

# **GASWÄRME**

## **International**

**Gasanwendung in Industrie und Gewerbe**

**Schwerpunkt**  
**Thermoprosesstechnik**

### **Seitenbeheizter Herdwagenofen mit neuartigen Flachflammenbrennern**

**Side heated bogie hearth furnace with a new type of flat-flame-burner**

Hans Kaczor, Buderus Edelstahlwerke AG, ZD Energie-, Mess- und Regeltechnik Ofenbau, Wetzlar  
Dipl.-Ing. Uwe Bonnet, WS Wärmeprosesstechnik GmbH, Technischer Verkauf Nord/West

erschienen in

**GASWÄRME International 7/2005**

Vulkan-Verlag GmbH, Essen

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

# Seitenbeheizter Herdwagenofen mit neuartigen Flachflammenbrennern

## Side heated bogie hearth furnace with a new type of flat-flame-burner

*Es wird über den erfolgreichen Einsatz von Rekuperator-Brennern in einem Herdwagenofen für die Erwärmung von Schmiedeblocken berichtet. Die besondere Verteilung der Flamme durch einen keramischen Brennerkopf macht diese Anwendung sehr wirtschaftlich bei gleichzeitiger Vergleichmäßigung der Durchwärmung.*

*This article describes the successful implementation of recuperator burners in a bogie hearth furnace, to heat up forging ingots. The special spread out of the flame with a ceramic burner tip make this application very economical and at the same time the heat through is rather regular.*

### Einleitung

Die Buderus Edelstahlwerke AG betreiben in Wetzlar seit 1920 ein integriertes Hüttenwerk zur Erzeugung von Warm- und Kaltband, gewalztem Halbzeug, Gesenkschmiedeteilen und Freiformschmiedestücken. Die Jahresproduktion in der Sparte Freiformschmiedestücke liegt bei ca. 85 000 Tonnen. Die dafür eingesetzten Schmiedepressen sind für die Verarbeitung von Rohblöcken bis zu einem Gewicht von 150t ausgelegt. Erwärmt werden die Schmiedeblocke in automatisch geregelten, gasbeheizten Herdwagenöfen.

Brennschneidanlagen, Glühöfen und Öfen zur Vertikal- und Horizontalvergütung gehören ebenfalls zur Ausrüstung der Schmiedesparte. Das Härten kann in Wasser, Öl und Polymer erfolgen. Die maximale Schmiedestücklänge für die Herdwagenöfen beträgt 15 m. Für die mechanische Bearbeitung stehen CNC-gesteuerte Dreh-, Fräs- und Tieflochbohrmaschinen verschiedener Dimensionen zur Verfügung.

Das Lieferprogramm für Freiformschmiedeteile umfasst bearbeitete Teile für den allgemeinen Maschinenbau und Energiemaschinenbau, bearbeiteten Stabstahl und Stabstahl roh. Das maximale Liefergewicht liegt bei ca. 80 to.

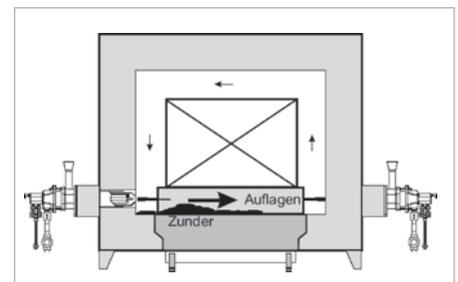
### Ausgangssituation

Herdwagenöfen sind für die Wärmebehandlung von besonders großen Bauteilen

konzipiert. Der hier beschriebene Herdwagenofen Nr. 24 war bisher bei einer Länge von ca. 10 m und einer Ofenbreite von ca. 4,5 m mit 18 Stück Umwälzbrennern der Firma Wistra – Typ 6 mit je 250 kW Leistung bestückt, daraus errechnet sich ein Anschlusswert von 450 Nm<sup>3</sup>/h.

