

elektro wärme international

Zeitschrift für elektrothermische Prozesse

Elektrisch beheizte Umluftöfen am Beispiel des Lösungsglühens von Aluminiumbauteilen

Electrically heated air circulation furnace, for example for solution glowing
of aluminium parts

Claus Cotta, Ellen Drott, Gerd Seydenschwanz
Linn High Therm GmbH

erschienen in elektrowärme international 1/2007

Vulkan-Verlag GmbH, Essen

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Stephan Schalm, Telefon 0201/82002-12, E-Mail: s.schalm@vulkan-verlag.de

Elektrisch beheizte Umluftöfen am Beispiel des Lösungsglühens von Aluminiumbauteilen

Electrically heated air circulation furnace, for example for solution glowing of aluminium parts

Von **Claus Cotta, Ellen Drott, Gerd Seydenschwanz**

Wie sind elektrisch beheizte Umluftöfen aufgebaut und was ist bei der Auslegung der Ofen-Baugruppen zu beachten, damit die Wärmeübertragung auf die Charge überwiegend durch erzwungene Konvektion erfolgt? Dazu werden im folgenden Beitrag Umwälzventilator mit Umluftleiteinrichtung, Heizung, Isolierung, Regelung und nicht zuletzt die Charge selbst näher betrachtet. Das Ergebnis der Optimierung zeigen Messungen, die in einem Sonder-Umluftkammerofen durchgeführt wurden. Aus den Kurven ist ersichtlich, dass die erzwungene Konvektion nachweislich zu einer kürzeren Aufheizzeit und zu einer hohen Temperaturgleichmäßigkeit im Ofen führt. Ferner wird im Beitrag eine technische Lösung beschrieben, die zur Aufgabe hatte, bei entsprechenden Aluminiumbauteilen durch den thermischen Prozess des Lösungsglühens (Gefügeumwandlung des Werkstoffes) und das anschließende Abschrecken in Wasser, eine Härtesteigerung des Ausgangsstoffes zu erreichen.

How are the electrically heated air circulation furnaces built and what is to be occurred so that the heat transfer to the charge is mainly executed by forced convection? For that purpose the air circulation fan including air guiding system, heating, insulation, control unit and not at last the charge have to be considered. The result of the optimization is shown in the measurements which were done in a special air circulation furnace. In the graphs is shown that the forced convection evidently directs to a shorter heating up rate and to a high temperature accuracy in the furnace. Furthermore a technical solution is described in order to increase the hardness of aluminium parts using the thermal process of solution glowing and following rinsing (structure conversion of the material).

Einleitung

Durch den erhöhten Bedarf an Hochleistungsbauteilen und High-Tech-Produkten aus Leichtmetalllegierungen oder Buntmetallen besteht im Industrieofenbau auch ein steigender Bedarf an Umluftöfen. Die Bauteile erfordern eine Wärmebehandlung bei einer sehr guten Temperaturverteilung im Nutzraum und eine schnellere Wärmeübertragung. Das erreicht man nur durch erzwungene Konvektion.

Wärmebehandlungsöfen mit Umluftzirkulation finden ihre Anwendung dort,

wo die Wärmeübertragung auf die Charge überwiegend durch Konvektion erfolgt. Dies sind z. B. Erwärmungsanlagen für Halbzeuge aus Leichtmetalllegierungen oder Buntmetallen, deren geringe Wärmestrahlungsabsorption wegen der meist blanken Oberfläche eine konvektive Wärmeübertragung notwendig macht.

Leichtbauteile mit höchstmöglicher Festigkeit ersetzen mehr und mehr herkömmliche Materialien, was sich besonders in der Automobilindustrie, der Luftfahrttechnik, der Aluminiumindustrie und beim Wärmebehandeln von Mag-

nesium widerspiegelt. Typische Anwendungsbeispiele sind:

- das Anlassen von Getriebewellen für die Automobilindustrie,
- die Erwärmung von Leichtmetall-Motorenhäusen für Motorräder,
- die Wärmebehandlung von Federn aller Art, unter anderem für Kugelschreiber und für den Maschinen- und Fahrzeugbau,
- die Erwärmung von Aluminium-Rohren für hydraulische Antriebe,
- das Vorwärmen von Schäumwerkzeugen aus Leichtmetall,
- sowie die Wärmebehandlung von Aluminium-Bratpfannen für den Hausgebrauch.

Aufbau und Funktion

Elektrisch beheizte Umluftöfen bestehen aus dem Ofenraum, der Umluftleiteinrichtung mit Umwälzventilator, der elektrischen Heizung, der Isolierung, dem Ofengehäuse und der Schalt- und Regelanlage (**Bild 1**).

Die konvektive Wärmeübertragung wird durch strömende Luft/Gase realisiert (Arbeitstemperaturen bis ca. 950 °C). Als Strömungsmotor kommt ein Umwälzventilator zum Einsatz. Den Ventilator kann man so in den Kreislauf einbauen, dass entweder eine vertikale oder eine horizontale Strömung realisiert wird.

Bei Vertikalbetrieb befindet sich der Ventilator in der Ofendecke (Bild 1) oder im Boden, bei Horizontalbetrieb dagegen in der Rückwand, der Tür oder in einer Seitenwand (je nach Ofentyp).

Welche Strömungsrichtung beim Ofenkonzept gewählt wird, richtet sich u.a.

