

Neue low-NO_x-Lösung für Hochgeschwindigkeitsbrenner

von Sabine von Gersum, Martin Wicker

Basierend auf der bewährten BIC-Brennserie hat Elster-Kromschroder die neue low-NO_x-Lösung menox[®] entwickelt. Sie kombiniert einen kostengünstigen, einfach aufgebauten Brenner BIC..M mit einer unkomplizierten Regelungstechnik zur Umschaltung zwischen zwei Betriebsarten: konventionellem Flammenbetrieb bei niedrigen Ofentemperaturen und low-NO_x-Modus menox[®] mit flammenloser Verbrennung bei höheren Ofentemperaturen. Die neue patentierte Lösung ermöglicht NO_x-Werte unter 150 mg/m³ (bez. 5 % O₂) auch bei 1.200 °C Ofenraumtemperatur ohne aufwändige zusätzliche Verrohrungen.

New low-NO_x solution for high velocity burner

On the basis of the time-tested BIC series, Elster Kromschroder has developed the new low-NO_x solution, menox[®]. This combines the low-cost, simply structured burner BIC..M with simple control technology allowing to switch between two operating modes: traditional flame mode at low furnace temperatures and menox[®] low-NO_x mode with flameless combustion at higher furnace temperatures. The new patented solution achieves NO_x values below 150 mg/m³ (reference value of 5 % O₂) at a furnace temperature of 1,200 °C without expensive additional piping.

Hochgeschwindigkeitsbrenner sind in Kombination mit einer Rundum-Taktsteuerung die optimale wärmetechnische Lösung für viele industrielle Wärmebehandlungsprozesse. Bei einer Ein-Aus-Regelung ist der Brennerimpuls voll wirksam und bewirkt eine starke Umwälzung der Ofenatmosphäre. Dies sichert eine hohe Temperaturgleichmäßigkeit am zu erwärmenden Nutzgut. Die NO_x-Emission einer Beheizung mit Hochgeschwindigkeitsbrennern ist im Vergleich zu anderen Brennertypen geringer, da der hohe Austrittsimpuls zusätzlich eine NO_x-Minderung durch Abgaseinsaugung in die Flamme bewirkt. Die kontinuierliche Verschärfung der Emissionsvorschriften hat jedoch dazu geführt, dass die geforderten NO_x-Grenzwerte insbesondere bei Anlagen mit Brennluft-Vorwärmung mit herkömmlichen Systemen nicht immer eingehalten werden können.

Die grundsätzliche Anforderung für jeden Industriebrenner ist die optimale Funktion in einem weiten

Temperaturbereich angefangen vom Kaltstart, dem Betrieb mit Kaltluft bei kaltem Ofen bis hin zum Betrieb mit vorgewärmter Verbrennungsluft bei hohen Betriebstemperaturen. Dabei begünstigen niedrige Temperaturen die Bildung von CO oder das Vorhandensein von unverbrannten Brennstoffkomponenten im Abgas. Hohe Ofenraumtemperatur und hohe Luftvorwärmung bewirken durch hohe Flammentemperaturen eine verstärkte NO_x-Bildung. Trotz dieser gegenläufigen Effekte besteht die Anforderung nach minimalen CO- und NO_x-Emissionen gleichermaßen.

Eine in den vergangenen Jahren mehrfach umgesetzte Lösung besteht darin, den Brenner in zwei grundsätzlich unterschiedlichen Arbeitsweisen zu betreiben [1-4]. Eine Betriebsart ist für die CO-arme Verbrennung während des Aufheizvorganges optimiert und eine zweite für die NO_x-arme Verbrennung im Hochtemperaturbereich. Realisiert wird dies durch Brenner mit zwei separaten Strömungswegen für Gas oder Luft, die je