Pro Ofenseite (links - rechts) waren 9 dieser Umwälzbrenner eingebaut. Der Herdwagen wird außerhalb des Ofens mit dem Schmiedegut bestückt. Nachdem der Wagen in das Ofengehäuse gefahren ist, wird die Ofentür geschlossen und die Unterseite des Herdwagens zur Unterseite des Ofens automatisch abgedichtet. **Bild 1** zeigt einen Schnitt durch diesen Herdwagenofen.

Wie auf der Zeichnung in Bild 1 zu erkennen ist, waren die Brenner bisher nur geringfügig über der Herdwagenkante angebracht. Die Flamme bzw. die erwärmte Atmosphäre sollte zwischen Herdwagen und Schmiedeteil hindurch auf die dem Brenner gegenüberliegende Seite geführt, dort zur Decke und dann an der Oberseite des Schmiedegutes zurück zum Brenner geführt werden. Aufgrund dieser Einbausituation konnten die zu erwärmenden Schmiedeteile nicht direkt auf dem Herdwagen liegen, sondern wurden auf etwa 400 x 400 mm messenden Wärmegutaufgaben aus Stahl positioniert. Diese Wärmegutaufgaben aus Stahl mussten im Vorfeld der Beladung möglichst genau ausgerichtet werden, da sonst die Flamme des Brenners direkt auf die Wärmegutaufgabe feu-



**Bild 1:** Herdwagenofen im Schnitt

**Fig. 1:** Cross-section through a bogie-car hearth furnace

erte und so der Wärmestrom unterbrochen wurde. Bei solchen „Fehltagen“ wurde durch die Ablenkung der Brennerflamme die Wärmegutaufgabe aufgeheizt und das Schmiedegut lokal in dem Bereich überhitzt. Der Durchwärmungsprozess für das Schmiedeteil wurde gebremst und nahm mehr Zeit in Anspruch.

Damit wurden auch besonders die Brennerköpfe einer starken thermischen Belastung ausgesetzt.

Die eingestellte max. Brennerleistung von 210 Nm<sup>3</sup>/h, war bestimmt durch eine Regelungstechnische Taktung von 60 Sekunde in welcher zwischen den Brennern der linken und rechten Seite umgeschaltet wurde. Der Herdwagenofen wurde in drei Zonen getrennt geregelt. Eine Luftvorwärmung und/oder eine NO<sub>x</sub>-arme Verbrennung fanden bisher nicht statt.

**Bild 2** zeigt nun die Einbausituation nach dem Umbau. Auf jeder Ofenseite wurden wieder 9 Brenner eingebaut. Jeder dieser Brenner hat eine Leistung von 180 kW, damit ergibt sich ein neuer Anschlusswert von 324 Nm<sup>3</sup>/h.

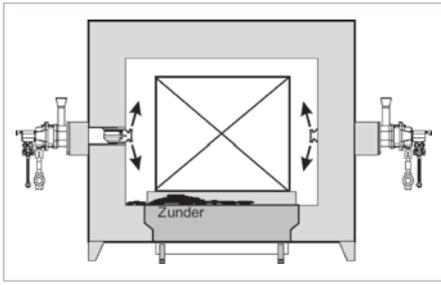
Die neue eingestellte max. Brennerleistung beträgt nach dem Umbau 315 Nm<sup>3</sup>/h, die in einer 3-Regel-Zonen-Aufteilung mit Rundumsteuerung realisiert wird. Bedingt



**Hans Kaczor**  
Buderus Edelstahlwerke AG,  
ZD Energie-, Mess- und Regel-  
technik Ofenbau, Wetzlar  
Tel. 01 64 41/37 47 18  
E-Mail:  
hans-emil.kaczor@edelstahl.  
buderus.de



**Dipl.-Ing. Uwe Bonnet**  
WS Wärmeprozess-technik  
GmbH, Technischer Verkauf  
Nord/West  
Tel. 0 23 02 / 2 05 56 99  
E-Mail: u.bonnet@flox.com



