

# Erfolgreiche Umrüstung von Durchlauföfen auf Oxyfuel-Betrieb

Outokumpu Stainless ist ein führender Edelstahlhersteller. Das Unternehmen hat große Erfahrung in der Verwendung von Oxyfuel-Anwendungen in seinen Nachwärmöfen und Bandglühanlagen in den Produktionsstätten in Avesta, Degerfors und Nyby in Schweden gesammelt. Die wichtigsten Gründe für die Umstellung dieser Anlagen auf reinen Oxyfuel-Betrieb waren:

- höhere Produktionskapazität
- geringerer Brennstoffverbrauch
- strengere Umweltschutzgesetze

## Doppelte Kapazität

Im Werk Avesta werden Edelstahlbleche im Steckel-Walzwerk warmgewalzt und im Z-High-Walzwerk kaltgewalzt. Der Durchlaufofen zum Bandglühen ist eine riesige Oxyfuel-Anlage (**Bild 1**). Im Jahr 2001 wurde dieser Ofen überholt und auf Oxyfuel-Betrieb umgerüstet. Die installierte Oxyfuel-Gesamtleistung beträgt 39 MW – ein Wert, der in diesem Anwendungsgebiet einmalig ist.

Der alte 24 m-Ofen hatte eine Kapazität von 75 t/h. Gefordert wurde eine Verdoppelung dieser Kapazität bei gleichzeitiger Erfüllung strenger Emissionsanforderungen. Im Rahmen der Überholung wurde die Anlage um 10 m erweitert und die Produktionskapazität auf 150 t/h erhöht. Während der Umrüstung wurden die Luft-Brennstoff-Brenner und Rekuperatoren entfernt und die Anlage auf reinen Oxyfuel-Betrieb umgestellt. Die angewandte Oxyfuel-Technologie arbeitet mit einer mehrstufigen Verbrennung. Durch die Umrüstung wurde der Brennstoffverbrauch um 40 % verringert.

## Dreifacher Durchsatz durch Umrüstung von Luft-Brennstoff- auf DFI-Befeuerung

Das Werk Nyby verfügt über zwei Bandglühöfen, die 1955 bzw. 1960 in Betrieb genommen wurden. Das Werk Nyby hat ausreichende Kapazitäten für eine Jahresproduktion von 150 000 t Edelstahlband. Der Durchlaufofen der ersten Glüh- und Beizanlage für warm- oder kaltgewalzten Bandstahl wurde 2003 auf reinen Oxyfuel-Betrieb umgerüstet. Vorangetrieben wurde diese Entscheidung durch den Bedarf an größerer Produktionskapazität und durch strengere Anforderungen an die NO<sub>x</sub>-Emissionen. Der 18 m lange Ofen wurde mit REBOX®-R-Brennern ausgerüstet, die eine flammenlose Oxyfuel-Verbrennung ermög-



**Bild 1:** Oxyfuel-Anlage

lichen. Der Gesamtleistungseintrag von 16 MW wurde bei der Umrüstung von Luft-Brennstoff-Gemisch auf Oxyfuel nicht verändert, aber mit Oxyfuel nahm der Wirkungsgrad der Wärmeübertragung von 46 auf 76 % zu. Als Ergebnis konnte der Durchsatz bei gleicher Ofenlänge von 42 auf 65 t/h erhöht und die NO<sub>x</sub>-Emissionen konnten unter 70 mg/MJ gehalten werden.

In der letzten Glüh- und Beizanlage in Nyby weist der Durchlaufofen eine Länge von 19 m auf. Als er mit Luft-Brennstoff-Brennern betrieben wurde, hatte er eine Produktionskapazität von 11 t/h. Durch die Umstellung auf Sauerstoffanreicherung wurde die Kapazität auf 16 t/h erhöht. Mit der Umrüstung auf reinen Oxyfuel-Betrieb im Jahr 1995 erreichte dieser Ofen schließlich einen Durchsatz von 23 t/h.

Obwohl diese Zahlen bereits deutliche Verbesserungen veranschaulichen, die nur durch die Anwendung neuer Technologien und ohne Vergrößerung des Ofens erreicht wurden, bestand ein Bedarf nach noch größerem Durchsatz. Im Jahr 2001 wurde klar, dass eine größere Kapazität und eine höhere Flexibilität benötigt wurden. Die Behörden hatten zwar keine Einwände gegen die Ausweitung der Produktion, schrieben jedoch eine Verringerung der NO<sub>x</sub>-Emissionen vor. AGA/Linde lieferte die Lösung für dieses äußerst schwierige Problem, und zwar durch Einführung einer völlig neuen Technologie namens DFI (Direct Flame Impingement), bei der die Flamme direkt auf das zu erwärmende Produkt auftrifft. Im Jahr 2002 wurde dieser Durchlaufofen mit der DFI-Technologie ausgerüstet. Die DFI-Einheit wurde am Ofeneingang montiert und war mit einer Länge von 1,8 m, einer Breite von 2,4 m und einer Höhe von 1 m sehr kompakt. Sie enthielt 120 Brennerdüsen in 4 Kassetten, und die Oxyfuel-Brennerleistung betrug insgesamt 4 MW. Die kleinen Oxyfuel-Flammen erwärmen den vorbeilaufenden Bandstahl direkt, was sich sehr stark auf die Wärmestromdichte (kW/m<sup>2</sup>) auswirkt. Dadurch konnte die Temperaturregelung verbessert werden und die Heizleistung im Ofen wurde um 50 % gesteigert. Mit einer Verlängerung des Ofens um 1,8 m wurde die Produktionskapazität von 23 auf 38 t/h erhöht.