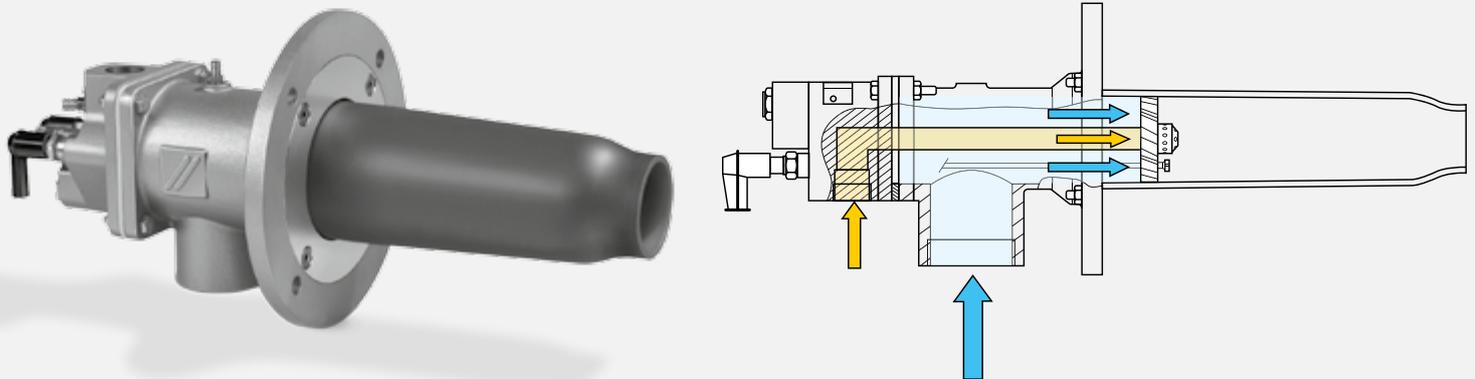


Bild 1: Hochgeschwindigkeitsbrenner BIC

nach Temperaturbereich benutzt werden. Die Wahl der Betriebsart erfolgt durch die Anwahl oder das Abschalten der jeweiligen Gas- oder Luftzuführung vor dem Brenner. Im Fall der Umschaltung des Brenngases wird z.B. ein Gasventil geschlossen, dafür ein anderes geöffnet. Die Lösungen mit einer Umschaltung der Strömungswege sind bedingt durch eine meist komplexe Brennerkonstruktion sowie doppelte Rohrleitungen und Stellglieder mit relativ hohen Kosten.

NEUE LOW-NO_x-LÖSUNG

Die neue low-NO_x-Lösung menox[®] kombiniert einen kostengünstigen, einfach aufgebauten Brenner mit einer unkomplizierten Regelungstechnik zur Umschaltung zwischen zwei Betriebsarten:

- konventionellem Flammenbetrieb bei niedrigen Ofentemperaturen und
- low-NO_x-Modus menox[®] mit flammenloser Verbrennung bei höheren Ofentemperaturen.

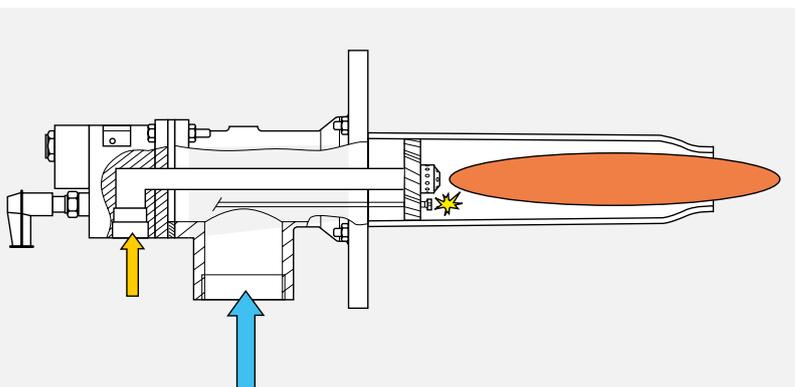


Bild 2: menox[®]-Brenner BIC..M im Flammenbetrieb

Für das Verfahren, welches geringe NO_x-Emissionen deutlich unter den geltenden Grenzwerten ermöglicht, ist in Europa ein Patent erteilt worden [5].