**Bild 2:** Herdwagenofen im Schnitt nach dem Umbau

**Fig. 2:** Cross-section through the bogie-car hearth furnace after conversion

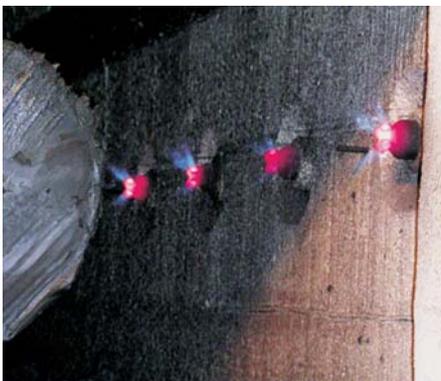
durch die um 105 Nm<sup>3</sup>/h erhöhte eingestellte Brennerleistung, konnte eine schnellere Aufheizleistung des Wärmeguts realisiert und somit die Ofenkapazität gesteigert werden.

Die neuen Flachflammenbrenner sind deutlich oberhalb der Herdwagenkante angeordnet. Wie im Bild 2 angedeutet, wird die Wärme nicht mehr direkt in die Richtung des Schmiedeguts gelenkt, sondern aufgrund der Anordnung der Düsen wird der Wärmestrom gleichmäßig im Ofenraum verteilt. Da die Flamme des Brenners nun nicht mehr unter dem Schmiedegut hindurch geführt werden muss, konnten die Wärmegutaufgaben aus Stahl in ihren Abmessungen verkleinert werden. Dadurch erfolgt der Erwärmungsprozess schneller und wirtschaftlicher, da die „Wärmegutmasse“ geringer ist.

Im Bild 3 ist die reale Situation nach dem Umbau dargestellt. Die Flachflammenbrenner befinden sich im Flammenmodus. Die Verteilung der Flamme zur Seite ist deutlich zu erkennen.

### FLOX® „Flachflammenbrenner REKUMAT“ M250

Bei der Entwicklung von Brennern und Beheizungseinrichtungen stehen heute die Bemühungen, Abgasverluste und Emissio-



**Bild 3:** Flachflammenbrenner im umgebauten Herdwagenofen

**Fig. 3:** Flat flame burner in the converted bogie-car hearth furnace

nen zu reduzieren, im Mittelpunkt. Insbesondere bei Hochtemperaturprozessen wird dafür die seit langem bekannte Luftvorwärmung angewendet. Das damit verbundene Einsparpotential wird allerdings nur teilweise ausgeschöpft, unter anderem weil mit zunehmender Luftvorwärmung die Flammentemperatur steigt und damit auch die thermische NO-Bildung zunimmt. Eine Möglichkeit zur Reduktion der Flammentemperatur und damit der NO<sub>x</sub>-Emission ist eine Inertisierung der Flamme. Das Verfahren der FLOX®-Verbrennung (FLOX® = flammlose Oxidation) beruht auf einer Beimischung großer Mengen Abgas zur Verbrennungsluft, bevor die Reaktion mit dem Brennstoff einsetzt. Die Abgaseinsaugung erfolgt durch den hohen Austrittsimpuls der in den Ofenraum eintretenden Verbrennungsluftstrahlen. Durch die spezielle Form der Düsengeometrie am Brenner wird eine kontrollierte flammlose Oxidation ohne Pulsationen und mit vollständigem Ausbrand erreicht. Zur kontrollierten flammlosen Oxidation wird der Brennstoff den Abgas-Luft-Strahlen an einer Stelle zugeführt, an dem die angestrebte Vormischung von Abgas und Luft bereits stattgefunden hat, andererseits aber noch genügend turbulente Mischungsenergie für die vollständige Verbrennung vorhanden ist.

Die flammlose Betriebsweise ist nur oberhalb der Zündgrenze des Brennstoffes möglich, im hier vorliegenden Fall beträgt die Grenze 850 Grad. Aufgrund der unsichtbaren und geräuscharmen Verbrennung ist eine Brennerüberwachung weder mit einer Ionisations- noch mit einer UV-Überwachung möglich.

