

Effizientes Trocknen und Vernetzen von wasserlöslichen Lacken mit STIR

Selektiv transformiertes Infrarot (STIR) gibt auf VOC-Ablösung eine positive Antwort

Peter John, Winfried Reh, Ulrich Putzschke

Mit der dringenden Ablösung von Lacken mit schellverdunstenden chemischen Lösungsmitteln durch Lacke mit dem Lösungsmittel Wasser sind zunächst bei gleichen Technologien wesentlich größere Trocknungszeiten und/oder höhere Energiemengen erforderlich. Eine besondere Bedeutung kommt hier dem Infrarot zu. Es ist allgemein bekannt, das Infrarot den großen Vorzug hat, tiefer in ein Gut wie Lackschichten, Kunststofffolien o. Ä. einzudringen. Bei bestimmten Beschichtungen führt das gleichzeitig zu einer unterstützenden Erwärmung des Substrates.

Bei der thermischen Bearbeitung von Beschichtungen mit Infrarot-Systemen müssen deren Emissionsbanden auf die jeweilige Absorption der Güter abgestimmt sein. Bekannt ist aber auch, dass eben die typischen und stärksten Absorptionsbanden von Wasser und vielen Kunststoffen (u. a. die Feststoffanteile im wasserlöslichen Lack) vor allem im Bereich von 3 μm bis 6 μm liegen. Die beste Übereinstimmung mit der Absorption des Wassers und mit Kunststoff hat die Emission eines STIR-Dunkelstrahlers mit 600 °C Emitter-Temperatur.

Einleitung

Bekannt ist, dass Straßen bei gutem Sonnenschein viel schneller trocknen, als wenn der Himmel stark bewölkt ist. Analog trocknet wasserlöslicher Lack mit Infrarot viel schneller als nur unter Konvektion.

Mit der dringenden Ablösung von Lacken mit schellverdunstenden chemischen Lösungsmitteln durch Lacke mit dem Lösungsmittel Wasser sind zunächst bei gleichen Technologien wesentlich größere Trocknungszeiten und/oder höhere Energiemengen erforderlich. So trocknet derzeit ein Stuhlproduzent im Erzgebirge typischerweise unter normalen Raumluftbedingungen Stühle wie folgt:

- 1 h alt mit umweltschädigendem lösungsmittelhaltigen Lack,
- 4 h neu mit umweltfreundlichem wasserlöslichen (WL-) Lack.

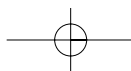
Das ist die Herausforderung für das Finden von effizienteren Technologien. Eine besondere Bedeutung erlangt hier die Energieübertragung durch Strahlung. Schon seit Lan-

gem werden vor allem im industriellen Bereich wasserlösliche Beizen und Lacke auf Holz mit Infrarot getrocknet, aber oft mit höheren Kosten. Es soll hier die Frage beantwortet werden, ob STIR noch effizienter sein kann.

Die Autoren können sich in erster Linie auf sehr gute analoge Ergebnisse aus anderen Anwendungsgebieten z. B. beim Trocknen und Vernetzen von WL-Lackierungen auf PKW-Komponenten aus Kunststoff stützen. Hier kann im industriellen Bereich die Verkürzung der Trocknungszeit wie folgt in der großindustriellen Praxis nachgewiesen werden:

- 12 min mit konvektiven Düsentrocknern,
- 8 min unter hellem, nahem Infrarot (NIR),
- 4 min unter dunklem, selektivem transformierten Infrarot (STIR).

Analoge Ergebnisse werden in der holzverarbeitenden Branche erwartet. Erste Anwendungen auf Holz bestätigen diese Erwartungen.



Welchen Beitrag kann Infrarot hierzu leisten?

Einführendes Beispiel

Anknüpfend an das einführende Beispiel eines Stuhlproduzenten kann mit Infrarot folgende Beschleunigung der Trocken- und Vernetzungszeit erreicht werden:

■ von 60 min ... 10 min mit NIR

■ auf 10 min ... 3 min mit STIR

Außerdem ist der Energieaufwand bei STIR wesentlich geringer. Zeit und Energie sind hier zwei ganz entscheidende Kostenfaktoren, die in Zukunft dominieren werden. Wie ist eine solche verkürzte Trockenzeit bei gleicher oder besserer Oberflächenqualität möglich?

Einige Grundlagen

Die Absorption des Lackes muss unbedingt beachtet werden
Es ist allgemein bekannt, dass helles, kurzwelliges Infrarot den großen Vorzug hat, tiefer in ein Gut wie Lackschichten, Kunststofffolien o. Ä. einzudringen. Bei bestimmten Beschichtungen führt das gleichzeitig zu einer unterstützenden Erwärmung des Substrates.

