www.ecoclean-group.net

ECOCLEAN
technology that inspires

SBS ECOCLEAN GROUP
ECOCLEAN UCM MHITRAA



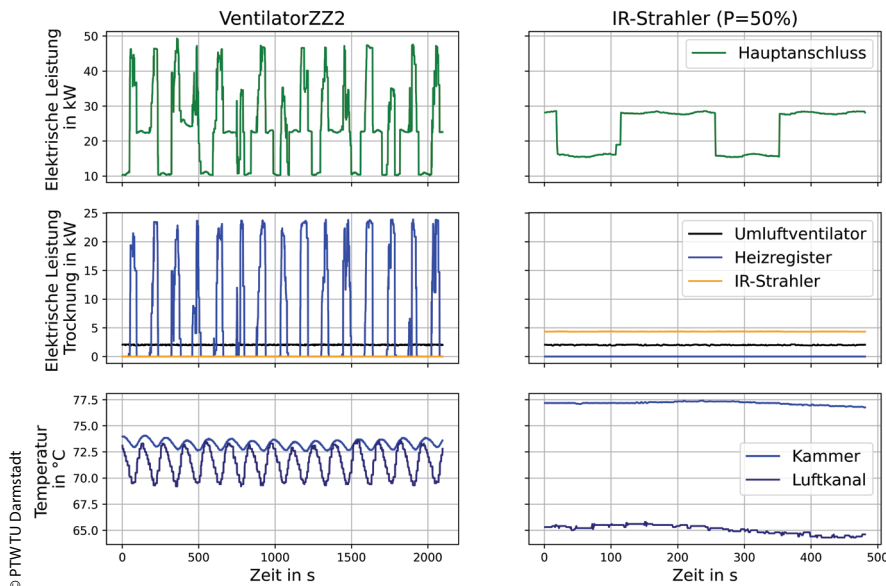


Bild 3 > Leistungs- und Temperaturverläufe im Referenzfall (links) und bei Trocknung mit Infrarotstrahlern (rechts, P=50 %, n=2905 min⁻¹).

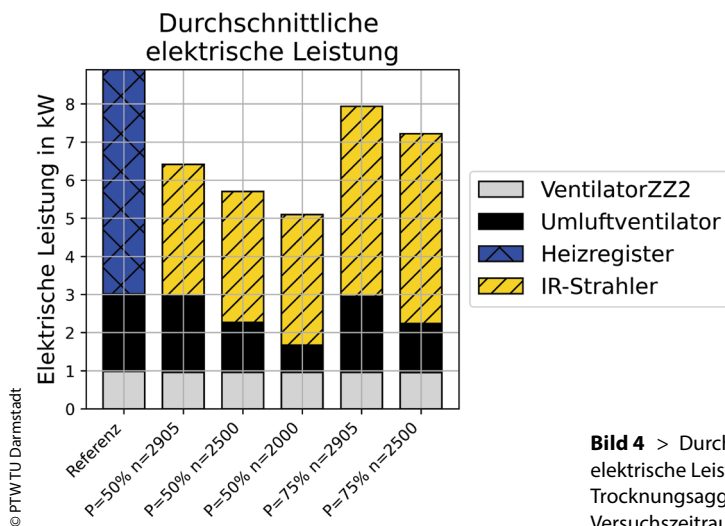


Bild 4 > Durchschnittliche elektrische Leistung der Trocknungsaggregate über den Versuchszeitraum.

Wellenlängen. Durch Kontakt mit dem Bauteil wird entsprechend auch das darauf befindliche Wasser zügig erwärmt und verdunstet.

Als industrieller Anwendungsfall wurden vier der entwickelten Strahler in die konvektive Trocknungszone einer Durchlaufreinigungsanlage der BvL Oberflächen-technik GmbH eingebaut (Bild 2). Sie wurden oberhalb der durchlaufenden Bauteile positioniert, um zu gewährleisten, dass für die Trocknung der Sacklöcher ausreichend Strahlungsleistung vorhanden ist. Zur Bewertung des Energieeinsparpotentials der Infrarottrocknung wurde dann die elektrische Leistung aller Trocknungsaggregate für verschiedene Einstellungen der Infra-

rotstrahler (P = relative elektrische Leistung der Infrarotstrahler in %) und des Umluftventilators (n = Ventilator-drehzahl in min⁻¹) aufgenommen. Für alle Versuchsreihen wurden die Bauteile im 12 s Takt mit Umgebungstemperatur (circa 21 °C) in die Maschine eingebracht.

Im Referenzfall ohne Infrarot erfolgt zunächst eine kurze Vortrocknung durch einen Ventilator in der Zwischenzone 2 (VentilatorZZ2) und anschließend der eigentliche Trocknungsprozess mit dem Umluftventilator, der durch ein Heizregister auf 70 °C Solltemperatur erwärmte Luft auf die Bauteile bläst. Die in Bild 3 dargestellten Verläufe zeigen sowohl die elektrische Leistungsaufnahme des Hauptanschlusses

(oben) und der Trocknungsaggregate (Mitte), als auch die Temperatur im Luftkanal mit dem Heizregister und in der Trocknungskammer selbst (unten). Verglichen wird der Referenzfall (links), mit einem Versuch mit Infrarottrocknung (rechts). Durch die 2-Punkt-Temperaturregelung der Heißluft auf 70 °C ergeben sich Leistungsspeaks bis zur maximalen Leistung von 24 kW des Heizregisters beziehungsweise bis 45 kW am Hauptanschluss) sowie ein wellenförmiger Temperaturverlauf in Kanal und Kammer. Im Gegensatz dazu werden die Infrarotstrahler durchgängig betrieben und weisen eine konstante Leistungsaufnahme auf, sodass durch sie keine Leistungsspeaks entstehen. Durch das zielgerichtete Erwärmen in der Trocknungskammer reduziert sich die Temperatur in den entsprechenden Versuchsreihen im Luftkanal auf 65 °C, während gleichzeitig die Temperatur im Inneren der Kammer auf ungefähr 77 °C steigt.