Der konstruktive Aufbau des menox[®]-Brenners BIC..M ist mit dem bekannten Hochgeschwindigkeitsbrenner der BIC-Serie (**Bild 1**) vergleichbar. Obwohl abhängig von der Brennräumtemperatur zwei Betriebsarten realisiert werden können, ist jeweils nur ein Anschluss für Brenngas und Brennluft vorhanden. Auch innerhalb des Brenners befinden sich jeweils nur ein Strömungsweg für Gas und ein Strömungsweg für Luft. Die keramische Brennkammer mit reduziertem Austrittsdurchmesser weist die typische (Flaschen-) Form für Hochgeschwindigkeitsbrenner auf. Sie wird so in den Ofen eingebaut, so dass die Austrittsebene bündig mit der Ofenwand abschließt.

FLAMMENBETRIEB ZUM AUFHEIZEN

Zum Aufheizen des Ofens arbeitet der Brenner bei niedriger Ofentemperatur im konventionellen Flammenbetrieb. Das zündfähige Gas-Luft-Gemisch wird mit einem elektrischen Zündfunken entzündet und verbrennt innerhalb und außerhalb der keramischen Brennkammer (**Bild 2**). Eine Ionisationselektrode überwacht das Vorhandensein der Flamme, wie in der Europäischen Norm EN 746-2 für Niedertemperaturanlagen gefordert [6]. Das heiße Abgas verlässt die Brennkammer mit einer Geschwindigkeit größer 120 m/s. Die typische blaue Flamme ist länglich und relativ scharf gebündelt mit einer räumlich klar umrissenen Kontur der Reaktionszone (**Bild 3**). Die hohe Intensität der Verbrennungsreaktion im Zentrum der Flamme, erkennbar an der roten Farbe in der Aufnahme mit einer UV-sensitiven Kamera, stellt eine CO-arme Verbrennung sicher. Bereits bei 450 °C Ofentemperatur werden für den Brennerbetrieb mit kalter Brennluft

CO-Werte um 500 ppm gemessen. Mit steigender Ofentemperatur nehmen diese Werte schnell auf 50 ppm bei 600 °C Ofentemperatur ab und liegen damit in der gleichen Größenordnung wie Standard-Hochgeschwindigkeitsbrenner des Typs BIC..HB.

LOW-NO_x-MODUS

Die Umschaltung in den low-NO_x-Modus menox[®] erfolgt bei vorgewärmter Brennluft oberhalb einer Brennraumtemperatur von 800 °C. Der Brenner wird ausgeschaltet und in der neuen Betriebsart wieder gestartet: Im menox[®]-Modus werden Gasventil und Luftstellglied geöffnet, ohne dass der elektrische Zündfunke ausgelöst wird. Obwohl Gas und Luft über die gleichen Anschlüsse wie im Flammenbetrieb zugeführt werden, erfolgt keine Zündung in der Brennkammer, sondern die Verbrennung wird, wie in **Bild 4** schematisch dargestellt, in den Ofen verlagert.

Im menox[®]-Modus laufen die Oxidationsreaktionen ohne sichtbare Flamme ab, nur die Hintergrundstrahlung der warmen Ofenwand ist erkennbar. Die Aufnahme der OH-Strahlung in **Bild 5** zeigt, dass die Reaktionszone im Vergleich zum konventionellen Flammenbetrieb deutlich größer ist. Die Reaktionsdichte ist erheblich geringer und die für hohe NO_x-Werte verantwortlichen Spitzentemperaturen werden vermieden; der NO_x-Ausstoß wird deutlich vermindert.

Einen Vergleich der NO_x-Werte für einen BIC-Brenner im konventionellen Flammenbetrieb und für menox[®] Brenner BIC..M zeigt **Bild 6**. Die blaue Fläche zeigt die deutlich reduzierten NO_x-Werte; die obere Linie basiert auf Messwerten der Brennergröße BIC 140MB bei 360 kW und die untere Linie gibt die NO_x-Messwerte eines BIC 65MB für 35 kW wieder. Bei einer 1.000 °C Ofentemperatur ist ein NO_x-Wert unter 50 mg/m³ (bez. 5 % O₂) erreichbar. Bei einer höheren Ofentemperatur von 1.200 °C ist ein NO_x-Wert von 150 mg realisierbar. Für kleinere Brennergrößen sind die NO_x-Emissionen noch geringer: bei 1.250 °C Ofentemperatur liegen die NO_x-Messwerte eines BIC 65MB unter 65 mg/m³ (bez. 5 % O₂).