Bekannt ist aber auch, dass eben die typischen und stärksten Absorptionsbanden von Wasser (s. Abb. 1) und vielen Kunststoffen (u. a. die Feststoffanteile im Wasserlack) vor allem in einem Wellenlängenbereich von 3 bis 6 μm liegen. Für die benötigte Energie zum Trocknen, Erwärmen und/oder Vernetzen der Beschichtung muss also eine Infrarotstrahlungsquelle wirken, die in genau diesem Spektrum den Hauptteil ihrer Leistung emittiert.

Im Kontrast dazu die konvektive Trocknung

Im deutlichen Kontrast zur thermischen Bearbeitung mit Infrarot steht die konvektive Trocknung von Lacken.

Konvektive Wärme ist dadurch gekennzeichnet, dass die Eindringgeschwindigkeit der Wärme in die Schicht i. d. R. langsamer erfolgt als beim Infrarot. Dazu wird bei der Konvektion i. d. R. nicht nur das Beschichtungsmaterial, sondern auch das Substrat massiv erwärmt. Bei IR dominiert i. d. R. die Erwärmung des Beschichtungsmaterials durch den geziel-

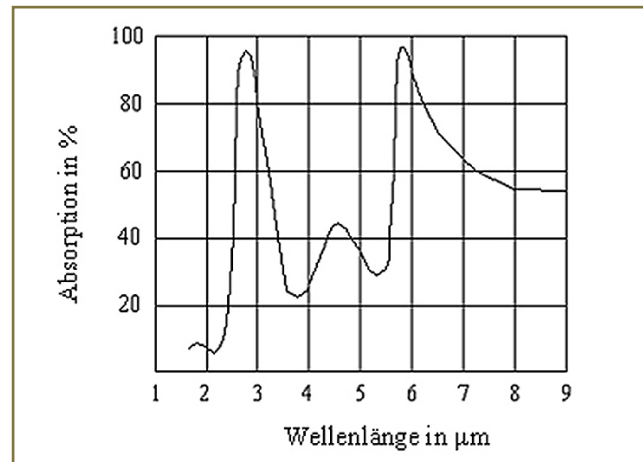


Abb. 1: Absorptionsspektrum von Wasser mit den Maxima bei 2,7 μm und 5,7 μm

Fig. 1: Absorption spectrum of water with max. value at 2,7 μm and 5,7 μm

ten Eintrag der Strahlungswärme. Der große Vorteil der Konvektion im Vergleich zur Strahlung liegt hier insbesondere in der leichten Möglichkeit des Eintrags der Wärme in alle möglichen räumlichen Anordnungen. Die Spektralbereiche der Absorption des Lackes beim Trocknen sind dabei nicht von Bedeutung.

Die passende Emission finden

Im Gegensatz dazu müssen bei der thermischen Bearbeitung von Beschichtungen mit Infrarot-Systemen deren Emissionsbanden auf die jeweilige Absorption der Güter abgestimmt sein. Abbildung 2 zeigt die unterschiedliche Über-

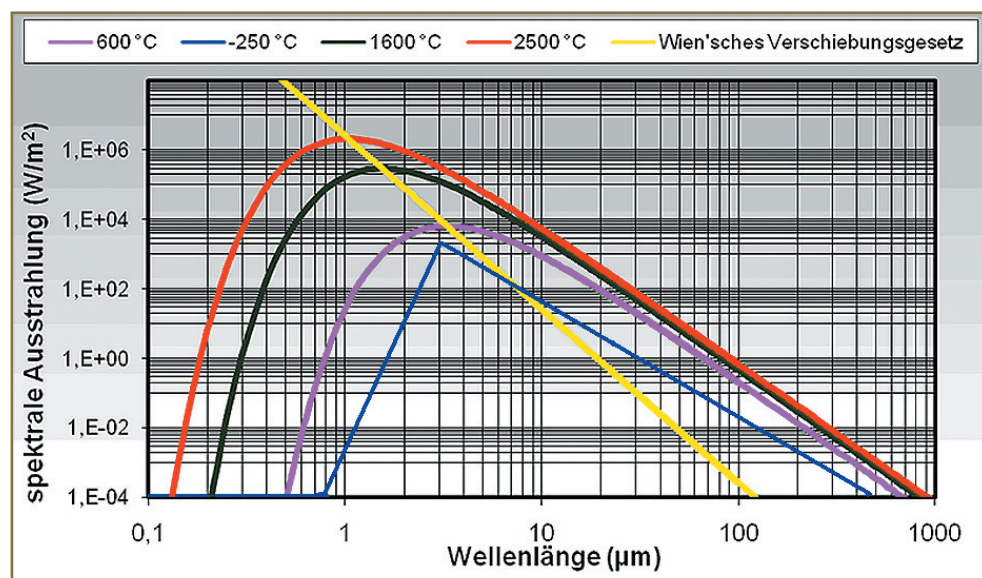


Abb. 2: Emissionsleistung und Spektralbereich von drei typischen Infrarotstrahlern und Absorption von Wasser

