

Strahlungserwärmung für Produkttemperaturen von 60 bis 2.000° C

Die Erwärmung von Oberflächen und Körpern mittels Wärmestrahlung ist ein bekannter Wärmeübertragungsmechanismus. Die für die Wärmeübertragung häufig genutzte Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung liegt im Infrarotbereich. Ebenso werden für Erwärmungsaufgaben ultraviolette Strahlung oder Mikrowellen eingesetzt. Diese sollen hier aber nicht weiter betrachtet werden (**Bild 1**).

beschichtungen kommen ohne Strahlungsheizungen nicht mehr aus. Auch andere industrielle Verfahren wie die Kunststoffbe- und -verarbeitung oder Großbäckereien nutzen die Vorzüge von Wärmestrahlern und Strahlungsöfen.

Der wesentliche Vorteil von Wärmestrahlung gegenüber Konvektion oder Wärmeleitung ist die deutlich höhere übertragene Leistung bei gleicher Temperaturdifferenz. Nach dem Strahlungsgesetz von

deutlich höher als die Temperatur konventioneller industrieller Heizkörper. Durch diese beiden Faktoren resultiert, im Vergleich zur konvektiven Wärmeübertragung oder Wärmeleitung, die deutlich höhere Leistungsdichte/Wärmestromdichte. Es kommt zu einer wesentlich schnelleren Erwärmung auf die jeweilige Zieltemperatur.

Um die Vorteile der Strahlungswärme auch im Temperaturbereich oberhalb 300 °C zu nutzen, haben sich vor allem



Bild 1: Strahlungsarten im elektromagnetischen Spektrum (Quelle: InfraBioTech GmbH)

Das Verfahren der Infraroterwärmung findet in der Gebäudeheizung aber auch in der Industrie breite Anwendung. Moderne Trocknungsanlagen für Lacke und Pulver-

Stefan/Boltzmann geht die Temperatur in die Berechnung der Strahlungsleistung mit der vierten Potenz ein. Zusätzlich ist die Temperatur der Infrarotstrahler in der Regel

KIR-Strahler (Kurzwellige-Infrarot-Strahler) etabliert. Mit diesen Strahlern ist es möglich, eine sehr schnelle und gezielte Aufheizung zu realisieren. Diese Eigenschaften

werden beispielsweise in der Halbleiter- und Solarzellenproduktion genutzt. In sogenannten RTP-Anlagen (rapid thermal processing) werden Wafer mit KIR-Strahlern aufgeheizt. Dabei sind Temperaturgradienten von 2.000 K/min durchaus üblich. **Bild 2** zeigt beispielhaft einen solchen Temperaturverlauf [1]. Solche extrem schnellen Aufheizgeschwindigkeiten sorgen dafür, dass die Erwärmung nur an der Oberfläche bzw. in den oberen Schichten der Bauteile erfolgt. Es ist häufig nicht notwendig bzw. auch nicht erwünscht die Bauteile vollständig zu durchwärmen.