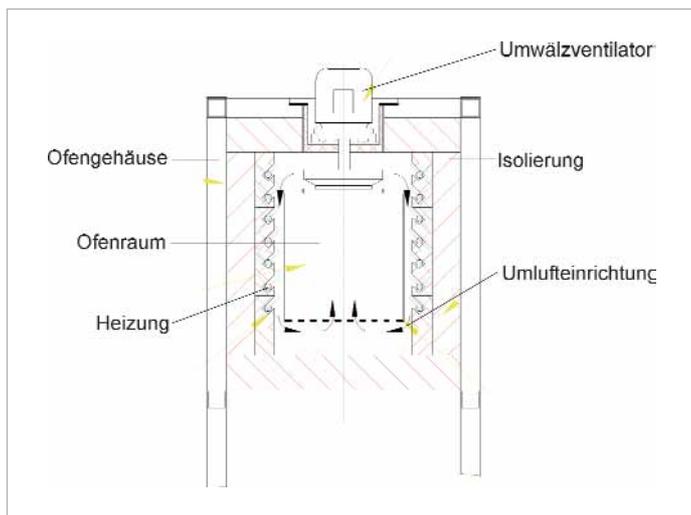


Bild 1: Prinzipdarstellung
Fig. 1: View of principle

nach 10 Minuten erreicht ist, bei der Aufheizkurve ohne Umluftbetrieb (Simulation) dagegen erst nach ca. 17 Minuten.

Einen Überblick der Temperaturverteilung zeigt **Bild 5**. Vergleicht man die Temperaturen an den einzelnen Messpunkten in Chargennähe, so differieren sie nur um ca. 5 K. Die Kundenvorgabe wurde damit mehr als erfüllt.

Der eigentliche homogene Nutzraum beträgt etwa 75 % des Ofenraumes. Das heißt, in diesem Raum werden die geforderten 250 °C +/- 5 K eingehalten.

Bild 6 stellt den gleichen Ofen ohne Umluftbetrieb dar (Simulation). Es ist gut zu erkennen, dass nur etwa 20 % des Ofenraumes als eigentlicher Nutzraum dient.

In dem übrigen Raum werden die 250 °C +/- 5 K weit überschritten.

Umluftleinrichtung

Die Umluftleinrichtung dient sowohl zur Abschirmung der Heizung gegenüber dem Nutzraum als auch zur Umluftführung.

In einer industriellen Wärmebehandlungsanlage mit konvektivem Wärmeaustausch wird die Strömung üblicherweise im geschlossenen Kreislauf geführt.

Die Strömungsführungen verbinden auf der Zuströmseite und auf der Abström-

nach der Art der Charge und der Art der Wärmebehandlung.

Ein Beispiel für Horizontalbetrieb zeigt **Bild 2**. Dort befindet sich der Radialventilator in der Ofentür eines Kammerofens mit gasdichter Muffel. Das Medium wird axial angesaugt und anschließend radial mit hoher Umfangsgeschwindigkeit wieder ausgeströmt. Die Schirmbleche dienen zur Strahlungsisolierung.

Bei **Bild 3** ist der Umwälzventilator im Deckel eines Schachtofens mit schutzgasdichter Retorte eingebaut. Zum Be- und Entladen wird der komplette Deckel mit dem Umwälzgebläse angehoben und zur Seite weggeschwenkt.

Messungen, die in einem Umluftkammerofen von Linn High Therm (Ofentyp FU-1000/500/1300/500) durchgeführt wurden, bestätigen, dass die erzwungene Konvektion zu einer kürzeren Aufheizzeit und zu einer besseren Temperaturgleichmäßigkeit im Ofen führt. Dieser Sonderofen (675 Liter Ofenraum) dient unter anderem zum Anlassen von Blechbiegeteilen und Federn. Die Vorgabe vom Kunden lautete: Arbeitstemperatur 250 °C +/- 5 K im Nutzraum mit der Charge.

Aus **Bild 4** ist ersichtlich, dass bei der Aufheizkurve mit Umluftbetrieb die am Regler eingestellte Solltemperatur von 250 °C (gemessen in der Kammermitte)

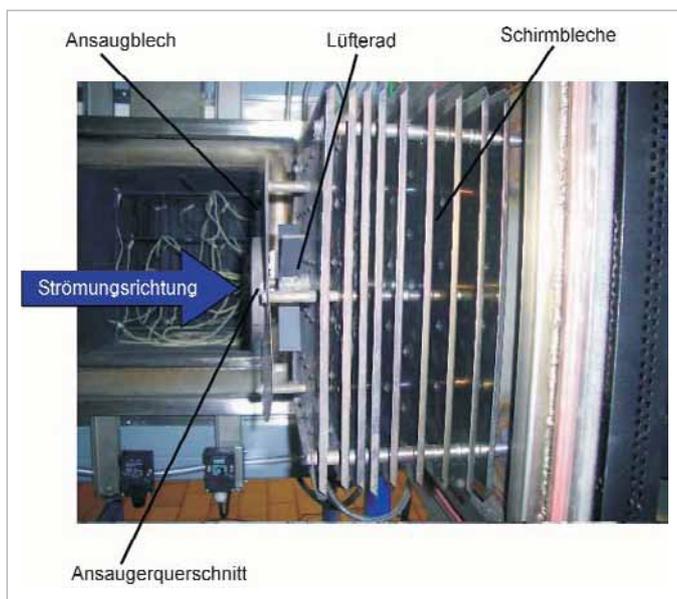


Bild 2: Umwälzventilator in der Tür des Schutzgaskammerofens Linn-Ofentyp KS-S
Fig. 2: Recirculating fan in the door of the Linn KS-S type inert-gas chamber furnace