— Helles Infrarot (z.B. NIR) mit 2500 °C max. Leistung bei $\lambda = 1,00 \mu\text{m}$
— Mittlers Infrarot mit 1600 °C max. Leistung bei $\lambda = 1,55 \mu\text{m}$
— Dunkles Infrarot (z.B. STIR) mit 600 °C max. Leistung bei $\lambda = 3,32 \mu\text{m}$
— Absorptionsspektrum Wasser mit Maximum bei $\lambda = 3,0 \mu\text{m}$ (schematisch)

Fig. 2: Emission performance and spectrum from three typical infrared radiators and absorption of water

einstimmung der Emissionswerte mit der Absorption des Wassers. Die beste Übereinstimmung mit der Absorption des Wassers und im Sinne von Abbildung 2 auch mit dem Kunststoff hat ein Dunkelstrahler mit z. B. 600 °C Emittentemperatur. Jede Abweichung von der Absorptionskurve des Gutes kann prinzipiell als nicht produktiv genutzte Energie charakterisiert werden. Mit dem Wien'schen Verschiebungsgesetz (gelbe Linie) kann man berechnen, mit welcher Temperatur ein Infrarotstrahler betrieben werden muss, um bei der bekannten Wellenlänge mit besten Absorptionseigenschaften die maximale spektrale Ausstrahlung (Energieübertragung durch Strahlung) erzielt werden kann.

Zum selektiven Strahlungsverhalten

Wenn die Strahler gemäß Abbildung 2 zusätzlich Eigenschaften aufweisen würden, die einem ausgeprägten selektiven Strahlungsverhalten entsprechen, dann könnte eine weitere Annäherung von Emission und Absorption im Sinne der Verbesserung der Energieeffizienz erfolgen. Die STIR®-Technologie arbeitet mit Keramiken, die solche Eigenschaften besitzen. Abbildung 3 zeigt verschiedene selektive Strahlungsspektren von STIR-Keramiken im Vergleich zum Schwarzen Strahler ($\epsilon = 1$) und zu Stahl. Die Beschichtung eines herkömmlichen Stahlstrahlers mit einer STIR-Keramik verbessert dessen Emissionsgrad in Annäherung zum idealen Schwarzen Strahler signifikant.

Das Ziel der STIR-Technologie besteht darin, eine optimale Übereinstimmung von Emission der Strahler und Absorption des Gutes (hier der Schicht auf einem Substrat) zu erzielen. Man kann diesen Zustand als Energieübertragung bei Resonanz bezeichnen.

Vorteile, Ergebnisse und Chancen

Vorteile

Aufgrund der günstigeren Wirkprinzipien im Vergleich zur konvektiven Trocknung und im Vergleich zum Trocknen mit kurz- und mittelwelligem Infrarot hat die STIR-Technologie beim Trocknen von WL-Lacken auf Holz deutliche Vorteile:

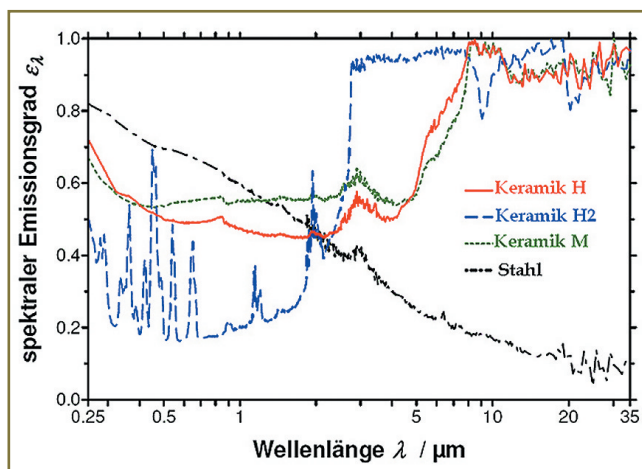


Abb. 3: Selektives Strahlungsverhalten verschiedener STIR-Keramiken

Fig. 3: Selective radiation of different STIR-ceramics

a) wesentliche Verkürzung der Trocknungs- und Vernetzungszeiten von 100 % (konvektiv) auf 20 % (STIR) mit den damit verbundenen weiteren Vorteilen

- geringere thermische Belastungen für das Substrat (z. B. Holz),
- geringere Quellwirkung der Holzfasern wegen der schnelleren Abführung des Wassers, ggf. geringerer Schleifaufwand und ggf. Einsparung einer Lackschicht sowie
- Verkürzung der Trocknerlänge bei Durchlauftrocknern;

b) deutliche Senkung des Energieaufwandes von 100 % (helles Infrarot) auf 50 % ...30 % (STIR). Insofern hat die Senkung des Energieaufwandes für die Kostenreduzierung eine Schlüsselstellung.

