

Energieeinsparung und verbesserte Prozessführung

Energieeffizientes Recycling von Eisenreststoffen

Eine neuartige datenbank- und regelbasierte Prozessführung verbessert Energieeffizienz und Produkteigenschaften bei der DK Recycling und Roheisen GmbH. Die gewünschte Roheisenzusammensetzung wird mit höherer Genauigkeit erreicht. Eine kurze Amortisationszeit durch Einsparung von Energie und die gute Verständlichkeit durch eine Erklärungskomponente garantieren hohe betriebliche Akzeptanz.

Carsten Hillmann und Thorsten Hauck



1

Sinterband der DK Recycling und Roheisen GmbH



2

Hochofenwerk der DK Recycling und Roheisen GmbH in Duisburg

In der Stahl erzeugenden und weiterverarbeitenden Industrie Deutschlands werden jährlich mehrere 100 000 t eisenhaltiger Reststoffe, Sekundärrohstoffe und Nebenprodukte erzeugt. Angesichts des boomenden Stahl- und Eisenmarktes stellen diese wertvolle Einsatzstoffe dar, die, vergleichbar mit der konventionellen Eisengewinnung, in Hochöfen zu neuen Wertstoffen verarbeitet werden. Neben Roheisen soll dabei auch ein möglichst hoher Anteil von Begleitstoffen wie beispielsweise Zink zurückgewonnen werden.

Selbst mit qualitativ hochwertigen Rohstoffen ist die Prozessführung eines Hochofens und der Sinteranlage, die das Erz mit den Zusatzstoffen für den Hochofenprozess vorbereitet, eine komplexe Aufgabe. Ungleich schwieriger ist die Prozessführung beim Einsatz von Sekundärrohstoffen, insbesondere beim Recycling von Reststoffen mit häufig wechselnder und nicht optimaler Zusammensetzung. Es erstaunt daher nicht, dass der Brennstoffbedarf beim Recycling den der Roheisenerzeugung in der Stahlindustrie um nahezu 50 %

übersteigt. Die Prozessführung erfordert individuelle Entscheidungen der Betriebsmannschaft und damit ein hohes Maß an Erfahrung, damit die gewünschte Produktqualität bei möglichst großer Energieeffizienz erreicht wird.

Um die Prozessführung zu optimieren und das Bedienpersonal bei seinen Entscheidungen zu unterstützen, entwickelte das Betriebsforschungsinstitut (BFI) zusammen mit der DK Recycling und Roheisen GmbH, ein rechnergestütztes System zur Prozessplanung. Das Programm beruht auf Prozessmodellen

und auf wissensbasierten Regeln, die mit dem Erfahrungsschatz der Bedienmannschaften und mit umfangreichen Versuchen erarbeitet wurden. Es analysiert kontinuierlich den Prozesszustand an der Sinteranlage sowie am Hochofen und liefert Vorschläge für die wichtigsten energierelevanten Führungsgrößen. Ziel der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Forschungsarbeiten an der Sinteranlage und am Hochofen der DK Recycling und Roheisen GmbH waren die Einsparungen von Strom und Koks bei verbesserter Produktqualität. Das Förderkennzeichen zum Projekt „Energieeffizienzsteuerung“ lautet 327333. Eine Zusammenfassung wurde bereits im Bine-Informationssdienst unter www.bine.info veröffentlicht.

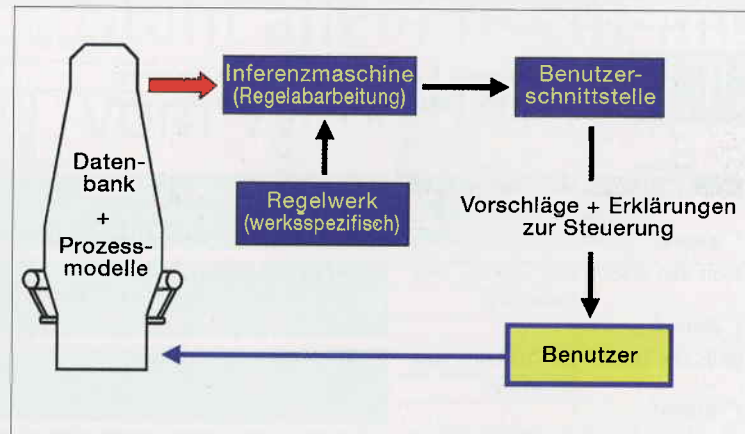
Das Recyclingverfahren

Die Verarbeitung von eisenhaltigen Stoffen wie z. B. Gichtschlamm oder Walzzunder erfordert zwei Schritte. Zunächst wird ein Gemisch der Eisenträger mit Koksgrus und Zuschlagstoffen in einer Sinteranlage zu einem für den Hochofen einsatzfähigen Sinter aufbereitet, Bild 1. Pro Jahr werden ca. 420 000 t Sinter produziert.