Diese zwei Bandglühöfen sind vermutlich weltweit die effizientesten ihrer Art, wenn man ihre Länge (etwa 20 m) und ihre Produktionskapazität betrachtet. Ein weiterer Vorteil ist, dass sich die Verwendung von



**Bild 2:** Rollenherdofen mit mehrstufiger Oxyfuel-Verbrennung

Oxyfuel positiv auf die Oberflächenqualität des Bandstahls auswirkt. So muss beispielsweise Stahl des Typs Cold Rolled 2B nicht mehr kalt nachgewalzt werden.

### Drei Generationen

Im Jahr 1995 verfügte das Werk Degerfors über 8 Tieföfen mit Oxyfuel-Betrieb. Zwei Kammeröfen für das chargenweise Glühen waren ebenfalls für den Betrieb mit Oxyfuel ausgerüstet. Es folgten zwei weitere große Oxyfuel-Anlagen: ein neuer Rollenherdofen im Jahr 1998 ( **Bild 2** ) und die Umrüstung eines Hubbalkenofens im Jahr 2003. Letzterer arbeitet mit flammenloser Verbrennung, der so genannten REBOX®-S-Technologie. Zu den Vorteilen des Betriebs dieser Öfen mit Oxyfuel-Verbrennung gehören die kurze Durchlaufzeit (die die Produktionskapazität erhöht), der niedrige Brennstoffverbrauch und der geringe Einfluss auf die Umwelt. Im Werk Degerfors befinden sich drei Generationen der Oxyfuel-Technologie im selben Gebäude in Betrieb:

– chargenweise betriebene Glühöfen mit

konventionellen wassergekühlten Brennern (1995)

– Rollenherdofen mit Keramikbrennern und mehrstufiger Verbrennung (1998)

– Hubbalkenofen mit flammenloser REBOX®-S-Technologie (2003)

### Flammenlose Verbrennung

In Nyby arbeiten sowohl ein Glühofen als auch ein Hubbalkenofen mit der so genannten flammenlosen Verbrennung. Der zweite Glühofen in Nyby wird bald ebenfalls mit dieser Technologie ausgerüstet. Die flammenlose Verbrennung, wissenschaftlich korrekter auch als Volumenverbrennung bezeichnet, ist ein Verfahren, bei dem die Flamme mit Rauchgasen verdünnt wird, um eine kältere und breiter aufgefächerte Flamme zu erreichen. Als Ergebnis dieser Maßnahme wird die Flamme praktisch unsichtbar. Das eigentliche Ziel ist jedoch die wesentliche Verringerung der NO<sub>x</sub>-Produktion und die gleichmäßigere Verteilung der Wärme – eine verdünnte Flamme enthält noch immer dieselbe Wärmemenge.

Obwohl an einer reinen Oxyfuel-Verbrennung selbst keinerlei Stickstoff beteiligt ist (im Gegensatz zur Verbrennung von Luft-Brennstoff-Gemischen; Luft enthält 78 % Stickstoff), fördert die sehr hohe Flammentemperatur die Bildung von NO<sub>x</sub>, wobei der Stickstoff aus der von außen in den Ofen eindringenden Luft stammt. Mit dem flammenlosen Verfahren werden die NO<sub>x</sub>-Emissionen jedoch auf ein sehr geringes Niveau reduziert. In den stabilen Betriebsphasen des Ofens werden NO<sub>x</sub>-Werte von weniger als 25 mg/MJ erreicht.

Linde, die Muttergesellschaft von AGA, hat im Laufe der letzten 14 Jahre mehr als 80 Nachwärmöfen und Glühanlagen mit Oxyfuel-Brennern ausgerüstet. Dennoch wird der Einsatz von Oxyfuel in diesem Zusammenhang häufig noch immer als „neue Technologie“ betrachtet. Der Schlüssel zur Einführung dieser Technologie war und ist nach wie vor die Partnerschaft mit den Anwendern.

(Autoren: Sten Ljungars (Outokumpu Stainless), Joachim von Schéele (Linde Gas), Linde AG, Geschäftsbereich Linde Gas, Hoellriegelskreuth, Tel. 0 89 / 74 46-12 26, [www.linde-gas.de/rebox](http://www.linde-gas.de/rebox))