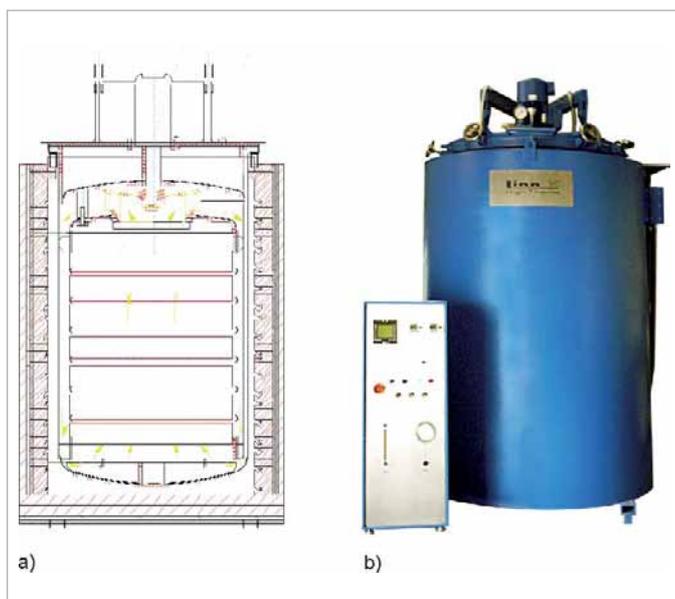


Bild 3: Schachtofen mit schutzgasdichter Retorte
Fig. 3: Shaft furnace with inert-gas-tight retort

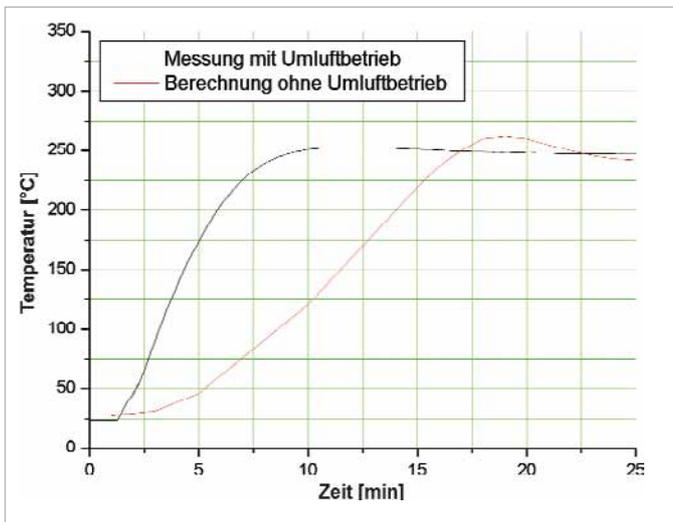


Bild 4: Aufheizkurven, Linn-Ofentyp FU-1000/500/1300/500
Fig. 4: Heating-up curves, Linn FU-1000/500/1300/500 furnace

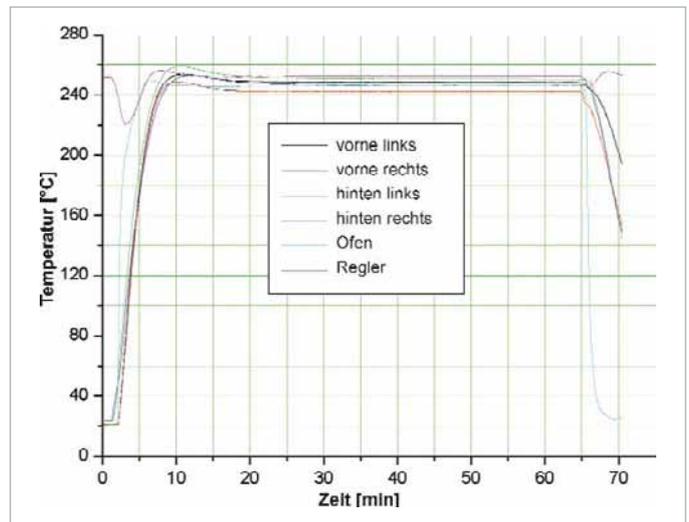


Bild 5: Temperaturverteilung, Linn-Ofentyp FU-1000/500/1300/500
Fig. 5: Temperature distribution, Linn FU-1000/500/1300/500 furnace

seite den Ofenraum mit dem Umwälzventilator.

Bei der Gestaltung der Strömungsführungen vom Umwälzventilator zum Ofenraum ist zu beachten, dass die Strömung gleichmäßig und mit einem möglichst geringen Strömungswiderstand erfolgt. Strömungsverzweigungen und die Umlenkung der Strömung beim Eintritt in den Ofeninnenraum vermindern die Strömungsgeschwindigkeit. Das kann auch zu Verwirbelungen mit Toträumen führen, wodurch die Temperaturgleichmäßigkeit im Ofen beeinträchtigt wird.

Deshalb sind Form und Anordnung der Luftleitbleche (Prallbleche) von großer

Bedeutung, um Umlenkerluste minimal zu halten. Aber auch allgemeine Wärmeverluste durch technisch bedingte Wärmebrücken im Ofen sind zu bedenken (z. B. Tür-, Bodenbereich).

Die Luftleitbleche sollten also differenziert und flexibel angeordnet sein mit dem Ziel einer optimalen Wärmeübertragung auf die Charge.

Das Strömungssystem kann durch Berechnungen entsprechend ausgelegt werden. Dies ist unter Beachtung aller Randbedingungen und einem mit Wärmegut bestückten Ofen nicht ganz einfach.

