

INVESTITIONEN ZUR VERMINDERUNG VON UMWELTBELASTUNGEN

PROGRAMM DES BUNDESMINISTERS FÜR UMWELT, NAUERSCHUTZ
UND REAKTORSICHERHEIT

Energieeinsparung

Abschlussbericht 70441 – 5/19

Vorhaben-Nr. 20109

Umsetzung eines innovativen energieeffizienten
Aluminiumbolzenwärmeverfahrens

von
Franz Becker
und
Detlev Voigt

F. W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co. KG
Ense-Höingen (Nordrhein-Westfalen)

Geschäftsführer
Friedrich W. R. Brökelmann

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES
Oktober 2008

F.W. BROCKELMANN
ALUMINIUMWERK GMBH • CO. KG
DESTERWEG 11 | 57469 ENSE-HÜNGEN
TELEFON: +49 (0)29381 808-0

www.brockelmann.com

EXCELLENZ IN
ALUMINIUM
▶ STRANGPRESSPROFIL
▶ WEITERBEARBEITUNG
DAFÜR STEHEN WIR
SEIT FAST 100 JAHREN



ALUMINIUM
IN PRÄZISION
UND QUALITÄT

AUTOMOTIVE | BAU | INDUSTRIE | WÄRMETAUSCHER

FWB
Brockelmann
Aluminium

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA 70441 - 5/19	2. Energieeinsparung	3.
4. Titel des Berichtes Umsetzung eines innovativen energieeffizienten Aluminiumboilerwärmeverfahrens		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Franz Becker Detlev Voigt	8. Abschlussdatum Oktober 2008	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) F. W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co. KG Oesterweg 14 59469 Ense-Höingen	10. Vordr.-Nr. 20109	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau	11. Seitenzahl 25	
12. Literaturangaben -	13. Tabellen und Diagramme 2	14. Abbildungen 7
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung Im Rahmen eines PLUS-Checks wurde dieser Blockerwärmungssofen mit seiner innovativen Verbrennungsluftvorwärmung entwickelt. Weitere wesentliche Merkmale sind die höhere Anzahl der Brennerdüsen, die neuartige Anordnung der Düsen, die Anpassung des Ofeninnenraumes auf den Bolzendurchmesser und der Einsatz einer Hochkonvektionsvorwärmkammer. Die daraus entstehenden Abgase werden über einen Wärmetauscher geleitet, um die Verbrennungsluft für die Gasbrenner vorzuwärmen. Diese Maßnahmen führen dazu, dass sich der Erdgasverbrauch auf 192 kWh/t im Vollastbetrieb reduzieren lässt. Bezogen auf eine Jahresmenge von 10.500 t Aluminium wird sich CO ₂ -Emission im Mittel um ca. 141 t/a reduzieren. Durch weitere, geplante Optimierungen in den nächsten Wochen wird der Zielwert von 160 t/a CO ₂ - Reduzierung erreicht werden.		
17. Schlagwörter Blockerwärmung, Wärmetauscher, Verbrennungsluftvorwärmung, Energieeinsparung		
18.	19.	20.

Report-Coversheet

1.	UBA 70441 - 5/19	2.	Energy saving	3.	
4. Report Title					
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s)					
Franz Becker					
Detlev Voigt					
6. Performing Organisation (Name, Address)					
F. W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co.					
KG					
Oesterweg 14					
59469 Ense-Höingen					
7. Sponsoring Agency (Name, Anschrift)					
Umweltbundesamt					
Wörtitzer Platz 1					
06844 Dessau					
13. No. of Tables, Diag.					
2					
14. No. of Figures					
7					
12. No. of References					
-					
11. No. of Pages					
25					
10. Report-Nr.					
20109					
9. Publication Date					
xxxxxxx xxxx					
8. Report Date					
October 2008					
17. Keywords					
billet furnace, recuperator, preheating of combustion air, highconvection, energiesaving					
16. Abstract					
<p>Within the context of a "PLUS Check" this billet furnace together with the innovative preheating of combustion air was developed. Further essential features are more burner nozzles, the innovative configuration of the nozzles, the adaption of the inside of the furnace towards the billet diameter and the application of a highconvection preheating chamber. The exhaust fumes are led in a recuperator in order to preheat the combustion air for the gas burners.</p> <p>These measures result in a reduction of the natural gas consumption to 192 kWh/t in full-load operation. Related to an annual tonnage of 10.500 t aluminium the reduction of the CO₂ emission will be about 141 t/a in average.</p> <p>Further optimizations within the next weeks will still improve the value to 160 t CO₂/a.</p>					
15. Supplementary Notes					
18.					
19.					
20.					