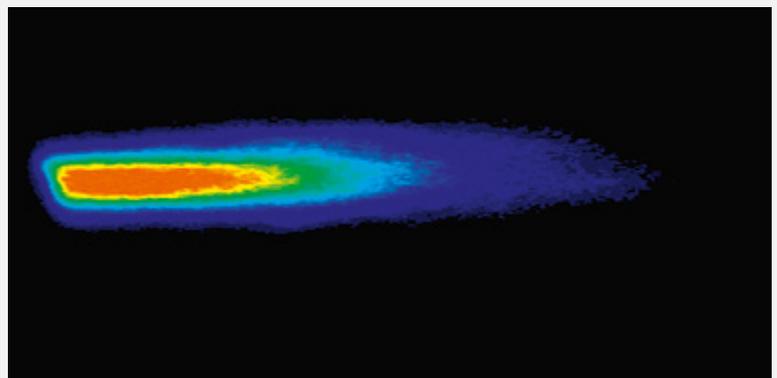


Bild 3: Flammenbild des Hochgeschwindigkeitsbrenners BIC: Foto (oben), OH-Strahlung (unten)

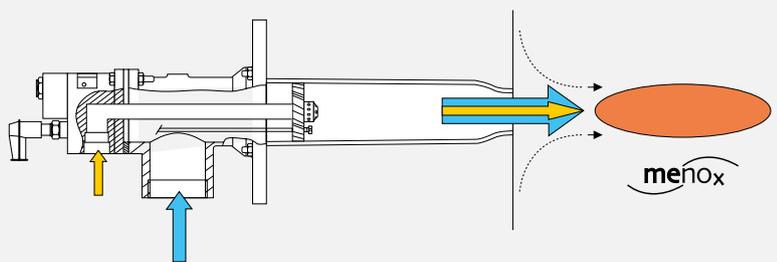


Bild 4: menox[®]-Brenner BIC..M im low-NO_x-Modus

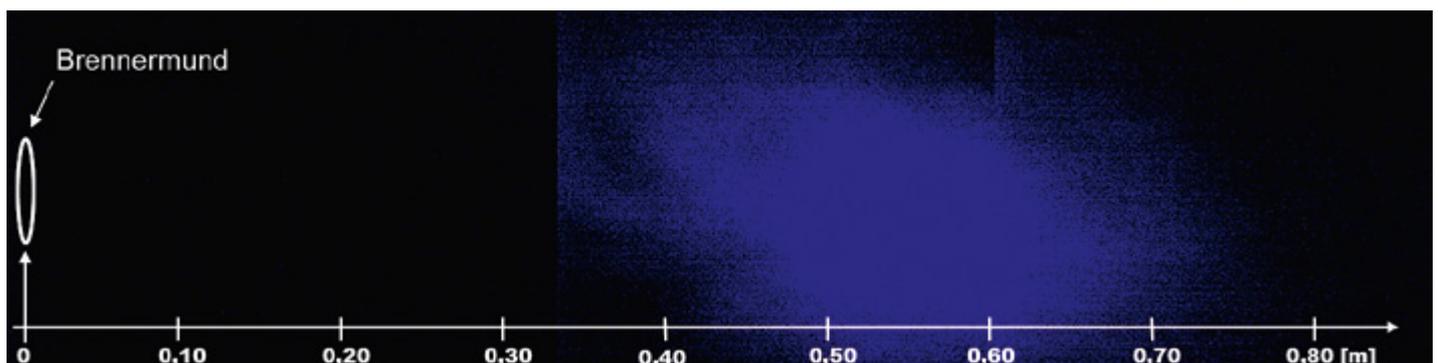


Bild 5: OH-Aufnahme im low-NO_x-Modus menox[®]