In der Ofenbau-Praxis greift man deshalb in den meisten Fällen auf sichere

Erfahrungswerte zurück. Letztendlich erfolgt die Optimierung der Strömungsbleche aber direkt beim Einfahren der Ofenanlage unter Produktionsbedingungen.

Umwälzventilator

Bei der Auswahl eines geeigneten Umwälzventilators ist das Betriebsverhalten unter Berücksichtigung der Einbausituation zu bedenken.

Je nach Hauptdurchströmungsrichtung des Laufrades unterscheidet man verschiedene Bauformen von Umwälzventilatoren, wie **Tabelle 1** zeigt.

Die Ventilatorleistung richtet sich nach dem Volumen des Ofeninnenraumes.

Proportionalitätsgesetz: $P \sim V$

Beispiel:

Geht man von einem Luftwechsel von ca. 30 1/min. des Ofeninnenvolumens aus, ergibt sich bei einem Volumen von 1 m³ die Ventilatorleistung von 30 m³/min.

Die häufig eingesetzten Radialventilatoren mit Luftkühlung (bis 850 °C) werden überwiegend mit Drehstrom-Asynchronmotoren angetrieben. Eine Drehzahlstellung mit Frequenzumrichter ist damit problemlos möglich. Nachteilig ist aber, dass mit abnehmender Drehzahl die Eigenkühlung der Motorwelle bzw. des Motors immer schlechter wird. Für solche Anwendungen bieten sich Umwälzventilatoren mit Zwangskühlung an (z. B. Wasser- oder Pressluftkühlung).

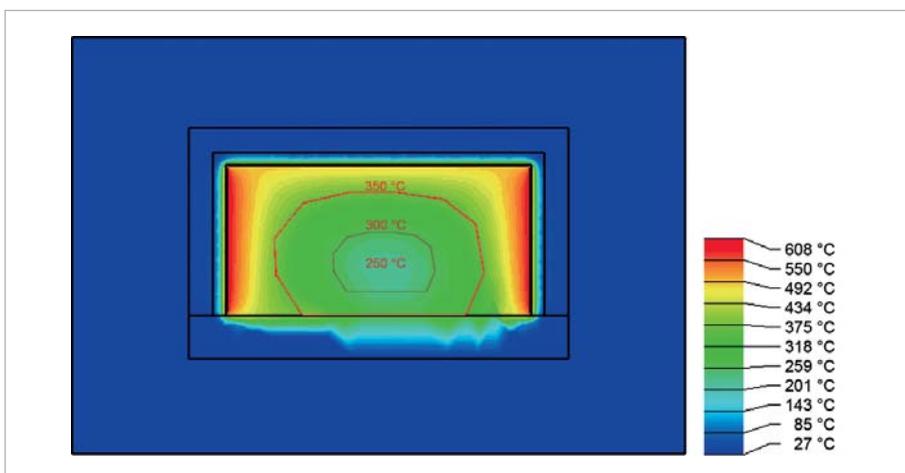
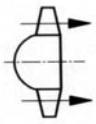
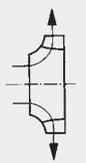
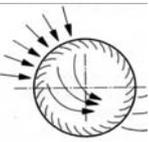


Bild 6: Temperaturverteilung, Simulation ohne Umluftbetrieb, Linn-Ofentyp FU-1000/500/1300/500

Fig. 6: Temperature distribution, simulation without air-circulation, Linn FU-1000/500/1300/500 furnace

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von Umwälzventilatoren
Table 1: The advantages and disadvantages of recirculating fans

Umwälzventilatoren	Funktionsschema	Temperatur-einsatzbereich	Vorteile / Nachteile
Axialventilatoren	 Strömungsführung axial-axial	vorwiegend bis ca. 600°C	<ul style="list-style-type: none"> fördern hohe Volumenströme bei relativ kleiner Baugröße erzeugen meist nicht so große Druckerhöhungen wie die Radialventilatoren erfordern üblicherweise einen außenwandnahen Einbau, was die Zu- bzw. Abströmsituation erschwert
Radialventilatoren	 Strömungsführung axial-radial	bis ca. 1000°C; bei Temperaturen über 600°C meist in Umluftöfen zu finden	<ul style="list-style-type: none"> haben eine interne Strömungsumlenkung (90°) deren Laufräder können mit der größten Umfangsgeschwindigkeit betrieben werden sind vielfach Einzelanfertigungen (Heißgasventilatoren) erfordern über 900°C eine Zwangskühlung des Motors (z.B. mit Wasser oder Pressluft)
Querstromventilatoren	 Strömungsführung radial-radial	bis ca. 500°C	<ul style="list-style-type: none"> können an die jeweilige Anlagenbreite angepasst werden ermöglichen eine gleichmäßige Beaufschlagung von breiten Arbeitsflächen (ohne Leiteinrichtungen) haben vergleichsweise einen niedrigen Wirkungsgrad

Heizung

Je nach Arbeitstemperatur werden bei den elektrisch beheizten Umluftöfen unterschiedliche Heizelemente eingesetzt. Dabei muss die maximal zulässige Oberflächentemperatur der Heizelemente berücksichtigt werden. **Tabelle 2** gibt einen Überblick der Heizelemente, wobei Angaben für die Arbeitstemperaturen nur Richtwerte sind.

In der Regel wird die Heizung direkt im Umluftsystem angeordnet. Das ist optimal für eine schnellere Wärmeübertragung (Bild 1). Eine zweite Einbauvariante ist die Anordnung der Heizung im Ofenraum (Bild 3).