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	7
Vorwort	8
Kurzfassung	8
Summary	9
Das Unternehmen	10
1 Einführung	11
1.1 Ausgangslage	11
1.2 Projektziel	12
2 Nachweisführung (Kontrolle der Projektziele)	15
2.1 Energieeinsparung	15
2.1.1 Methode	15
2.1.2 Ergebnisse	15
2.2 Kapazitätserweiterung	20
2.2.1 Methode	20
2.2.2 Ergebnisse	20
2.2.3 Nebeneffekte	20
3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	22
3.1 Investitionen	22
3.2 Abschätzung der Einsparung	22
3.3 Amortisationszeit	23
4 Zusammenfassung	24
5 Verbreitung und weitere Anwendung der Anlage	24

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: F.W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co KG in Ense	10
Abbildung 2: neuer Gasofen mit Vorwärmkammer	13
Abbildung 3: Verbrennungsluftvorwärmung	14
Abbildung 4: wöchentlicher Gasverbrauch in Relation zum Durchsatz	16
Abbildung 5: Temperaturverlauf im Ofen	18
Abbildung 6: CO ₂ -Emission in Relation zur erwärmten Aluminiummasse	19
Abbildung 7: Wartezeit auf Ofen	21
Tabelle 1: Übersicht über geplante und tatsächlich getätigte Investitionen	22
Tabelle 2: Statische Amortisationsrechnung geplant/tatsächlich	23

Vorwort

Das in diesem Bericht beschriebene Projekt "Umsetzung eines innovativen energieeffizienten Aluminiumbolzenenernwärmungsverfahrens" bedeutet für die Firma F. W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co. KG vor allem eine wesentliche Energieoptimierung bei gleichzeitiger Kapazitätssteigerung.

Das Projekt konnte Dank der unterstützenden Anteilfinanzierung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Umweltinnovationsprogrammes realisiert werden.

Für die Unterstützung vor und während des Projektes soll der Effizienz-Agentur NRW, insbesondere Herrn Matthias Graf und Herrn Marcus Lodde und dem Ingenieurbüro EFFIZIENZMANAGEMENT Roth gedankt werden.

Kurzfassung

Die F. W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co. KG und das Ing.-Büro Effizienzmanagement Roth haben diese innovative Lösung im Rahmen eines PIUS-Checks gemeinsam entwickelt. Mit dem innovativen Blockerwärmungssofen wird eine Verbesserung des Wirkungsgrades erreicht. Wesentliche Merkmale sind die höhere Anzahl der Brennerdüsen bei der Blockbeheizung zur Erzeugung der Flammen, die neuartige Anordnung der Düsen und die Anpassung des Ofeninnenraumes auf den Bolzendurchmesser. Hinzu kommt der Einsatz einer Hochkonvektionsvorwärmkammer mit Ventilatoren. Die daraus entweichenden Abgase werden über einen Wärmetauscher geleitet, um die Verbrennungsluft für die Gasbrenner vorzuwärmen. Diese Maßnahmen führen dazu, dass sich der Erdgasverbrauch von bis 313 kWh/t Aluminium auf 192 kWh/t im Volllastbetrieb reduzieren lässt. Dies würde einer CO₂-Minderung von 26,6 kg/t Produkt bzw. 279,3 t / Jahr bei 10.500 t/a entsprechen. Zur Zeit werden ca. 4.500 t pro Jahr im Volllastbetrieb produziert. In der Praxis wird der Ofen zeitweise im Teillastbereich und mit einem nachgeschalteten Induktionsofen

betrieben. Hierbei wird ein Wert von ca. 141 t CO₂-Reduzierung pro Jahr bei der angenommenen Jahrestonnage von 10.500 t erreicht. Weitere Optimierungen werden zu dem Ziel von 160 t / Jahr CO₂-Reduzierung führen.

Summary

F. W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co. KG and the Ing.-Büro Effizienzmanagement Roth have together developed this innovative solution within the context of a "Plus Check". With this innovative billet furnace a significant improvement of the efficiency can be achieved. Essential factors are the number of burner nozzles for the billet heating, the new configuration of the nozzles and the adaption of the inside of the furnace to the billet diameter. Furthermore a high convection preheating chamber with ventilators is applied.

