

GASWÄRME

International

Gasanwendung in Industrie und Gewerbe

Schwerpunkt
Thermoprosesstechnik

Effiziente Trocknung von Aluminiumspänen

Efficient drying of aluminium swarfs

Dr.-Ing. Björn Henning, Jasper GmbH, Quickborn (Germany)
Petr Brecka, Anbremetall a.s. and Aluhut a.s., Dobříš (Czech Republic)

erschienen in

GASWÄRME International 7/2006

Vulkan-Verlag GmbH, Essen

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



Effiziente Trocknung von Aluminiumspänen

Efficient drying of aluminium swarfs

Zur Deckung des Aluminiumbedarfs ist die Wiedergewinnung von Aluminium aus Schrott, Alt- und Abfallmaterial sowie aus der Produktion anfallender Schrotte (Späne, Angüsse etc.) von großer Bedeutung. Durch das Umschmelzen von diesen Schrotten wird Sekundäraluminium gewonnen, welches durch effektive und modernste Verfahren dem Primäraluminium qualitativ absolut ebenbürtig ist, aber viel weniger Energie pro Produktionseinheit erfordert. Im Recyclingprozess ist das direkte Wiedereinschmelzen von wasser- und ölhaltigen Aluminiumspänen zum einen gefährlich und zum anderen oftmals wirtschaftlich nicht sinnvoll. Verlängerte Schmelzzeiten, da die Späne schlecht unter die Badoberfläche gelangen, Dampfexplosionen aufgrund des Wassergehaltes sowie erhöhter Abbrand der Späne sind die häufigsten Nachteile. Um ein wirtschaftliches und umweltfreundliches Recycling von Aluminiumspänen zu erreichen, ist ein thermischer Aufbereitungsprozess (Trocknung) sinnvoll. In einer Zusammenarbeit der Jasper GmbH und der Firma Aluhut a.s. wurde eine konventionelle Spänetrocknungsanlage wieder aufgebaut und nach dem heutigen Stand der Technik modernisiert.

The recycling of aluminium from scrap, old and waste material as well as resulting scrap from production (swarfs, cast boss etc.) is of great importance. The product out of remelting of these scraps is secondary aluminium. As a result of effective and most modern procedures the quality is absolutely equal to primary aluminium, but it requires much less energy per production unit. In the recycling process the directly remelting of aluminium swarfs which contain water and oil is on the one hand dangerous and on the other hand often economically insensate. The most frequent disadvantages are extended melting times, because of the swarfs immerse scarcely under the bath surface, steam explosions due to the water content and raising melting losses of the swarfs. A thermal treatment (drying process) is a solution to achieve an economic and environment-friendly recycling of aluminium swarfs. In cooperation of Jasper GmbH and Aluhut a.s. a conventional swarf drying plant was rebuilt and modernized according to today's "state of art" techniques.

Aluminiumspäne stellen einen im Recycling wiederzugewinnenden wertvollen Rohstoff dar. Diese Späne fallen zum Teil nass, mit Öl oder Fett verschmutzt, teilweise auch wollig und ineinander verknäult an. Neben anderen Feststoffen enthalten sie Eisenanteile, die aus den Spänen entfernt werden müssen, um beim Einschmelzen eine Anreicherung des Eisengehaltes zu vermeiden. Ein Abscheiden der Eisenanteile mit Hilfe von Magnetabscheidern ist bei nassen, verklebten und wolligen Spänen nicht möglich.

Dementsprechend müssen Aluminiumspäne aufbereitet bzw. getrocknet werden. Zudem müssen wollige Späne zuerst zerkleinert bzw. gebrochen werden. Die Trocknung von Aluminiumspänen hat weitere elementare Vorteile. Durch die Eingabe von getrockneten Spänen in einen Schmelzofen werden Dampfexplosionen, das Spritzen von Aluminium und umweltbelastende Rauchbildung minimiert oder gar ganz vermieden.

Diese Art der wichtigen thermischen Vorbehandlung von Aluminiumspänen erfordert einen gewissen Aufwand an Arbeit und Energie. Um diesen thermischen Pro-

zess wirtschaftlich und umweltfreundlich durchzuführen gilt es, altbekannte Prozesse mit Verfahren zu kombinieren, die dem heutigen Stand der Technik entsprechen.