Bei Variation der Strahlerleistung (P in %) und der Drehzahl des Umluftventilators (n in min⁻¹) lässt sich das gleiche Verhalten beobachten, wobei die elektrische Leistungsaufnahme des jeweiligen Verbrauchers steigt oder sinkt. Zudem haben die Parameter Einfluss auf die Temperatur der Bauteile nach der Trocknung sowie den erreichten Trockenheitsgrad.

Im Referenzfall beträgt die elektrische Leistungsaufnahme der Trocknungsaggregate durchschnittlich 8,9 kW, was 37 % der Leistungsaufnahme am Hauptanschluss entspricht. Von diesen entfällt der größte Anteil auf das Heizregister. Die Infrarotstrahler hingegen weisen eine geringere durchschnittliche Leistungsaufnahme auf, sodass für die Trocknungsaggregate in diesem Betriebsfall nur noch zwischen 5 und 8 kW benötigt werden. Dabei wurden jeweils mit dem Referenzfall vergleichbare Trocknungsergebnisse erzielt. Prozentual bedeutet der Einsatz der Infrarotstrahler eine Reduktion der elektrischen Leistung zwischen 10 und 43 % bezogen auf die Trocknungsaggregate beziehungsweise bis zu 10 % bezogen auf den Hauptanschluss. Die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen sind in Bild 4 grafisch dargestellt.

Infrarot-Wärme spart Energie bei der Trocknung

Durch den Einsatz von Infrarotstrahlern in der Umlufttrocknungszone der Durchlaufreinigungsanlage konnte die durch-

schnittliche Leistungsaufnahme der Trocknungsaggregate um bis zu 43 % gesenkt werden. Die Versuchsreihen haben außerdem gezeigt, dass mit den Infrarotstrahlern Trocknungsergebnisse erzielt werden, die mit dem Referenzfall vergleichbar sind. Bezogen auf den gesamten Reinigungsvorgang konnten durch die Verwendung von Infrarotstrahlern bis zu 10 % elektrischer Energie eingespart werden. Weiterer Vorteil war die im Vergleich zum Heizregister gleichmäßige Leistungsaufnahme während des Trocknungsvorgangs. //

Literaturhinweise

- [1] Koblenzer, G.: Trends in der Automobil-Teilereinigung. In: JOT – Journal für Oberflächentechnik 56 (2016) Nr. 9, S. 74–76
- [2] Rögner, F.-H.: Markt- und Trendanalyse in der Industriellen Teilereinigung 2020. Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP, Dresden 2021
- [3] Mujumdar, A. S.: Handbook of Industrial Drying. 3. Aufl., CRC Press, Boca Raton 2006

- [4] van't Land, C. M.: Drying in the Process Industry. Wiley, Hoboken, N.J. 2012
- [5] Blesl, M.; Kessler, A.: Energieeffizienz in der Industrie. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2017
- [6] Elserafi, G.; von Hayn, A.; Wolf, C.; Eggers, D.; Weigold, M.: Effiziente Trocknung mit Induktion und Infrarot / Efficient Drying with Induction and Infrared – Savings Potential of Alternative Drying Technologies for Energyefficient Parts Drying. In: wt Werkstattstechnik online 112 (2022) Nr. 1/2, S. 16-21
- [7] Bopp, M.-L.: Wasserlacke schneller trocknen. Journal für Oberflächentechnik, In: JOT – Journal für Oberflächentechnik 45 (2005) Nr. 10, S. 80-82.
- [8] Elserafi, G.; von Hayn, A.; Weigold, M.: Leistungsoptimierte Trocknung und Sauberkeit - Projekt LoTuS: Ansätze zur energetischen Optimierung von Reinigungsanlagen mit integrierter Trocknung. In: Industrie 4.0 Management, 37 (2021) Nr. 4, S. 8-11.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projekts LoTuS (Förderkennzeichen 03EN2026), das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert und vom Projektträger Jülich (PtJ) betreut wurde.

Autorinnen und Autoren

Jonathan Magin

ETA | Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion
J.Magin@PTW.TU-Darmstadt.de

Prof. Dr.-Ing. Matthias Weigold

Institutsleiter
M.Weigold@PTW.TU-Darmstadt.de
Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW), TU Darmstadt
www.ptw.tu-darmstadt.de

Dörte Eggers

Simulation Engineer
doerte.eggers@excelitas.com

Dr. Marie-Luise Bopp

Head of Marketing
marie-luise.bopp@excelitas.com
Excelitas Noblelight GmbH
www.excelitas.com



Neue Methoden zur Abwasserbehandlung.

GusChem® - WF20A
bei Behandlungsstart,
GusChem® - WF20B
am Schluss.

Was bringt das?

- **Stabile Flocke**, gut filtrierbar und klares Filtrat
- **Einfache Behandlung** von Komplexbildner haltigem Abwasser
- **Entfernen** von **Verfärbungen** im Klarwasser
- **Verringert** den **CSB-** oder **AOX-Wert** im Abwasser
- **GusChem® - WF20A** wirkt als **Reduktionsmittel** für **Chrom VI**, und fällt **Chrom III** sicher aus (auch aus 3-wertigen Chrombädern!)
- frei von Polyacrylamiden
- kein Gefahrstoff, -gut

Wir helfen gerne bei der Integration in Ihre vorhandene Abwasserbehandlung.



GusChem® - Qualität, die überzeugt!