

Direkte Befeuerung von Aluminium-Wärmebehandlungsanlagen

Direct firing of aluminium heat treatment systems

Der Einsatz von Kromschröder-Beheizungs-Systemen ermöglicht eine schadstoffarme Verbrennung auch bei Anlagentemperaturen im Bereich von 200 °C bis 700 °C. Mit Hilfe des modular aufgebauten Systems ist eine Anpassung der erforderlichen Anschlussleistung an die örtlichen Gegebenheiten möglich. Flammenvorsatzrohre am Brenner stabilisieren die Flamme. Das Flammenschutzrohr, in dem der komplette Ausbrand erfolgt, schützt die Flamme vor Auskühlung durch umherströmende Atmosphäre und damit verbundener CO-Bildung. Die Vorteile der direkten Beheizung können somit genutzt werden.

With the use of Kromschröder heating systems, it is possible to obtain combustion of a low polluting level even at system temperatures within the range of 200°C to 700°C. Thanks to the modular structure of the system, it is possible to adapt the required connection rating to suit the local conditions in place. Burner attachment tubes stabilise the flame. The protective flame tube within which the entire combustion process takes place prevents the flame from being cooled by the circulating atmosphere and the associated production of CO. In this way it is possible to exploit the advantages of direct heating.

Einleitung

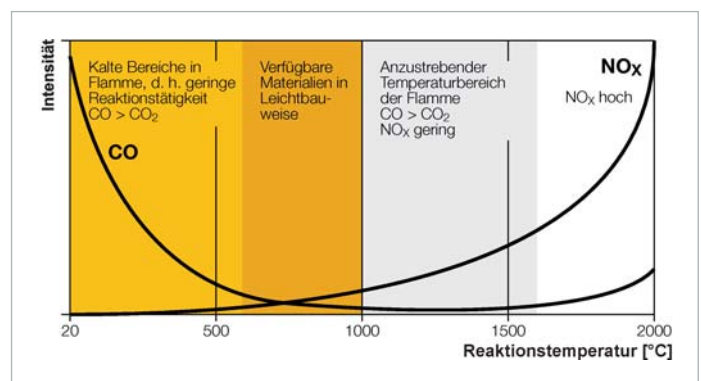
Anlagen im Bereich der Wärmebehandlung von Aluminium werden im Wesentlichen in einem Temperaturbereich von 200 °C – 700 °C betrieben. Bei der Beheizung mit organischen Brennstoffen, in diesem Beispiel mit Erdgas, sind besondere Maßnahmen zu beachten, um eine saubere, abgeschlossene Verbrennung zu erreichen.

Mit Hilfe indirekter Beheizungssysteme kann in einer definierten Brennkammer die Verbrennung gezielt durchgeführt werden, die Abgase werden direkt abgeführt. Der Nachteil dieser Systeme besteht allerdings im deutlich schlechteren Wirkungsgrad, da ein Großteil der eingebrachten Energie über das Abgas verlorengeht.

Dort, wo das Einsatzgut direkt mit dem Abgas in Verbindung kommen darf, bietet sich die direkte Beheizung an, da der gesamte Energiefluss der Anlage zugeführt wird. Da der Aufbau der Anlagen sehr unterschiedlich ist, muss jeweils eine Anpassung des Beheizungssystems an die Anlage erfolgen. Wie dieses unter Verwendung des modularen Kromschröder-Systems möglich ist, wird im folgenden Bericht beschrieben.

Bild 1: Einfluss der Flammentemperatur auf die Entwicklung der Abgasemissionen

Fig. 1: Available materials and the influence of the temperature on the development of flue gas emissions



Einfluss der Temperaturbereiche

In **Bild 1** sind für den Bereich der industriellen Beheizungseinrichtungen drei Temperaturbereiche mit Einfluss auf die Emissionsentwicklung und ein Temperaturbereich mit Einfluss auf die Einsatztemperatur handelsüblicher Stähle dargestellt:

- 20 °C–650 °C in Bezug auf die Bildung von CO,
- 20 °C–1000 °C max. Einsatztemperatur hitzebeständiger Stähle,

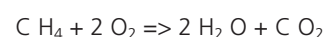
- 650 °C–1600 °C hohe Reaktionsrate CO >> CO₂, geringe NO_x-Bildung,
- 1600 °C–2350 °C in Bezug auf die Bildung von NO_x.

Die max. zulässige Einsatztemperatur von handelsüblichen Stählen findet hier ebenfalls Beachtung, da die Beheizungseinrichtungen oftmals in Leichtbauweise erstellt werden und somit der Einsatz von Brennersteinen nicht möglich ist. Es ist jeweils eine Anpassung der Beheizung an die Anlage erforderlich, aus diesem Grund bietet sich der Einsatz von hoch hitzebeständigem Stahl an.