Bei beiden Varianten muss die Heizungsanordnung so erfolgen, dass weder örtliche Leistungskonzentrationen noch

Bereiche mit unzureichender Wärme entstehen.

Temperaturunterschiede, die auf Grund von Wärmeverlusten auftreten, lassen sich durch die Heizungsaufteilung in mehrere Heiz- und Regelzonen ausgleichen. Die Heizzone, die sich unmittelbar an die Türöffnung/Deckelöffnung anschließt, wird z. B. mit einer erhöhten Heizleistung ausgelegt.

Heizung, Umluftführung und Ventilator müssen im Komplex so ausgelegt sein, dass die Wärmeübertragung auf die Charge überwiegend durch erzwungene Konvektion erfolgt.

Isolierung

Die Auswahl der Wärmedämmstoffe richtet sich nach der maximalen Ofenin-

nentemperatur unter Berücksichtigung der vom Kunden geforderten maximal zulässigen Gehäuseaußentemperatur. Üblicherweise ist es eine Kombination verschiedener Materialien, die man aufgrund von Wärmedurchgangsberechnungen zusammenstellt.

Eine komplette Faserauskleidung des Ofens ermöglicht relativ schnelle Aufheiz- bzw. Abkühlgeschwindigkeiten, wogegen ein Ofen mit Steinauskleidung träger reagiert.

Bei empfindlichen Chargen erfolgt ferner die Dämmstoffauswahl so, dass ein Lösen und Aufwirbeln von Partikeln durch den Umluftstrom vermieden wird.

Regelung

Die Wahl der entsprechenden Regeltechnik und die optimale Anordnung der Thermolemente sind wichtige Voraussetzungen für die Erzielung einer hohen Temperaturgleichmäßigkeit im Ofen. Aussagen über die Temperaturverteilung beziehen sich üblicherweise auf einen leeren Nutzraum.

Die Temperaturverteilung im Ofen mit Charge ist logischerweise von Fall zu Fall unterschiedlich (Art der Charge, massiv / hohl, wie beladen- kompakt / aufgelockert u.s.w.)

Die Regler sollten eine Regelgenauigkeit von mindestens +/- 1 K haben, was bei modernen Reglern auch schon in den unteren Preisklassen erreicht wird.

Für die Thermolemente wählt man solche mit Grenzabweichung nach IEC 584-2, Klasse 1.

Wird eine Temperaturverteilung von +/- 3 K und besser gefordert bzw. bestehen hohe Anforderungen an die absolute Temperaturgenauigkeit, ist es aber ratsam, kalibrierte Thermolemente mit Prüfprotokoll zu verwenden.

In den Umluftöfen für die Wärmebehandlung von Metallen kommen bei Linn High Therm Mantelthermolemente NiCr-Ni (Typ „K“) mit Inconel-Mantel zum Einsatz. Diese sind robust im Aufbau und damit sehr unempfindlich gegenüber Schwingungen, mechanischer Beschädigung, Alterung durch die Ofenatmosphäre usw. Bei Arbeitstemperaturen bis 400 °C und hohen Anforderungen an die Messgenauigkeit werden auch Widerstandsthermometer PT 100 in 3-Leiterschaltung eingesetzt.

Tabelle 2: Heizelemente für Umluftöfen
Table 2: Heating elements for recirculating-air furnaces

Heizelemente	Arbeitstemperatur	Oberflächentemperatur der Heizelemente
• gerippte Rohrheizelemente	bis 550°C	max. 750°C
• Rohrheizelemente	bis 600°C	max. 800°C
• Heizspiralen in Rillensteinen oder auf Tragrohren	ab 550°C bis 950°C	max. 1400°C

Die Thermolemente dienen:

1. zum Zweck der Erzielung einer hohen Temperaturgleichmäßigkeit (Prozessregler)
2. zum Zweck der Temperaturbegrenzung (Sicherheitsregler)

zu 1. Thermolemente, die auf den Prozessregler geführt werden

Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass die Einbaulage der Regelthermolemente von Fall zu Fall unterschiedlich sein kann und zwar:

- a) im Umluftsystem
- b) im Nutzraum
- c) in Chargennähe

Die Position hängt u.a. von der Art der Charge ab. Bei der Einbaulage a) ist das Thermolement unmittelbar dort angeordnet, wo der Umluftstrom in den Ofenraum eintritt. Vergleichsmessungen im Nutzraum sind dabei empfehlenswert.

Bessere Ergebnisse der Temperaturgleichmäßigkeit erzielt man, wenn das Regelthermolement direkt bis in den Nutzraum ragt- Einbaulage b).

Bei Linn High Therm hat man z. B. gute Erfahrungen damit gemacht, wenn das Thermolement im Abstand von etwa ein Drittel der Nutzraumtiefe zum Umlüftventilator eingebaut ist (horizontale Strömung).

Die Einbaulage c) wird als Kaskadenregelung ausgeführt. Das heißt, ein Thermolement befindet sich im Umluftstrom und ein zweites direkt an / in der Charge. Bei der Kaskadenregelung wird der Sollwert vom Umluftstromregelkreis über den Chargenregelkreis ständig verändert, damit er sich der aktuellen Temperatur an / in der Charge anpasst.

Durch diese Regelung wird ein sensibler Aufheizvorgang erreicht und ein Überheizen der Charge ausgeschlossen.