Die hier beschriebenen Brenner können sowohl im Flammen- als auch im FLOX®-Modus betrieben werden. Aus diesen Gründen ist es nicht notwendig separate Brenner für den Temperaturbereich bis 850 Grad einzubauen. Nach der Umschaltung auf FLOX®-Betrieb reduzieren sich die Verbrennungsgeräusche auf die reinen Strö-

mungsgeräusche und die NO<sub>x</sub>-Werte im Prozessabgas fallen auf etwa 10 bis 20 % der Werte des Flammenbetriebs. Durch diese Verbrennungsform wurde das Problem gelöst, dass mit zunehmender Verbrennungslufttemperatur die NO<sub>x</sub>-Bildung überproportional ansteigt und damit eine hohe Wirtschaftlichkeit immer auch mit hohen NO<sub>x</sub>-Emissionen verbunden war.

Damit im vorliegenden Anwendungsfall die Forderung nach niedrigen NO<sub>x</sub>-Werten im Abgas erfüllt und ein hohes Energie-sparpotential genutzt wird, kamen Rekuperatorbrenner zum Einsatz. Es wurde der Serienbrenner REKUMAT® M250 mit einer speziellen Brennkammer verwendet. Diese Brennkammer (Bild 4) erzeugt aus einem axialgerichteten Flammen- oder FLOX®-Strahl vier jeweils um 90 Grad versetzte radial gerichtete Strahlen.

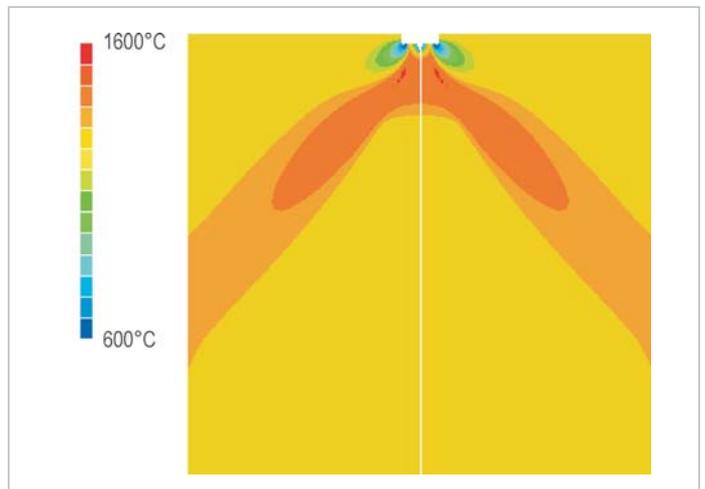
Trotz der speziellen Form der Brennkammer hat jeder einzelne Verbrennungsluftstrahl eine so hohe Austrittsgeschwindigkeit, dass genügend Rauchgas, vor der Reaktion mit dem Brennstoff, eingesaugt und eine kontrollierte flammlose Oxidation stattfinden kann. In Bild 5 ist die Temperaturverteilung einer solchen Flamme zu sehen, welche mittels Computersimulation berechnet wurde.

Die Austrittsimpulse der Brennerstrahlen und die dadurch bewirkte Strömung im Ofenraum bewirken eine Wärmeübertragung an das Schmiedegut und die Ofenwände. Die konvektive Wärmeübertragung vom Abgas an die Ofenwände führt im Be-



**Bild 4:** Brenner mit Brennkammer

**Fig. 4:** Burner with combustion chamber



**Bild 5:** Temperaturverteilung

**Fig. 5:** Temperature distribution



**Bild 6:** Flachflammenbrenner im Flammenbetrieb  
**Fig. 6:** Flat flame burner in flame mode

reich der Brenneraustrittsöffnungen zu hohen Wandtemperaturen, welche dann durch Strahlung ihre Energie auf das Schmiedegut übertragen. Im Gegensatz zur bisherigen Lösung kann es durch den Einsatz des Flachflammenbrenners nicht mehr zu einem direkten Kontakt zwischen Flamme und Schmiedegut kommen. Daher werden auch lokale Überhitzungen am Schmiedegut vermieden. Ebenfalls wird die Temperaturgleichmäßigkeit durch die Aufteilung der Flamme in vier einzelne Strahlen deutlich vergrößert.