In einer Zusammenarbeit der Firma Aluhut a.s. in Dobříš (Tschechien) und der Jasper GmbH in Geseke (Deutschland) wurde eine konventionelle Spänetrocknungsanlage mit Drehtrommel und Thermischer Nachverbrennung (TNV) – nach dem heutigen Stand der Technik – neu aufgebaut und zusätzlich mit einer regenerativen Wärmerückgewinnungsanlage ausgerüstet.

In diesem Artikel sind der Aufbau und die Funktionsweise dieser Spänetrocknungsanlage beschrieben sowie erste Betriebsergebnisse hinsichtlich Energieverbrauch, Durchsatz und Emissionen dargestellt.

Aufbau und Funktionsweise der Spänetrocknungsanlage

Aluminiumspäne fallen in den unterschiedlichsten Formen an. Sie sind verschmutzt mit Ölen und Fetten, nass und haben unterschiedlichste Größen. Wenn diese Späne als „Wollknäuel“ auftreten ist eine mechanische Zerkleinerung (Brecher) notwendig.

Des Weiteren müssen unerwünschte Bestandteile, z. B. Formteile, vorher über ein Rüttelsieb aussortiert werden.

Späne, die durch ein Rüttelsieb gefallen sind, werden anschließend in eine Bunkereinheit (1) überführt. Diese Bunkereinheit dient als Materialpuffer, um einen konstanten Betrieb der Anlage zu gewährleisten. Von dieser Bunkereinheit erfolgt die Dosierung der Späne in eine Transportrinne, welche die Späne der Drehtrommel zuführt (2). Dieser Transport ist automatisiert und variabel und hängt im Wesentlichen vom Anlagenzustand ab. In der Drehtrommel erfolgt eine direkte Beheizung der Späne mit Regenerativbrennern.

Die Verweilzeit der Späne in der Drehtrommel muss ausreichend sein, damit sie am Ende vollständig getrocknet, respektive öl- und fettfrei sind. Über einen Steilförderer (3) und ein Transportband gelangen die Späne zu einem Magnetabscheider (4). Eisenhaltige Späne werden so von den Aluminiumspänen getrennt und unterschiedlichen Behältern (5) zugeführt.

Ein ebenso wichtiger thermischer Prozess wie die Trocknung der Späne in der Drehtrommel findet auf der anderen Seite statt. Die entstehenden Rauch-respektive Pyrolysegase in der Drehtrommel müssen in einer TNV (Thermischen Nachverbrennung) verbrannt werden. Hinter der Filteranlage (9) befindet sich ein Saugzuggebläse welches dafür sorgt, dass die Rauchgase über einen Zyklon (6) der TNV (7) zugeführt werden. Ein Regenerativbrenner im kontinuierlichen Regelbetrieb sorgt für die vollständige Verbrennung der Rauch- und Pyrolysegase. Das komplette, heiße Abgas aus der TNV



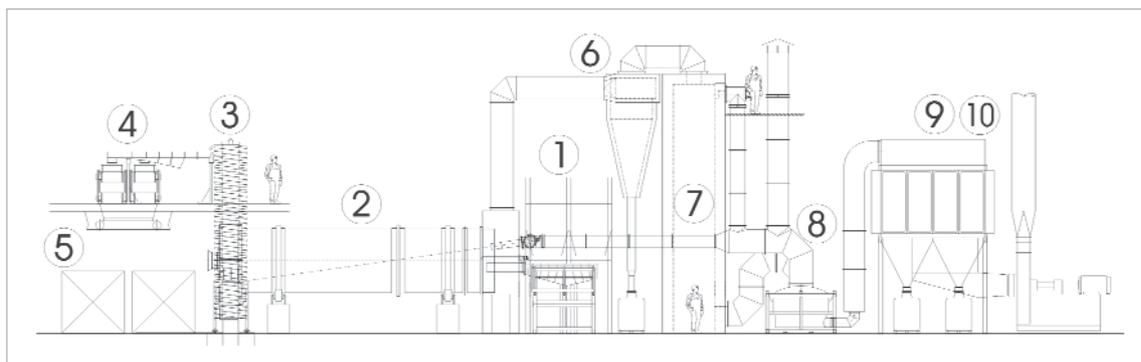
Dr.-Ing. Björn Henning
Jasper GmbH, Quickborn
(Germany)
Tel. 0 41 06/80 43 14
E-Mail:
b.henning@jasper-gmbh.de