Da die Wärmebehandlung von Aluminium größtenteils bei einer Temperatur von < 650 °C stattfindet, wird in diesem Bericht besonders auf die Zusammenhänge zur Vermeidung von CO eingegangen.

Reaktionsverhalten von CO

Betrachtet man die Verbrennung von Methan, so stellt sich vereinfacht dar:



Dipl.-Ing. Gerrit Wohlschläger
G. Kromschröder AG,
Osnabrück

Tel. 05 41/12 14-4 62
E-Mail: info@gwi-essen.de



Dipl.-Ing. Werner Liere-Netheler
G. Kromschröder AG,
Osnabrück

Tel.
E-Mail: 05 41/12 14-3 99
w.liere@kromschoeder.com

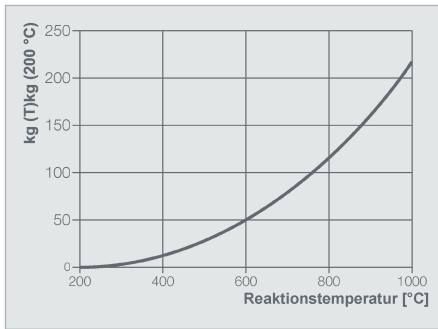
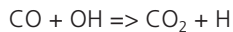


Bild 2: CO Abbau über die Oxidation mit OH-Radikalen als Funktion der Temperatur [1]

Fig. 2: CO reduction through oxidation with OH radicals as a function of temperature [1]

Die Bildung der Endprodukte von Wasser und Kohlendioxid erfolgt in mehreren Zwischenschritten.

Entscheidend hierbei ist unter anderem die Nachreaktion vom CO zum CO₂:



Der CO-Abbau über die Oxidation mit OH-Radikalen ist extrem temperaturabhängig. Im **Bild 2** ist der Reaktionskoeffizient dargestellt, normiert auf 200 °C. Während bei einer Temperatur von 200 °C der Umsatz von CO zu CO₂ vergleichsweise langsam stattfindet, steigt der Reaktionsumsatz bei 600 °C auf das 50-fache an. Ab einer Temperatur von > 650 °C geht man davon aus, dass es zu einer sicheren Nachreaktion kommt.

Flammentemperatur

Bild 3 zeigt den Einfluss von Luftzahl und der Luftvorwärmung auf die adiabate Flammentemperatur von Erdgas. Die wirtschaftlichste Verbrennung findet bei nahstöchiometrischer Einstellung ($\lambda = 1$) statt.

Bei der Kurve mit einer Lufttemperatur von 25 °C ist beim nahstöchiometrischer Einstellung ($\lambda = 1$) eine theoretische Flammentemperatur von 1920 °C abzulesen. Praktische Messungen haben ergeben, dass aufgrund der Wärmeabgabe (nicht adiabat) Flammentemperaturen zwischen 200 °C

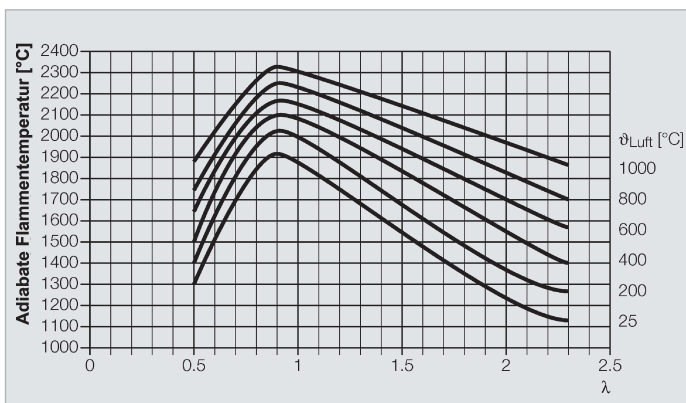


Bild 3: Adiabate Flammentemperatur [2]

Fig. 3: Adiabatic flame temperature [2]

(Freibrand mit Luftüberschuss) und 1600 °C (Betrieb mit Brennerstein) schwanken können. Die Temperaturen hängen im Wesentlichen von der Einstellung und den Umgebungsbedingungen ab.