Die Eigenschaften des Sinters wie z. B. die Sinterfestigkeit oder der FeO-Anteil sind entscheidend für die Energieeffizienz im nachfolgenden Hochofenprozess. Der Hochofen wird mit dem Möller aus Sinter, Koks und Zuschlägen befüllt, Bild 2. Er produziert ca. 270 000 t Roheisen im Jahr. Das Reaktionsgas, ein Gemisch aus CO und CO₂, verlässt den Hochofen als sogenanntes Gichtgas und dient gereinigt als Brennstoff für die Winderhitzer. Ferner wird es zur Strom- und Dampferzeugung im eigenen Kraftwerk genutzt.

Ziel: Produktqualität und Energieeffizienz verbessern

Die als Rohstoff eingesetzten eisenhaltigen Stoffe weisen oft einen hohen Zinkanteil auf, der



3

Struktur der Energieeffizienzsteuerung zur Hochofenführung

die Betriebsführung des Hochofens erschwert und seine Betriebsergebnisse erheblich verschlechtert. Ein erhöhter Energieeintrag durch Extrakoks und eine Anhebung der Gichtgastemperatur bewirkt in der Praxis einen erhöhten Zinkaustrag über den Gichtstaub. Dies erhöht zwar den Energieverbrauch, ist aber günstiger als eine weitere Zinkanreicherung. Die Kombination von Prozessmodellen sowie praxisbasierenden Regelwerken für den Sinter- und Hochofenprozess ist dabei ein innovatives Konzept zur gleichzeitigen Prozessbewertung und daraus resultierenden, automatisierten Vorschlägen zur Prozessführung.

Prozessmodelle

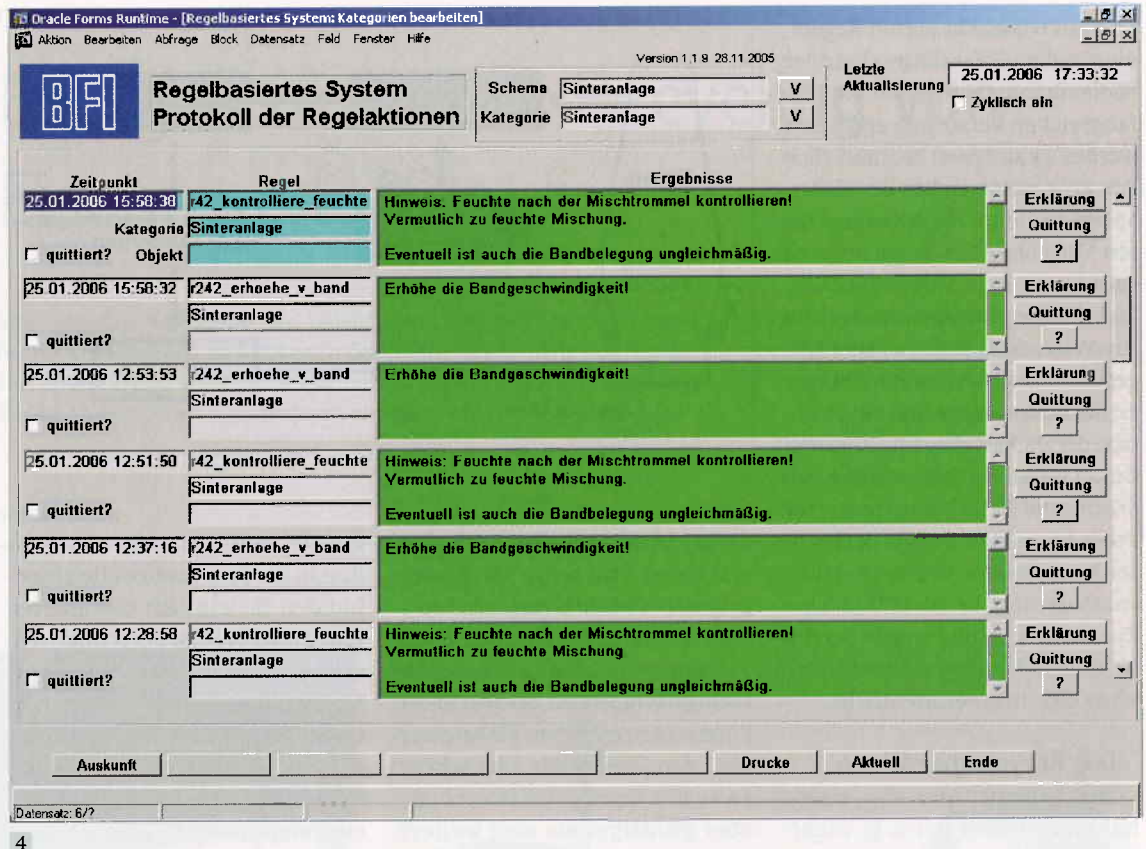
In Betriebsversuchen an der Sinteranlage und am Hochofen wurden Prozessmodelle entwickelt, die Stoff- und Wärmebilanzen umfassen sowie das an die speziellen Prozessbedingungen angepasste Zwei-Stufen-Bilanzmodell. Die Prozessmodelle für den Hochofenprozess ermöglichen einen besseren Vergleich der Energieeffizienz zu unterschiedlichen Zeitpunkten.