Die **Bilder 6** und **7** sind in einem Versuchsofen gemacht worden. Im Bild 6 arbeitet der Brenner, genau wie in Bild 3, im Flam-

menbetrieb. Deutlich zu erkennen ist das Flammenbild und die sehr stark erwärmte Brennkammer. Im FLOX®-Modus hingegen ist die Brennkammer kalt und eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Ofenraum zu erkennen (Bild 7).

**Fazit**

Die besonderen Merkmale und Vorteile von FLOX®-Flamme-Flachflammenbrennern können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die thermische NO-Bildung kann auch bei höchster Luftvorwärmung weitgehend unterdrückt werden.
- Mit einem Brenner kann der Temperaturbereich zwischen Raum- und Prozesstemperatur realisiert werden.
- Die von Zünd- und Überwachungseinrichtungen verursachten Störungen entfallen.
- Durch die Flachflammdüse kann das zu erwärmende Gut indirekt erwärmt werden, ohne auf die Vorteile der FLOX®-Verbrennung zu verzichten.
- Die keramische Bauweise der Brennkammer reduziert die Instandhaltungskosten nachhaltig.
- Eine Steigerung des Wirkungsgrades von mehr als 30 % gegenüber Brennern ohne



**Bild 7:** Flachflammenbrenner im FLOX®-Betrieb  
**Fig. 7:** Flat flame burner in FLOX® mode

Luftvorwärmung ist möglich. Die NO<sub>x</sub>-Werte liegen aufgrund der FLOX®-Verbrennung deutlich unter den geforderten Grenzwerten.

**Literatur**

[1] Roth W., Telger K., Betriebserfahrung beim Einsatz von Brennern mit flammloser Oxidation, GasWärme International, Band 44, 1995, Seiten 332-337  
 [2] Wünnig J.A., Wünnig J.G., Brenner für die flammlose Oxidation mit geringer NO-Bildung auch bei höchster Luftvorwärmung, GasWärme International, Band 41, 1992, Heft 10, Seiten 438-444  
 [3] Bättenhausen N., Erdgasbeheizter Schleuderguss-Rohrglühofen, GasWärme International, Band 52, 2003, Heft 5, Seiten 263-267

**Maximale Produktivität**

**Minimaler Energieverbrauch**

**Minimale NO<sub>x</sub>-Emissionen**

Energiesparende Gasbrenner mit integriertem Wärmetauscher.

WS Regenerativbrenner basieren auf der einzigartigen FLOX®-Technologie.\* Potenzielle NO<sub>x</sub>-Probleme werden endgültig entschärft und ein fortschrittlicher und funktionssicherer Systembetrieb für eine nachhaltige und effiziente Produktivität etabliert.

\*»FLOX« ► »Flammlose OXidation«, Die patentierte Technologie der WS Wärmeprozess-technik GmbH: Eine systeminterne Vormischung von Verbrennungsluft und Abgas verhindert Temperaturspitzen und minimiert die NO<sub>x</sub>-Bildung selbst bei hohen Vorwärmtemperaturen.



www.flox.com Abbildung: WS REGEMAT M350

regemat **FLOX®**  
BRENNER



WS Wärmeprozess-technik GmbH · Dornierstraße 14 · D-71272 Renningen / Germany  
 Fon: +49 (0) 71 59 / 16 32-0 · Fax: +49 (0) 71 59 / 27 38 · Mail: ws@flox.com

WS Thermal Process Technology Inc. · WS Inc. · 719 Sugar Lane · Elyria, OH 44035 / USA  
 Fon: +1 (440) 365 8029 · Fax: +1 (440) 365 9452 · Mail: wsinc@flox.com

Bitte besuchen Sie uns: Härterei-Kolloquium, Wiesbaden, Halle 9A, Stand 940