Die Kaskadenregelung wird u.a. bei der Wärmebehandlung von Hohlwellen angewendet.

zu 2. Thermolemente, die auf den / die Temperaturbegrenzer geführt werden

Diese Thermolemente befinden sich direkt in Heizungsnahe. Sie begrenzen die maximale Heizelementtemperatur und schützen den Ofen vor Überheizung bei einem möglichen Ausfall des Prozess-

reglers. Die Temperaturbegrenzer können von außen zugänglich oder im Gehäuse der Schalt- und Regelanlage fest eingestellt sein.

Charge

Bei der Ofenplanung stehen die Charge und der Prozess im Mittelpunkt. Aussagen vom Kunden über Material, Form, Größe und Gewicht sollten vorliegen. Außerdem spielt eine Rolle, ob die Teile dick- oder dünnwandig sind und ob sie kompakt oder aufgelockert bzw. lose oder im Chargiergestell in den Ofen eingebracht werden. Nicht zu unterschätzen ist ferner das Problem, wenn die Charge sowohl dick- als auch dünnwandige Zonen aufweist, da hierbei die Durchwärmzeiten stark differieren. Die Bestückungs-/ Besatzdichte hat zum Beispiel einen großen Einfluss auf das Ergebnis der Temperaturverteilung. Einzel gestapelte Hohlwellen können gleichmäßiger von der Umluft umströmt werden als im Gegensatz dazu Schüttgut von Kleinteilen in einer Gitterboxpalette. Entsprechend wird sich das auf die Temperaturgleichmäßigkeit in der Charge auswirken.

Ofentyp

Neben der Art der Charge bestimmen Prozessablauf, Wärmebehandlungsprofil und die technologische Verkettung den jeweiligen Ofentyp und die Nutzraumgröße.

Umluftöfen für die Wärmebehandlung von Metallen fertigt Linn High Therm als Kammeröfen, Herdwagenöfen, Durchlauföfen, Schachtofen, Truhenöfen / Toplader, Drehherdöfen, Paternosteröfen sowie als komplexe Ofenanlage mit Handlingsystemen und Verkettungen.

Standardmäßig sind Kammeröfen der Baureihen KK-U bzw. KS-S im Fertigungsprogramm (bis 460 Liter Ofenraumgröße).

Die KK-U-Baureihe mit Luftumwälzung gibt es für die Temperaturbereiche 550 °C, 850 °C oder optional bis 950 °C. Schutzgasdichte Öfen mit Gasumwälzung der Baureihe KS-S sind bis 1050 °C im Angebot (als Option mit Vakuumbetrieb).

Sie vereinigen die klassischen Vorteile des Umluftofens (hohe Temperaturgenauigkeit und schnellere Wärmeübertragung) mit der Möglichkeit, unter neutraler oder reduzierender Atmosphäre

verzunderungsfrei arbeiten zu können (besonders beim Entbindern von MIM-Teilen).

Die KS-S-Öfen werden aber auch zum Gasnitrieren und Nitrokarbonieren eingesetzt. Bei diesen Prozessen ist die Gasumwälzung für eine homogene Verteilung der Reaktionsgase notwendig.

Lösungsglühanlage in Ausführung als Überkopfofen mit Beschickungsöffnung im Ofenboden

Basierend auf der Aufgabenstellung des Kunden, nach Lieferung einer Anlage für das Lösungsglügen von Alu-Blechen (550 °C), positioniert in einem Transportgestell, mit automatischem Abschrecken des Materiales und automatisiertem Prozessablauf, wurde eine Anlage konzipiert mit Anordnung des Abschreckbeckens unter dem Ofen zwecks Realisierung eines möglichst kurzen Transportweges der Charge.

Zur Erhöhung der Glühkapazität des Ofens wurde ein Wechselsystem für die Beschickung der Anlage auf Basis von speziellen Transportgestellen vorgesehen.



Bild 7: Grundkonzept als Überkopfofen
Fig. 7: Basic concept of overhead furnace type

Zur Erhöhung der Kapazität und des Durchsatzes der Ofenanlage wurden diese Transportgestelle speziell auf das Produkt abgestimmt.

Kurze Aufheizzeit und räumliche Temperaturverteilung von max. +/- 5 K sowie die Überwachung der Kühlwassertemperatur haben die Aufgabenstellung abgerundet. Die beschränkten Platzverhältnisse stellten eine weitere Herausforderung an den Ofenbauer.

Auf Grund der vorgenannten Aufgabenstellung wurde das System als Überkopffofen mit unter dem Ofen angeordneten Wasser-Abschreckbad und vorge-setztem Transport- und Verfahrenssystem gestaltet (**Bild 7**).

Transportsystem

Das Transport- und Beschickungssystem (**Bild 8**) wurde durch ein auf einem Wagen aufgesetztes Transportgestell realisiert. Ein spezielles Aufnahmesystem dient zur Aufnahme der Werkstücke.

Auf Grund der thermischen Belastung und der im Prozessverlauf folgenden Abschreckung auf Raumtemperatur wurde ein entsprechender Werkstoff für diesen Anwendungsfall gewählt. Das Wagensystem ist als Rahmenkonstruktion mit unten liegender Transportkette ausgebildet und vor der Ofenanlage in entsprechender Beladehöhe angeordnet.