Auch andere Anwendungen erfordern einen schnellen

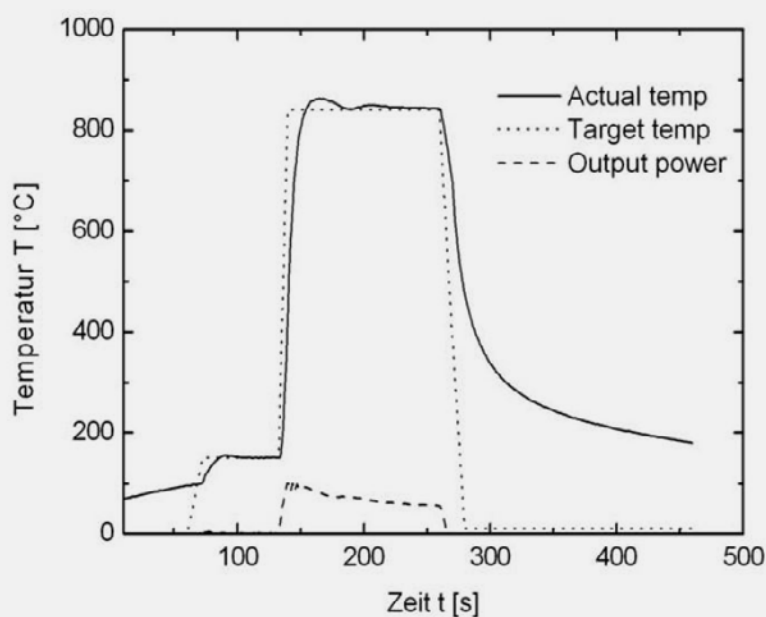


Bild 2: Temperaturverlauf eines RTP-Prozess



Bild 3: Infrarotstrahler im Einsatz (Quelle: InfraBioTech GmbH)

Wechsel zwischen Heizen und Abkühlung. Beispielsweise wird diese gezielte Temperaturbehandlung beim Aufschäumen von Aluminiumgranulaten genutzt. Das diffizile Gleichgewicht zwischen Porenbildung, -verteilung und -größe ist nur mit einer sehr schnellen und punktgenauen Temperaturbehandlung einzustellen. Hier zeigt sich, dass der Einsatz von Infrarotstrahlern deutliche Vorteile gegenüber konventioneller Beheizung hat (**Bild 3**).

Für den Einsatz der Infrarotstrahler in Temperaturbereichen über 300 °C sind zusätzliche konstruktive Maßnahmen notwendig. Die eingesetzten Materialien der Strahler wie Wolframdrähte und Quarzglasrohre sind für Temperaturen bis 1.100 °C einsetzbar und somit unproblematisch.

Anders verhält es sich bei den Kontaktbereichen der Strahler. Die hier verwendeten Materialien und Verfahren zur Kontaktierung verbunden mit dem gleichzeitigen Übergang zu Luftatmosphäre gestatten

keine Temperaturen über 250 °C. Oft sind hier auch keramische Sockel an den Strahlern befestigt, was durch die unterschiedliche Wärmedehnung der Materialien ebenfalls die zulässige Umgebungstemperatur einschränkt (**Bild 4**).

Von den Herstellern solcher Strahler werden hier Lösungen angeboten, welche den Kontaktbereich in kältere Areale der Anlagen verschieben. Dadurch werden die Strahler aber Sonderanfertigungen, was sie verteuert und die Verfügbarkeit im Ersatzfall einschränkt.

Zur Nutzung von Standard-Strahlern muss also der Kontaktbereich gekühlt werden. Hierbei haben sich Konstruktionen aus Aluminium oder Kupfer mit integrierter Wasserkühlung bewährt. Diese können gleichzeitig mit den Reflektoren verbunden werden. Durch den Einsatz der Wasserkühlung ist hier eine Oberflächenbeschichtung mit hohen Reflektionsgraden möglich. Eine solche Konstruktion schützt

den Kontaktbereich der Strahler zuverlässig und sorgt gleichzeitig für eine Begrenzung der Oberflächentemperatur der Strahler. Ein zusätzlicher Einsatz einer Wärmedämmung entfällt. Dies sorgt für einen platzsparenden Aufbau der gesamten Anlage.

Aus dem oben beschriebenen Aufbau resultiert eine sehr geringe „thermische Masse“. Es gibt nur wenige Einbauten, welche Wärme speichern können. Dadurch werden auch ohne besondere Maßnahmen sehr hohe Abkühlgeschwindigkeiten erreicht. Die so aufgebauten Systeme sind in ihren Heiz- und Kühlzyklen sehr flexibel. Eine relativ freie Anordnung der Strahler über den Bauteilen ermöglicht auch eine Beheizung inhomogener Bauteiloberflächen. Ebenso sind sehr viele verschiedene Prozessgasatmosphären realisierbar.