Erste Ergebnisse beim Trocknen von WL-Lacken auf Holz

Venjacob Maschinenbau GmbH & Co. KG

Die Trockenzeit eines Hydro-UV-Klarlackes (Auftragsmenge 95 g/m²) konnte wie folgt verkürzt werden:

| Bisher: Standardtrocknung | Neu: forcierte Trocknung | Prozesszeit verkürzt auf: |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 6-Etagentrockner: 10 min | STIR – Strahler: 1 min | |
| Düsentrocknenkanal: 3 min | Düsentrocknenkanal: 4 min | |
| Summe: 13 min | Summe: 5 min | 38% |

Wemhöfner Surface Technologies GmbH & Co. KG

Zur Trocknung einer wasserlöslichen 1-K-Acrylat-Dispersion als Grundierung stehen umgerechnet nur 2 Sekunden Trocknungszeit zur Verfügung.

| Vorgabe Lackhersteller | realisiert mit STIR | Prozesszeit verkürzt auf: |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Konvektion: 50 °C | Strahlertemperatur: 600 °C | |
| Trockenzeit: 60 s | Trockenzeit: 2 s | 3% |

HÜLSTA – Werke GmbH & Co. KG

Zur Steigerung der Anlagenproduktivität musste die bisherige Trockenzeit von WL-Beize unter mittelwelligen Strahlern noch weiter verkürzt werden.

| Mittelwellige Strahler | STIR-Strahler | Prozesszeit und Energie gesenkt auf: |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| installierte Leistung: 10 kW | installierte Leistung: 10 kW | |
| Trockenzeit: 30 s | Trockenzeit: 20 s | 67 % |

Zusätzlich zu Zeiteinsparung konnte noch eine Verbesserung der Qualität bestätigt werden.

Chancen

In Verbindung mit der Verkürzung der Prozesszeiten werden gleichzeitig große Potenziale zur Energieeinsparung erschlossen.

Damit wird zusätzlich zur Einführung von WL-Lacken ein weiterer Beitrag zum Umweltschutz geleistet.

Für kleinere Unternehmen, die ohne thermische Nachverbrennung arbeiten müssen, bietet sich hier die Chance, die gesetzlichen Vorgaben (Einhaltung Emissionsgrenzwerte) umzusetzen, ohne prozesstechnische Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.

Autoren

Dr. Peter John studierte Maschinenbau an der TU Dresden/Ingenieurökonomie und bekleidete danach Führungsfunktionen im Schwermaschinen- und Anlagenbau der DDR. Nach der Promotion an der TU Magdeburg und der Habilitation an der TU BAF Freiberg gründete er im Jahr 2000 die IBT.InfraBioTech GmbH in Freiberg, als deren Geschäftsführer er heute Forschung und Entwicklung zur STIR-Technologie betreibt.

Dipl.-Ing. Winfried Reh studierte an der Hochschule für Verkehrswesen in Dresden. Er betreute danach internationale Projekte im Technologietransfer als Projektingenieur und ist heute Geschäftsführer für Projektmanagement, Vertrieb und Controlling der IBT.InfraBioTech GmbH.

Dipl.-Ing. Ulrich Putzschke studierte Technische Thermodynamik an der TH Karl-Marx-Stadt und übte danach Leitungsfunktionen in Bereichen der thermischen Verfahrenstechnik, der Verifizierung und Validierung sowie der Prozessentwicklung der Nasslackierung aus. Er betreibt heute Forschung und Entwicklung zur STIR-Technologie bei der IBT.InfraBioTech GmbH. u.putzschke@infrabiotech.de; www.infrabiotech.de.

ABSTRACT

Efficient drying of water-soluble coatings with STIR

With the required replacement of chemical solvents by water-soluble solvents for coatings significant higher drying times and equal or higher energy consumption are necessary using the present technology. In this case the infrared technology will become more and more important. It is known, that infrared will penetrate deeper into coatings and plastic films. For some coatings the heating of the substrate will be supported, if required.

The emission spectrum of infrared systems should be adapted to the absorption of the objects during the thermal treatment of coatings. It is also known, that the typical and highest absorption values of water and of many plastics (see water soluble coating) are in the range of 3 μm up to 6 μm . The best correspondence with the absorption spectrum of water and plastics can be achieved with a STIR-emitter (dark radiator) at e.g. 600°C emitter temperature.