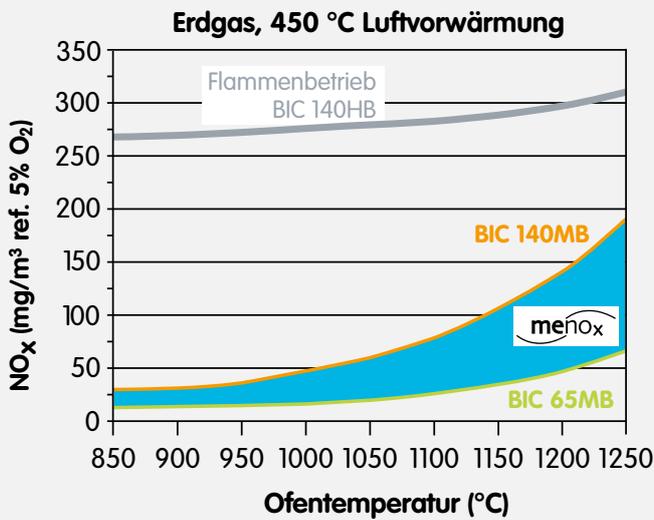


Bild 6: NO_x-Emission mit menox®

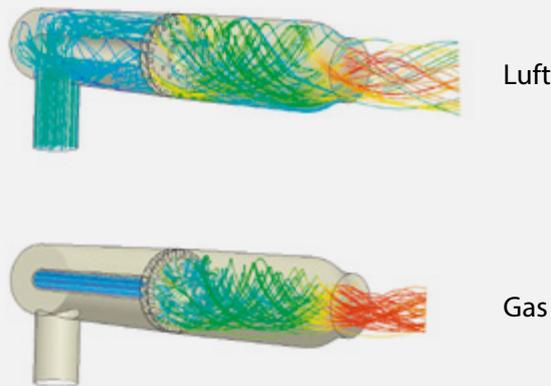


Bild 7: Darstellung der Strömungslinien der Mischeinheit „Brennerkopf“ eines konventionellen BIC-Brenners

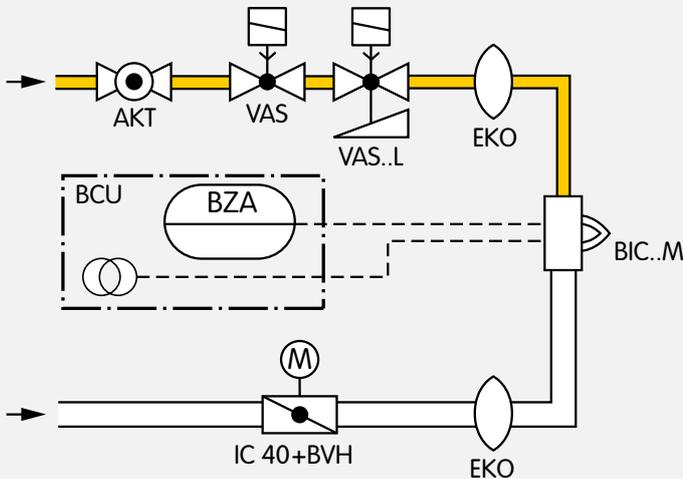


Bild 8: Systemaufbau für menox®

BIC..M-BRENNER

Die wesentliche Neuerung von menox® besteht darin, dass die Brennluft und das Brenngas in beiden Betriebsweisen über die gleichen Anschlüsse zugeführt werden. Im menox®-Modus muss aber bei jedem Einschaltvorgang verhindert werden, dass sich das brennbare Gas-Luft-Gemisch vorzeitig in der keramischen Brennkammer entzündet. Die Verlagerung der Verbrennung in den Ofen ist nur dann möglich, wenn innerhalb der keramischen Brennkammer die Zündbedingungen (Temperatur und Konzentrationsgrenzen) nicht erfüllt sind. Wo lokal die Gaskonzentration innerhalb der Zündgrenzen liegt, muss die Zündtemperatur unterschritten bleiben, und wo die Zündtemperatur überschritten wird, darf kein zündfähiges Gemisch vorhanden sein.

Wie bei allen mündungsmischenden Brennern erfolgt auch beim menox® Brenner BIC..M die definierte lokale Vermischung von Gas und Luft in der Mischeinheit „Brennerkopf“. Für einen konventionellen BIC-Brenner ist die Vermischung von Gas und Luft durch den Brennerkopf beispielhaft in Bild 7 dargestellt [7]. Für menox® Brenner BIC..M wurde eine neue Mischeinheit entwickelt und zum Patent angemeldet [8]. Durch eine spezielle geometrische Gestaltung wird sowohl eine sichere Zündung und ein stabiler Flammenbetrieb als auch die Verlagerung der Verbrennung in den Ofenraum bei menox® sichergestellt.