The exhaust fumes are led in a recuperator in order to preheat the combustion air for the gas burner. These measures result in the reduction of the natural gas consumption from 313 kWh/t aluminium to 192 kWh/t during full-load operation. Due to this measure there is a reduction of 26 kg CO₂/t aluminium rather 279,3 t/a, related to 10.500 t/a. At the moment 4.500 t/a are produced in full-load operation.

Working in part-load operation in combination with an induction heater, a reduction of about 141 t CO₂ per year will be achieved for the annual tonnage of 10.500 t. Further optimizations will lead to a reduction of 160 t/a.

Das Unternehmen

Die Firma F.W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH + Co. KG ist seit 1910 in der Aluminiumverarbeitung tätig. Zu Beginn der 60er Jahre wurde der Geschäftsbereich für Strangpresserzeugnisse aufgebaut, der heute mit einem mehrfach grundlegend modernisierten Maschinenpark für die hohen Anforderungen unserer Kunden bestens gerüstet ist. Gefertigt werden Halbzeuge, Profile und Rohre für die Bereiche Verkehrstechnik, Bautechnik, Industrie- und Wärmetauschartechnik. Im Werk sind zur Zeit 293 Mitarbeiter (incl. 24 Auszubildende) beschäftigt.



Abbildung 1: F.W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co KG in Ense
Bildquelle: FWB

1 Einführung

1.1 Ausgangslage

Der Prozessablauf vom Wareneingang (Bolzen \varnothing 178 – 216 mm x 5 bis 7 m Länge) bis zum fertigen Profil wird nachfolgend beschrieben. Es sind 3 Produktionslinien vorhanden, die durch einen gleichen Produktionsablauf gekennzeichnet sind. Zur Zeit werden 19 verschiedene Legierungen verarbeitet: 16 AlMgSi-, 2 AlMn- und 1 AlZnMg Legierungsvarianten.

1. Prozessschritt: Bolzenaufgabe und Bolzenwärmerung bei ca. 450 °C bis

500 °C

2. Prozessschritt: Die Bolzen werden auf Länge geschert und der Presse

zugeführt.

3. Prozessschritt: Mit Pressendrücker von max. 210 - 280 bar werden

Vollprofile (Flachwerkzeuge) und Hohlprofile

(Kammerwerkzeuge) mit Längen bis zu 70 Metern

hergestellt.

4. Prozessschritt: Das noch warme Profil (max. 540 °C) wird mit Luft oder

Wasser abgekühlt.

5. Prozessschritt: Die abgekühlten Profile kühlen sich in Abhängigkeit der

verschieden Wandstärken auch unterschiedlich ab,

dadurch werden die Profile "krumm" und müssen gereckt

werden

6. Prozessschritt: Ablängen der Profile auf Liefermaß mit der Einteilsäge

7. Prozessschritt: Alterungs- bzw. Aushärteprozess im Ofen bei ca. 180 -

200 °C

8. Prozessschritt: Mechanische Bearbeitung (Sägen, Fräsen, Stanzen,

Bohren, Biegen, Bördeln, etc.) und

Oberflächenbearbeitung (Eloxieren, Lackieren,

Beschichten)

9. Prozessschritt: Verpacken und Versenden

Auf der 20 MN-Presse (MN = Mega-Newton, der Wert trifft Aussagen über die Presskraft der Presse) werden ca. 10.500 t/a Aluminium zu unterschiedlichen Profilen

verarbeitet. Hierzu werden die eingesetzten Bolzen in einem Bolzenwärmschmelzofen auf die Verarbeitungsstempertur von ca. 450° C - 500° C erwärmt. Die Erwärmung erfolgt mit Gasbrennern; der spezifische Gasverbrauch liegt bei ca. **27,7 m³/t** oder **313 kWh/t** bei einem Heizwert von 11,3 kWh/m³.

Die heißen Abgase werden in der Vorwärmschmelzzone über die Bolzenoberfläche geführt und dann dem Abgaskamin zugeführt. Die Abgastemperaturen an der Esse wurden mit 458° C ermittelt, wobei dieser Wert noch Falschluffantelle enthält. Falschluff ist die Menge an Luft, die über das Maß der für die Verbrennungsvorgänge nötigen Luft hinausgeht. Ohne diese Falschluffantelle wäre erfahrungsgemäß mit ca. 600° C zu rechnen.

Die Idee zu diesem Projekt ist aus einem ®PIUS-Check heraus entstanden.