Besondere Beachtung ist beim Einsatz von Infrarotstrahlern der elektrischen Steuer- und Regeltechnik zu widmen. Nur wenn das Aufheizverhalten der Strahler und die

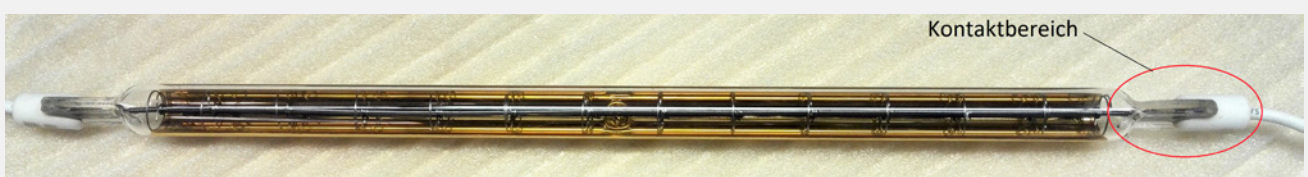


Bild 4: Infrarotstrahler mit Kontaktbereich (Quelle: InfraBioTech GmbH)

Charakteristik der Steuerung aufeinander abgestimmt sind, können die gewünschten Ergebnisse erzielt werden. Das gilt besonders für die folgenden Steuerungskomponenten, die passend zum thermischen Prozess ausgewählt werden müssen:

- Pyrometer mit passendem Spektralbereich und Messfleck zur Temperaturerfassung am Bauteil
- Eventueller Einsatz von Thermoelementen am Strahler zur Regelung in Heizpausen
- Halbleiter-Relais oder Thyristorsteller zur Impuls- oder Phasenanschnittsteuerung der Strahler.

Bei Temperaturen oberhalb von 1.100 °C ist der Einsatz von Infrarotstrahlern nicht mehr wirtschaftlich sinnvoll. Es werden vorzugsweise klassische elektrische Heizelemente wie Widerstandsdrähte, keramische Heizelemente, Rohr- oder Mäanderheizkörper verwendet. Aber auch hier ist (mit steigender Temperatur) der Strahlungsanteil dominierend in der Gesamtwärmeübertragung.

In Industrieöfen mit Gasatmosphären (Luft oder Schutzgas) ist dieser Effekt nicht ganz so deutlich. Durch den konvektiven Anteil der vorhandenen Gase und die deutlich geringere Temperaturdifferenz, im Vergleich zu den oben beschriebenen Systemen, wird der Einfluss der Wärmestrahlung etwas verfälscht. Die Beheizung erfolgt hier also als Kombination aller Wärmeübertragungsarten, wobei die Wärmestrahlung gerade bei Anlagen oberhalb 1.500 °C im Vordergrund steht.



Bild 5: Vakuumofen, 2.400 °C, metallisch beheizt (Quelle: InfraBioTech GmbH)

Wesentlich deutlicher tritt die Wärmestrahlung bei Systemen ohne Gasatmosphären hervor. In Vakuumöfen oder Anlagen mit geringen Partialdrücken ist sie wieder der wesentliche Wärmeübertragungsmechanismus. Verstärkt wird dies noch durch die hohen Temperaturen, da solche Anlagen häufig im Temperaturbereich von 2.000 °C und höher eingesetzt werden. In **Bild 5** ist beispielhaft ein solcher Vakuumofen dargestellt.

Die Fa. IBT InfraBioTech GmbH realisiert mit ihren Industrieöfen komplexe thermische Prozesse für Lebensmittel Trocknung, Backen, Lacktrocknung, Kunststoff- und Verbundwerkstoffverarbeitung, Metallverarbeitung und in der Keramik für alle gängigen Temperaturbereiche.

LITERATUR

- [1] Dipl.-Ing. Maria Mühlbauer: Dünne kristalline Silicium Wafersolarzelle mit Glasträger stabilisiert. Dissertation Fern-Universität in Hagen, 2009

Autoren:
Dr. **Hendrik Richter, Uwe Lotze**

Kontakt:
IBT InfraBioTech GmbH
Freiberg
Tel.: 03731 / 1683-0
ibt@infrabiotech.de
www.infrabiotech.de