Die Auswertungen zeigten, dass betriebliche Randbedingungen wie z. B. der Gehalt an Roheisenbegleitstoffen sowie Bilanzfehler aufgrund ungenauer Messwerte eine deutliche Streuung des Energieverbrauchs verursachen. Diese energierelevanten Randbedin-

gungen werden als Korrekturgrößen in die Prozessmodelle eingebunden. So wird ein korrigierter Energieverbrauch berechnet, der zur energetischen Bewertung relevanter Zeitspannen wesentlich besser geeignet ist. Auf diese Weise helfen die Prozessmodelle, die Prozessführung zu analysieren, eine ungünstige Prozessführung zu erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen einzuleiten.

Energieeffizienzsteuerung

Regelwerke für die Prozessführung der Sinteranlage und des Hochofens bilden den Kern des Programmsystems „Energieeffizienzsteuerung“, Bild 3. Die Regelwerke unterstützen das Bedienpersonal von Sinteranlage und Hochofen durch Handlungsvorschläge. Sie beruhen wesentlich auf Erfahrungen des Betriebspersonals, die durch Diskussionen mit dem Betriebspersonal sowie Betriebsdatenauswertungen ermittelt wurden. Um die Regelwerke automatisiert abuarbeiten, wurde ein spezielles Softwareprogramm eingesetzt, das Inferenzmaschine genannt wird. Diese Inferenzmaschine ist innerhalb der Energieeffizienzsteuerung mit den Sinter- und Hochofenprozessdatenbanken sowie den Prozessmodellen verbunden. Zentraler Bestandteil des Programmsystems ist die Benutzerschnittstelle mit der Erklärungskomponente, die zu jedem Handlungsvorschlag eine



Benutzerschnittstelle des Sinteranlagen-Regelwerks

ausführliche und verständliche Erläuterung gibt, Bild 4.

Energieeinsparung und Wirtschaftlichkeit

Der Energieeinsatz für Sinteranlage und Hochofen sinkt durch die Energieeffizienzsteuerung um mehr als 10 %. Bei einem Durchsatz von 270 000 t Roheisen, einem Kokspreis von ca. 200 €/t Koks und einem Koksatz von 600 kg/t RE (Energiekosten 32 Mio. €/a) beträgt die Einsparung ca. 3 Mio. € pro Jahr. Ein weiterer wichtiger Vorteil, der allerdings wirtschaftlich schwer zu bewerten ist, ist die Vergleichmäßigung der Roheisenqualität. Auf diese Weise wird die Qualität des Produktes erheblich gesteigert, da vom Hochofen ein metallurgisch gleichmäßigeres Produkt geliefert wird.

Fazit

Die neue Energieeffizienzsteuerung zur Prozessführung beim

Recycling eisenhaltiger Stoffe hat sich inzwischen im Praxiseinsatz bewährt und wird jetzt im Sinter- und Hochofenprozess dauerhaft genutzt. Für den Hochofen wurde eine Energieeinsparung von über 10 % erreicht. Gleichzeitig konnte der gewünschte Silicium- und Kohlenstoffgehalt im Roheisen exakter erreicht und der Gehalt an Alkalien und Zink im Hochofen besser kontrolliert werden. In der Summe ist das neue System damit hoch wirtschaftlich. Die bisherigen Ergebnisse sollen in weiteren Forschungsarbeiten ergänzt werden. So ist z. B. die Einbindung einer automatischen Probenahme zur Verbesserung der Sinterqualität geplant.

Zusammen mit der Transparenz des Regelwerks führten die guten Betriebsergebnisse zu einer hohen Akzeptanz bei der Betriebsmannschaft. Dies ist auch deshalb wichtig, da das Regelwerk

bei Veränderungen der Betriebsbedingungen angepasst werden muss. Die Energieeffizienzsteuerung soll jetzt auch in weitere Betriebsanlagen installiert werden. Offline kann die Energieeffizienzsteuerung der Schulung neuer Mitarbeiter dienen. Als modulares Softwareprogramm kann die Energieeffizienzsteuerung sowohl inhaltlich als auch funktional auf weitere industrielle Anwendungen übertragen werden, z. B. auf konventionelle Hochofen oder Kupolöfen, die in vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen eingesetzt werden.

Thorsten.Hauck@BFI.de

Dr.-Ing. Carsten Hillmann,
DK Recycling und Roheisen GmbH,
Duisburg; Dr.-Ing. Thorsten Hauck,
Betriebsforschungsinstitut VDEH-
Institut für angewandte Forschung
GmbH, Düsseldorf