Petr Brecka
Anbremetall a.s. and Aluhut a.s.,
Dobříš (Czech Republic)
Tel. +420 31853 3111
E-Mail:
p.brecka@aluhut.cz

Bild 1:
Übersicht der
Spänetrocknungsanlage

Fig. 1:
Overview drying swarf
plant



(7) geht durch den drehenden Regenerator (EcoReg®) (8). Die Abgastemperatur hinter dem EcoReg® ist deutlich unter 200 °C und kann ohne zusätzliche, aufwendige Rauchgaskühlung der Filteranlage (9) zugeführt werden. Zusätzliche Emissionsminderungsmaßnahmen sind nicht notwendig, sodass die Abgase direkt über den Kamin (10) gehen (**Bild 1** und **Bild 2**).

Zur Überwachung, Regelung und Automatisierung der Anlage kommen hier die verschiedensten Messverfahren zum Einsatz. Die Füllstandsmessung der Vorratsbehälter und der Container erfolgt mittels Ultraschallmessung. Thermoelemente sind in allen Bereichen der Anlage installiert, wobei die Drehtrommel mit Anlegethermoelementen ausgerüstet ist, die über eine Funk-einheit die Werte der Wandtemperaturen entlang der Trommel an den Hauptrechner senden.

Zusätzlich gibt es eine O₂-Messung, respektive Regelung an der Anlage hinter der thermischen Nachverbrennung (TNV). Das Abgas wird hinter der TNV via Messgaspumpe abgezogen, in einer Waschflasche und Filter gereinigt, gekühlt und der im Abgas enthaltene Sauerstoffgehalt wird mittels paramagnetischen Prinzips im Analysator bestimmt.

Direkte Befeuerung der Späne in der Drehtrommel

Die direkte Befeuerung der Drehtrommel ist eine verfahrenstechnische Herausforderung. Aluminiumspäne zeichnen sich durch eine starke Inhomogenität in ihrer Größe und Verschmutzung aus. Durch die Wärmebehandlung der Späne werden Öle und Fette in Form von Pyrolysegasen freigesetzt. Zum einen gilt es aus Gründen der Sicherheit unerwünschte Reaktionen wie ein Durchzünden dieser Gase respektive Explosionen zu vermeiden und zum anderen ein Verbrennen der Späne zu unterdrücken. Hier ist eine exakte Regelung der Temperaturen im Rauchgas und an der Drehtrommel notwendig. Die Anforderungen an die Brenner in der Drehtrommel bestehen nun darin, einen großen Regelbereich zu haben. Des Weiteren müssen Stoffeintrag und Drehzahlen der Trommel schnell regelbar sein. Möglichst „homogene“ Spänsorten wirken sich positiv auf Regelung und Ausbeute aus. Ölbehaftete Späne bringen im Energieverbrauch einen weiteren Vorteil, da die Brenner im Kleinlastbetrieb arbeiten können oder gar nur vorgewärmte Luft – aus der regenerativen Wärmerückgewinnung hinter der TNV – in die Drehtrommel einbringen. Späne mit ho-

hem Wassergehalt hingegen benötigen in diesem Prozess einen höheren Energie-Input. Dem kann entgegengesteuert werden, indem in der Transportrinne zur Trommel Öl oder eine Wasser-Öl Emulsionen hinzugegeben wird, um die Späne zu „befeuchten“.

Thermische Nachverbrennung und Wärmerückgewinnung

Die Pyrolysegase aus der Drehtrommel müssen vollständig verbrannt werden bevor sie der Filteranlage oder die Umgebung abgegeben werden. Ein kontinuierlich arbeitender Regenerativbrenner mit großem Regelbereich sorgt für eine vollständige Verbrennung bei Temperaturen zwischen 800 °C und 1000 °C innerhalb der TNV.

Das heiße Abgas wird einem Wärmetauscher, in diesem Fall dem drehenden Regenerator (EcoReg®) zugeführt. Das entscheidende Kriterium für die Auswahl eines geeigneten Wärmerückgewinnungssystems ist, dass dieses kontinuierlich arbeiten muss. Die Entscheidung liegt hier zwischen einem klassischem Rekuperator oder einem drehenden Regenerator.