1.2 Projektziel

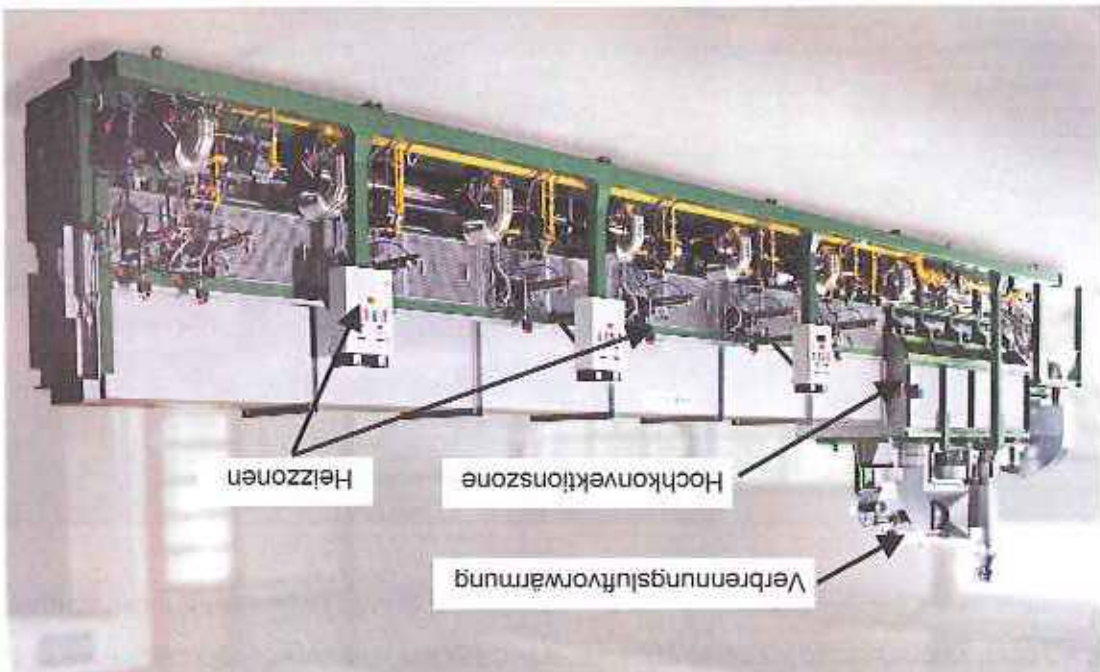
Die Überlegung für die Umsetzung dieses Projektes war zum einen die Erhöhung des Ofendurchsatzes, zum anderen der möglichst effiziente Einsatz von Energie.

Der klassische Weg die Produktivität eines Ofens zu steigern geht über eine Verlängerung der Vorwärmschmelzzone. Da dies jedoch aus Platzgründen bei Brokelmann und darüber hinaus in vielen anderen Unternehmen nicht möglich ist, soll die Produktivität mittels Umbau des **Blockerwärmschmelzofens** bei gleichzeitiger Senkung des spezifischen Erdgasverbrauchs erheblich gesteigert werden.

Folgende Maßnahmen sollen nun zur Verbesserung des Wirkungsgrades bei diesem neuen Ofenkonzept umgesetzt werden:

Die Anzahl der Brennerdüsen bei der Blockbeheizung zur Erzeugung der Flammen wird um den Faktor drei erhöht. Die Positionierung der Düsen zur Oberfläche der Al-Stangen wird optimiert. Durch die höhere Anzahl und die neuartige Anordnung der Düsen wird die für den Wärmeübergang genutzte Oberfläche der Aluminiumstange vergrößert. Dies führt zu einer geringeren Energiedichte pro Fläche (W/mm^2), jedoch über die erhöhte Anzahl von Brennern zu einem erhöhten Gesamteintrag an Wärmeenergie. Die projektierte Lösung ermöglicht eine verbesserte Wärmeübertragung in das Aluminium und führt somit zu einer besseren Energieausnutzung. Ebenfalls wird der Ofeninnenraum sehr genau auf den Bolzendurchmesser angepasst. Dadurch wird eine engere Abgasführung über die Aluminiumstangen erreicht, und diese Maßnahme führt zu einer verbesserten Energieaufnahme. Die bestehende Vorwärmszone wird durch eine Hochkonvektionszone ersetzt. Die Hochkonvektion wird rein über Ventilatoren erreicht. Nach der Hochkonvektionsvorwärmszone werden die Abgase noch zusätzlich durch einen Wärmetauscher geleitet, um die Verbrennungsluft für die Gasbrenner vorzuwärmen. Somit wird eine zur Zeit in der Branche noch nicht umgesetzte Verbrennungsluftvorwärmung bis hin zur maximal zulässigen Temperatur

Abbildung 2: neuer Gasofen mit Vorwärmskammer



der Brennerbauteile eingeführt, um auch die restliche in den Abgasen noch befindliche Energie positiv für die Erwärmung zu nutzen.