Der bestückte Warenträger wird bei Programmstart durch einen frequenzge-

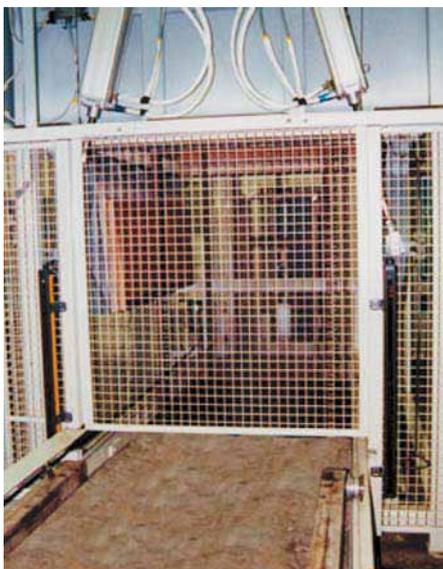
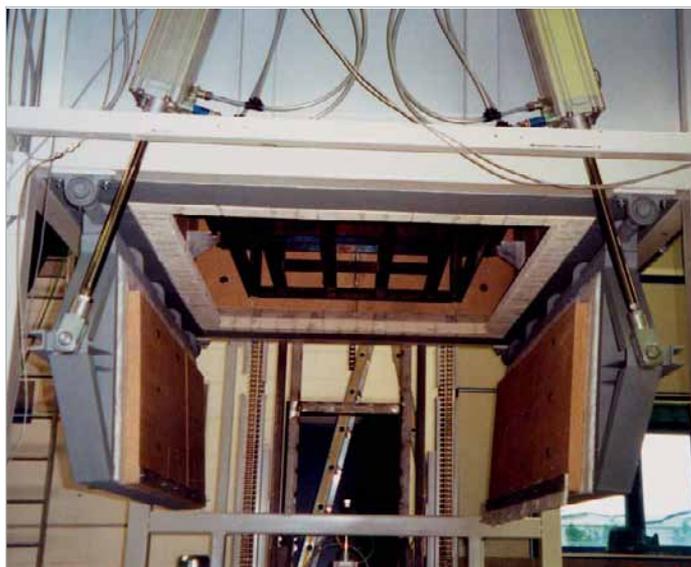


Bild 8: Transport- und Beschickungssystem
Fig. 8: Conveying and charging system

Bild 9: Überkopffofen in geöffnetem Zustand

Fig. 9: Overhead furnace, view when open



steuerten Getriebemotor und eine Transportkette in die Übergabeposition unter der Erwärmungsanlage transportiert. Dort wird das Gestell ausgekoppelt und die Transporteinrichtung fährt in die Ausgangsposition zurück.

Hubsystem

Als Hubsystem zum Beschicken des Ofens und zum Absenken der Warenträger wurde ein speziell für diese Anwendung konzipiertes Hubsystem eingesetzt. Dieses ist mit einem Aufnahme-arm versehen, der beim Absenken der Hubeinrichtung über den Warenträger selbständig in die Aufnahmelaschen des Warenträgers einrastet.

Vier synchron laufende Transportketten heben das Gestänge und den Warenträger an und bringen ihn in den Nutzraum der Anlage. Dort wird das Gestell bis zum Absenken bzw. Beenden des Wärmebehandlungsprozesses gehalten. Die Absenkung des Gestelles erfolgt auf gleichem Weg wie bei der Übergabe an das Aufnahmesystem im Abschreckbad. Zur Realisierung der Prozessparameter muss dieser Ablauf in einer Zeit von <= 6 s erfolgen.

Überkopffofen

Die langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Fertigung von Umluftofenanlagen hat zu einem spezifischen System geführt.

Der Ofen ist als Bodenlader, mit vierseitig beheizter Ofenkammer und in der Decke angeordneten Heißgas-Umwälzventilatoren ausgeführt. Die Positionie-

rung der Heißgas-Umwälzventilatoren mit einem Volumenstrom von 2 x 70 m³/min ermöglicht eine effiziente Wärmeübertragung.

Die Gestaltung der Einströmöffnungen im unteren Teil der Ofenkammer und die speziell angeordneten Luftleitbleche gestatten eine gezielte Luftführung über das zu erwärmende Gut. Die Umwälzventilatoren saugen die erwärmte Luft radial an und verteilen diese durch entsprechende Düsen über die an den vier Seiten angeordneten Heizeinrichtungen (vertikale Luftführung).

Für den Einsatzfall wurde ein gestaffeltes, hochwertiges Isolationssystem aus Mineralfaserplatten und Vermiculitplatten gewählt, das die Anforderungen an die Isolationswerte erfüllt und minimale Wärmeverluste gewährleistet.

Aufgrund der Nutzraumabmessungen von 1300 mm x 1800 mm x 1550 mm (BxHxT) wurde die Ofenöffnung mit pneumatisch zu betätigenden, nach unten öffnenden zweiflügeligen Klapptüren ausgerüstet (**Bild 9**). Diese Gestaltung erlaubt ein schnelles Öffnen der Ofenkammer und auf Grund der Anordnung der Lüftersysteme geringe Wärmeverluste beim Chargiervorgang.

Abschreckbad

Unterflur wurde ein Abschreckbad mit integrierter Aushebeeinrichtung, Umlaufkühlung und Wasserstandsüberwachung angeordnet.