Gewünschte Anlagentemperatur

Der Prozess bzw. der Besatz der Ofenanlage fordert eine zu regelnde Temperatur. In der Aluminiumverarbeitung liegen diese Temperaturen zwischen 200 °C und 700 °C. Folgt man den oben aufgeführten Darstellungen, so sollte die Temperatur für eine ideale Verbrennung zwischen 650 °C (Nachreaktionstemperatur) und 1000 °C (max. Material-Einsatztemperatur) liegen. Aufgabe ist es nun, durch entsprechende Maßnahmen und Installationen dafür zu sorgen, dass trotz geringer Anlagentemperatur im Bereich des Brenners bzw. der Flamme die Temperatur zwischen 650 °C und 1000 °C beträgt.

Dies gilt insbesondere für die Randbereiche, da die Flamme hier aufgrund zu hoher Temperaturen Bauteile zerstören könnte oder aufgrund zu geringer Temperaturen die Nachreaktion zum CO₂ unterbrochen wird.

Im Flammenkern selbst herrschen deutlich höhere Temperaturen, die jedoch nach Möglichkeit 1600 °C unterschreiten sollten (erhöhte NO_x-Bildung). Im Folgenden werden einige Anwendungen gezeigt, wie diese Anforderungen erfüllt werden können.

Umsetzung und Realisierung

Auswahl und Festlegung der Brenner

Die Ofentemperatur ist, wie schon im Vorfeld beschrieben, ein wesentliches Kriterium zur Auswahl der Mischeinheit im Brenner. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen, wie sie in den hier geschilderten Wärmebehandlungsanlagen üblich sind, wird ein intensiv mischender Brennerkopf mit starker Luftverdrallung und kurzer Flamme gewählt (**Bild 4**). Mit dem radial eingedüsten Gas und intensiver Luftbewe-

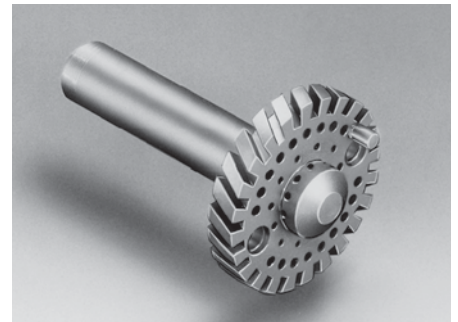


Bild 4: Intensiv mischender Brennerkopf

Fig. 4: Intensive mixing burner head



Bild 5: Flammenschutzrohr mit Brenner

Fig. 5: Protection tube assembly

gung erfolgt ein schneller Ausbrand des Gas-Luftgemisches. Die Auswahl dieses Mischkopfes erlaubt somit die Installation einer kompakten Brennkammer unter Berücksichtigung einer CO-armen Verbrennung bei niedriger Ofentemperatur. Als Brenner wird der modular aufgebaute BIO-Brenner gewählt. Die Modulbauweise erlaubt flexible Anpassungen an

- die Gasart,
- die Einbausituation und
- die Brennerleistung.

Der Brenner wird mit einem Brennervorsatzrohr aus hitzebeständigem Edelstahl ausgestattet. Zusätzlich umgibt den Brenner ein weiteres Rohr (Flammenschutzrohr) aus hitzebeständigem Edelstahl zum Schutz der Flamme vor störenden Einflüssen (z. B. Abkühlung) durch die umströmende Ofenatmosphäre. Somit brennt die Flamme quasi in einer „Minibrennkammer“ (**Bild 5**). Die so geschaffene kompakte Feuerungseinheit ist in zwei bewährten Varianten einsetzbar:

- Abgasaustritt durch die am Ende geöffnete Brennkammer. Diese Einbausituation wird beispielsweise bevorzugt, wenn die vom Ventilator getriebene Ofenatmosphäre eine Umlenkung von der horizontalen zur vertikalen Richtung erfährt (**Bild 6**).
- Abgasaustritt durch die seitlich geöffnete Brennkammer. Diese Ausführung ge-

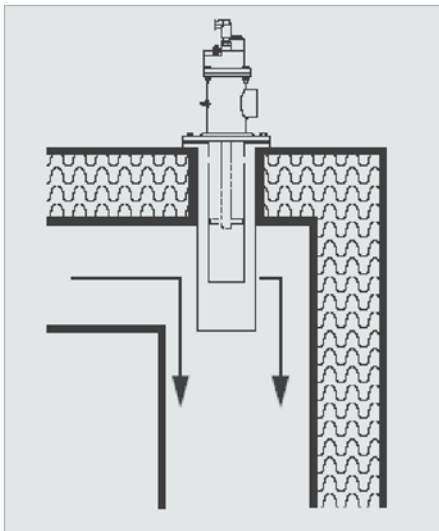


Bild 6: Vorn geöffnetes Schutzrohr
Fig. 6: Open end flame protection tube

währleistet einen vollständigen Flammenausbrand bei seitlicher Anströmung der Brennkammer. Die der Anströmung abgewandte Seite des Flammenschutzrohres ist mit einem Langloch versehen, aus dem die Abgase in den Prozess gelangen (**Bild 7**).