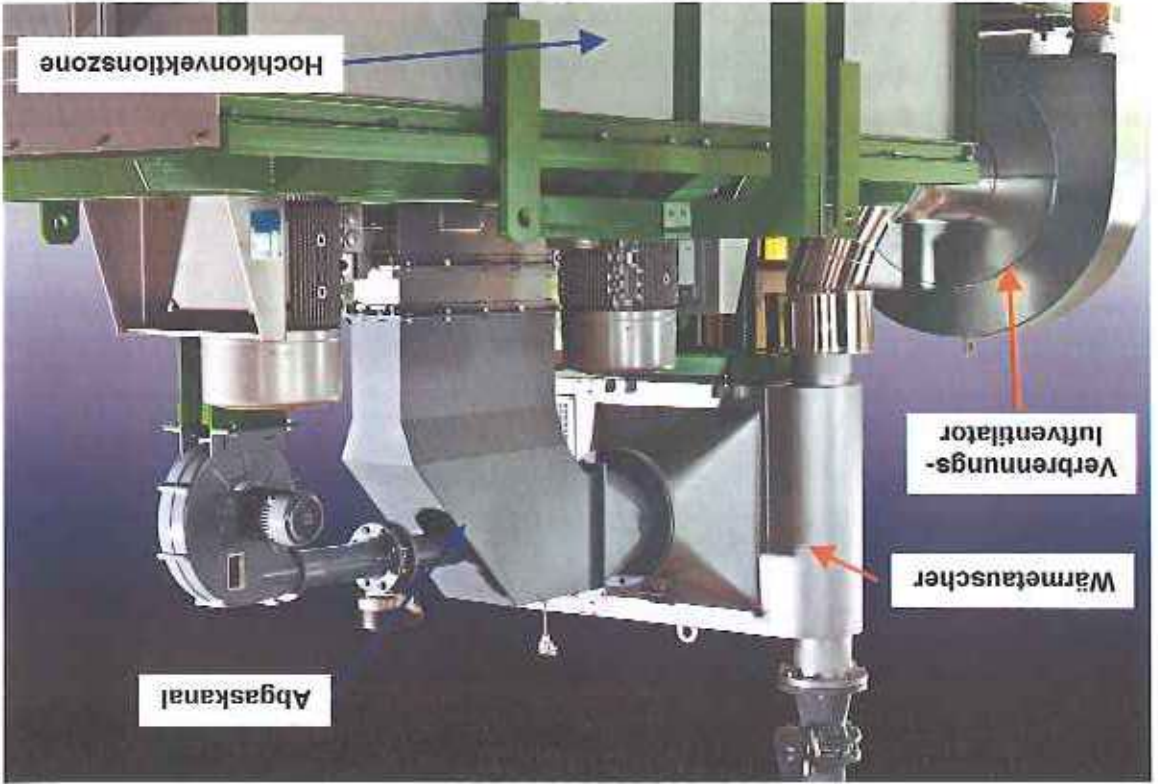


Abbildung 3: Verbrennungsluftvorwärmung

Die Gesamtheit dieser umgesetzten Maßnahmen soll sich in einem bisher nicht erreichten Gesamtwirkungsgrad der Anlage widerspiegeln. Durch diesen Umbau wird der Verbrauch von Erdgas von **313 kWh/t** auf ca. **190 kWh/t** gesenkt. Bei einer durch diesen Umbau ermöglichten Steigerung der Ausbringungsmenge um 25% wird gleichzeitig eine Einsparung von **793 MWh/a** erreicht. Dies entspricht bei einem Heizwert von **11,3 kWh/m³** einer Erdgasmenge von **70.000 Nm³/a** und einer Reduzierung der CO₂-Emission von **158 Tonnen/a**.

Weiterhin wird unmittelbar vor dem Pressen der Bolzenanfang induktiv erwärmt, um den Pressvorgang zu erleichtern. Da der Aluminiumbolzen aus dem Bolzenwärmungssofen jedoch momentan noch nicht die richtige Temperatur aufweist, wird in dieser Induktionsspule zusätzlich der gesamte Bolzen auf eine höhere Temperatur erwärmt. Dieser zusätzliche Energieeintrag soll zukünftig reduziert werden.