Zur Rückkühlung des Wassers wurden die Innenseiten des Kühlwasserbehälters mit einem System von Kühlschlangen

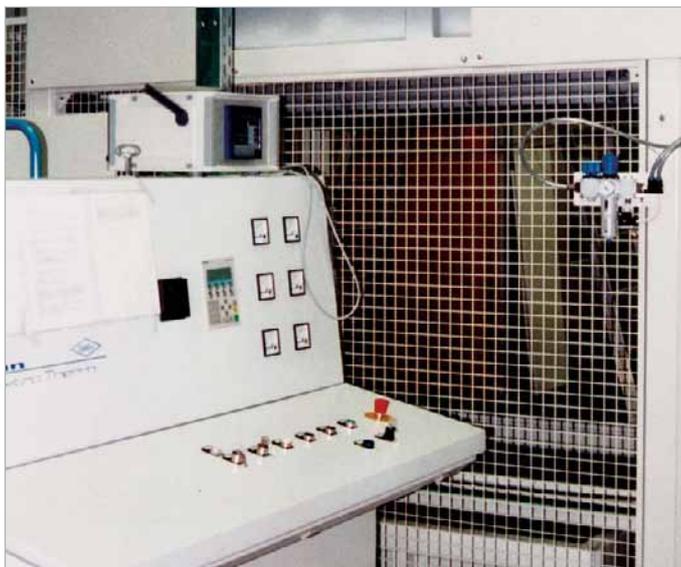


Bild 10:
Separates
Steuerpult

Fig. 10:
Separate control
panel

versehen, die mit einem kundenseitigen Wärmetauscher gekoppelt sind. Der Zulauf ist mit einem Schwimmerschalter, unter Berücksichtigung des Wasserstandes, gekoppelt und ermöglicht eine automatische Zudosierung des Kühlwassers bei Unterschreitung des Füllstandes.

Das im Abschreckbad angeordnete Aushebesystem hebt die eingebrachte Charge um 50 mm an und aktiviert durch diese Bewegung das Transportsystem. Eine oszillierende Bewegung dieses Systems ermöglicht eine effiziente und schnelle Abkühlung des eingebrachten Gutes.

Nach erfolgter Abkühlung wird der Warenträger auf die Entnahmeposition angehoben und auf das Transportsystem abgesetzt. Eine variabel wählbare Verweilzeit ermöglicht die Einstellung der Abtropfzeit nach Bedarf und Bauteilgeometrie, um eine übermäßige Austragung von Wasser zu vermeiden.

Steuerung und Protokollierung

Alle Steuer- und Bedienelemente sind in einem separat stehenden Schaltpult untergebracht (**Bild 10**). Die Regelung erfolgt mit einem, dem Anwendungsfall entsprechenden Programmregler, der alle vom Kunden geforderten Abläufe und Parameter realisiert.

Für die Erfassung der Temperaturverteilung im Ofenraum und zum Nachweis der Einhaltung der geforderten Temperaturtoleranz von $\pm 5\text{K}$ ist die Anlage mit vier zusätzlichen Thermoelementen ausgestattet.

Dokumentiert werden Isttemperatur über die Zeitachse (5 Messstellen), die Solltemperatur und Haltezeit, Datum und Uhrzeit sowie interne Chargennummer und firmeninterne Kennzeichnung.

Die Darstellung des Prozessablaufes an einem externen Monitor und der Ausdruck dieser Parameter sind Stand der Technik.

Weiterhin ist auf Grund der Anlagenkonzeption die Verwendung entsprechender Sicherheitstechnik, wie Einhausung der Anlage, Sicherheitsverriegelung von Bedien- und Wartungsöffnungen realisiert gemäß der entsprechenden Vorschriften.

Verfahrensschritte

Der Gesamttablauf der Anlage stellt sich wie folgt dar:

- Beladen des Gestelles mit Glühgut
- Öffnen des Ofenbodens und Absenken der Hubeinrichtung
- Verfahren der Charge unter die Hubeinrichtung
- Anheben der Charge und Transfer in den Ofen
- Schließen der Ofentüren und Start des Heizprogrammes
- Rücklauf des Transportwagens in Beladeposition
- Beladen des zweiten Gestelles
- Nach Ablauf des Glühprogrammes erfolgen das Öffnen der Türen und Absenken der Charge in das Abkühlbecken auf den Ausheber des Wasserbeckens,

- Anheben der Hubeinrichtung auf Beladeposition,
- Oszillierende Bewegung der Ware im Abschreckbecken mittels Ausheber des Wasserbeckens,
- Einfahren der zweiten Charge unter die Hubeinrichtung und Einbringen in die Ofenkammer,
- Schließen der Tür und Start des Heizprozesses,
- Anheben der Charge Nr. 1 und Aufsetzen auf den Transportwagen,
- Nach dem Absenken des Aushebers und Ablauf der Abtropfzeit fährt der Transportwagen in die Entladeposition.

Fazit

Die beschriebene Funktionsweise der Lösungsglühanlage zeigt eine Möglichkeit, wie durch die Anpassung eines grundlegenden und gängigen Erwärmungsverfahrens an die Anforderungen des Kunden eine komplexe Ofenanlage gestaltet werden kann. Zur Realisierung aller erforderlichen Prozessschritte und deren Änderung ist durch den gewählten Aufbau Hand- und Automatikbetrieb der Einrichtung möglich.

Literatur

Carl Kramer/ Alfred Mühlbauer (Hrsg.): Praxishandbuch Thermoprozess-Technik, Band I: Grundlagen, Verfahren, Vulkan-Verlag, Essen 2002

Claus Cotta

Linn High Therm GmbH

Tel.: 034671 / 689-40
E-mail: c.cotta@linn.de



Ellen Drott

Linn High Therm GmbH

Tel.: 034671 / 689-41
E-mail: drott@linn.de



Gerd Seydenschwanz

Linn High Therm GmbH

Tel.: 034671 / 689-13
E-mail: seydenschwanz@linn.de