Die Brennerleistung ist an die jeweilige Situation adaptierbar, je nach Prozessanforderung sind Brennerleistungen von 40-1000 kW verfügbar. Das Flammenschutzrohr wird an die jeweilige Einbausituation in Länge und Durchmesser angepasst. Bestimmte Mindestlängen sind allerdings ein-

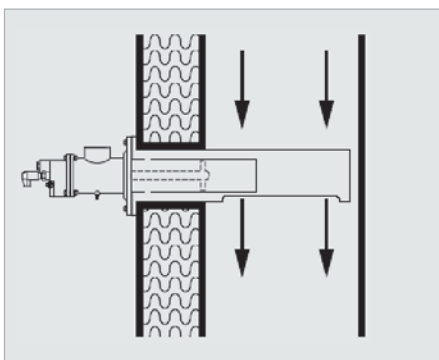


Bild 7: Seitlich geöffnetes Schutzrohr
Fig. 7: Side-open flame protection tube

Bild 8: Komplette Beheizungseinrichtung
Fig. 8: Complete heating unit



zuhalten, da ansonsten ein vollständiger Flammenausbrand nicht sichergestellt ist bzw. das Flammenschutzrohr thermisch überbelastet wird.

Die Messung der Brennerabgase, z. B. zur Einstellung eines bestimmten Gas-Luftgemisches, ist bei Brennerbetrieb ohne Flammenschutzrohr nahezu unmöglich, da sich die Brennerabgase sofort mit der Ofenatmosphäre vermischen. Das Flammenschutzrohr kann daher zu Messzwecken mit einer Abgasentnahmestelle ausgestattet werden, welche die Messung der Brenneremissionen ermöglicht – ohne Beeinflussung durch die Ofenatmosphäre.

Von der Entnahmestelle am Flammenschutzrohr wird eine robuste Rohrverbindung zum äußeren Befestigungsflansch geführt. Der außen am Flansch angebrachte Messstutzen kann dann bedienungsfreundlich mit einem Messgerät verbunden werden. Diese Art der unbeeinflussten Abgasmessung erlaubt in der Folge eine reproduzierbare Einstellung des Brenners.

Brennerregelung

Die Konstanzhaltung des Gas/Luftgemisches über den gesamten Regelbereich des Brenners ist ein wichtiges Kriterium für die Einhaltung gewünschter Abgasgrenzwerte. Gas- und Luftversorgung des Brenners werden daher pneumatisch durch den Gleichdruckregler miteinander verbunden. Über den gesamten Regelbereich des Brenners wird somit ein konstantes Gas-Luftgemisch vorgehalten. Auch bei häufigen oder schnellen Lastwechseln verändert sich das

eingestellte Gemisch nicht. Die stetige Regelung über den typischen Brenner-Bereich 1:10 hat sich bei dieser Art der Anwendung bewährt. Der Regelbereich 1:10 kann durch den Einsatz eines Brenners mit integrierter Grundlastlanze auf bis 1:650 stufig erweitert werden.

Als Stellglied auf der Luftseite dient die flexible Antriebseinheit IC mit der Drosselklappe BVA. Gasseitig hat sich die kompakte und zuverlässige Baureihe Valvario in der Verwendung als Magnetventil (VAS) bzw. Gleichdruckregler (VAG) ausgezeichnet (**Bild 8**).

Fazit

Die Kombination aus Brenner und Flammenschutzrohr hat sich in vielen Anlagen der Aluminium-Wärmebehandlung bewährt. Durch die Abgasentnahmestelle innerhalb der „Minibrennkammer“ öffnen sich dem Anlagenbetreiber neue Horizonte in Bezug auf die Brenneinstellung. Es ist möglich, eine qualifizierte Brenneinstellung mit dem Effekt einer CO-armen Verbrennung vorzunehmen, ohne die schon anfangs besprochenen Vorteile der direkten Beheizung außer Acht zu lassen.

Literatur

- (1) Dr. von Gersum, Liere- Netheler: CO-Bildung bei der Verbrennung von gasförmigen Kohlenwasserstoffen in Hochgeschwindigkeitsbrennern. Osnabrück 1998.
- (2) Liere-Netheler: Pot Burners- Technology for the High-Temperature Zone of Tunnel Kiln Installations in the Ceramic Industry. Tile& Brick International, Vol. 12 No. 5 1996 425- 431.