Zusätzlich muss die Strömungsgeschwindigkeit am Brennermund ausreichend hoch sein, um im menox®-Modus eine Rückzündung in die Brennkammer hinein zu verhindern. Für menox® werden die Brenner BIC..M daher auf die jeweilige Leistung abgestimmt und mit eingezogenen Keramikrohren TSC..B kombiniert.

SYSTEMAUFBAU

Der Systemaufbau ist in Bild 8 gezeigt. Die Brenner müssen Ein-Aus getaktet werden und für den getakteten Brennerbetrieb werden lediglich eine Luftklappe und ein gedämpftes Gasventil benötigt. Das zweite Gasventil ist in der europäischen Norm EN 746-2 für jeden Brenner vorgeschrieben.

Die für einen sicheren Brennerbetrieb erforderliche Ansteuerung wird mit einer Brennersteuerung BCU realisiert. Hier werden die Signale für den Brennerstart und die fehlersichere Überwachung des Brenners im Flammenbetrieb koordiniert. Im menox®-Modus erfolgt über ein digitales Signal die Abschaltung der Zündeinrichtung und der Flammenüberwachung. Hierfür ist die fehlersichere Auswertung der Ofentemperatur über einen Sicherheitstemperaturwächter erforderlich. Für komplexere Anforderungen kann alternativ ein Schaltschrank aus dem Hause Elster-Kromschröder alle Steuerungs- und Überwachungsfunktionen übernehmen.

Brenner BIC..M und Keramikrohre TSC für menox® sind für sechs Leistungsstufen mit 35 kW, 75 kW, 110 kW, 180 kW, 260 kW, 360 kW im Flammenbetrieb mit Erdgas verfügbar. Im menox®-Modus erhöht sich die Brennerleistung um bis zu 15 %. Der Betrieb ist mit Kaltluft und mit bis auf 450 °C vorgewärmter Verbrennungsluft möglich. Für den Fall, dass die Verbrennungsluft erwärmt wird, ist kundenseitig eine Luftdruckerhöhung als Warmluftkompensation sowie eine Überwachung des Luft/Gas-Verhältnisses vorzusehen.

LITERATUR

- [1] Wüning, J.A. und Wüning, J.G.: Brenner für die flammlose Oxidation auch bei höchster Luftvorwärmung. Gaswärme International 41 (1992), Heft 10, S. 438-444
- [2] Wüning, J.G. und Milani, A.: Handbuch der Brennertechnik für Industrieöfen, Essen: Vulkan-Verlag, 2007
- [3] TriOx Triple Air Staged Ultra Low NO_x Burner, Produktbroschüre Hauck Manufacturing Company, Lebanon, PA 17042, USA
- [4] E-Jet Ultra Low Hot/Cold Air Burner, Produktinformation, Hotwork Combustion Technology Ltd., United Kingdom
- [5] Patentschrift EP 1893915B1
- [6] EN 746-2:2010, Industrielle Thermoprozessanlagen – Teil 2: Sicherheitsanforderungen an Feuerungen und Brennstoffführungssysteme
- [7] Giese, A.: Untersuchung der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen DVGW-Zeichen G/1/06/10, Zwischenbericht Freiberg, 19.06.2012
- [8] Patentschrift EP 2442026A1

AUTOREN



Dr.-Ing. **Sabine von Gersum**
 Elster GmbH
 Lotte (Büren)
 Tel.: 0541/ 1214-374
 sabine.gersum@elster.com



Dipl.-Ing. **Martin Wicker**
 Elster GmbH
 Lotte (Büren)
 Tel.: 0541/ 1214-624
 martin.wicker@elster.com

ITPS INTERNATIONAL THERM PROCESS SUMMIT

Organized by



The Key Event for Thermo Process Technology

Congress Center
 Düsseldorf, Germany

09-10 July 2013

www.itps-online.com