In einem drehenden Regenerator werden prinzipiell zwei Regeneratoren eines klassischen Regeneratorbrenners physikalisch zusammengefasst. Das Regenerator-Unterteil und das Regenerator-Oberteil sind feststehend. Unterteil und Oberteil haben jeweils zwei Kammern, durch die das kalte/heiße Abgas bzw. die kalte/heiße Verbrennungsluft strömen. Der Mittelteil ist drehbar zwischen Unterteil und Oberteil gelagert und in Segmente aufgeteilt. Die Abdichtung des Mittelteils erfolgt über Dichtleisten aus Stahl bzw. Keramik. Die Wärmetauscherfüllung in den Segmenten wird durch die Drehbewegung des Mittelteils mit heißem Rauchgas durchströmt. Sie entnimmt die Wärmeenergie dem Abgas und speichert sie in der Wärmetauscherfüllung. Bei der weiteren Drehbewegung des Mittelteils kommen die heißen Segmente in den Bereich der kalten Verbrennungsluft. Die Wärmetauscherfüllung gibt die gespeicherte Wärme an die kalte Verbren-



Bild 2:
Drehtrommel der
Spänetrocknungsanlage
Fig. 2:
Rotary drum of the
drying swarf plant



Bild 3: Wärmerückgewinnung hinter der TNV mittels EcoReg®

Fig. 3: Heat recovery behind the thermal post combustion by an EcoReg®

nungsluft ab. Das Segment verliert an Temperatur und dreht weiter in den heißen Teil, wo eine erneute Aufheizung stattfindet (Bild 3).

Der Regenerationsgrad ist durchschnittlich größer 80 % bezogen auf die Eintrittstemperatur des Rauchgases. Die den EcoReg® Drehbett-Regenerator verlassenden Abgase haben je nach Auslegung dann noch eine Austrittstemperatur von 150°C bis 220°C und können direkt der Filteranlage zugeführt werden.

Nach dem heutigen Stand der Technik hat der Drehbettregenerator einen weiteren, extrem wertvollen Vorteil. Dieser Regenerator kann hervorragend als Dioxin-Quentsche eingesetzt werden. Dioxine (und Furane)

werden nicht hergestellt, sondern entstehen im Verbrennungsprozess unbeabsichtigt, z. B. durch die Anwesenheit von Kunststoffen (Chlor und Brom), in Schrotten [1].

Für Dioxin-Quentschen mit Wassereindüsung ist eine Temperaturabsenkung von mindestens 700°C in weniger als 1 Sekunde gefordert. Die Abgase müssen anschließend bei Anwesenheit von Staub- oder Aschepartikeln unter der Temperatur für die Neubildungssynthese von ca. 300°C bleiben! Die Größe der nötigen Filteranlage steigt dabei durch das zusätzliche Wasserdampfvolumen. Regeneratoren, die 100 % Abgas absaugen können, sind als Ersatz für eine Wasser-Quentsche prädestiniert.

Die Verweilzeit des Abgases im EcoReg®-Regenerator liegt unter 0,5 Sekunden. Das Abgas wird dabei auf Temperaturen zwischen 150 und 220°C abgekühlt. Eine direkt der Anlage zugeordnete Filteranlage spart aufgrund ihrer kleineren Abmessungen noch einmal Investitionskosten und bezahlt den EcoReg®-Regenerator.

Der „Return on Investment“ wird somit nicht nur durch die alleinige Energieeinsparung erzielt.

Steuerung und Visualisierung

Die gesamte Spänetrocknungsanlage wird mit einer Siemens S7 Steuerung geregelt. Theoretisch ist nur noch eine Person notwendig, die somit die ganze Anlage überwachen und steuern kann. Allein Sicherheitsvorschriften erfordern eine zweite Person an der Anlage. Die Anlage kann sowohl im Automatik- als auch im Hand-Modus gefahren werden. Über die Visualisierung an einem Monitor werden alle Messdaten und Einstellungen sowie Betriebs- und Störmeldungen angezeigt. Über die Visualisierung kann sofort in die Regelung der Anlage eingegriffen bzw. Änderungen in den Einstellungen vorgenommen werden.

Bild 4 zeigt exemplarisch einen Screenshot des Fließschemas. Darüber hinaus können alle Daten, die notwendig sind, in die Visualisierung eingebunden werden. Die Datenaufnahme und Reproduzierbarkeit von Betriebsabläufen ist allein durch den Speicherplatz der Datensicherung begrenzt.

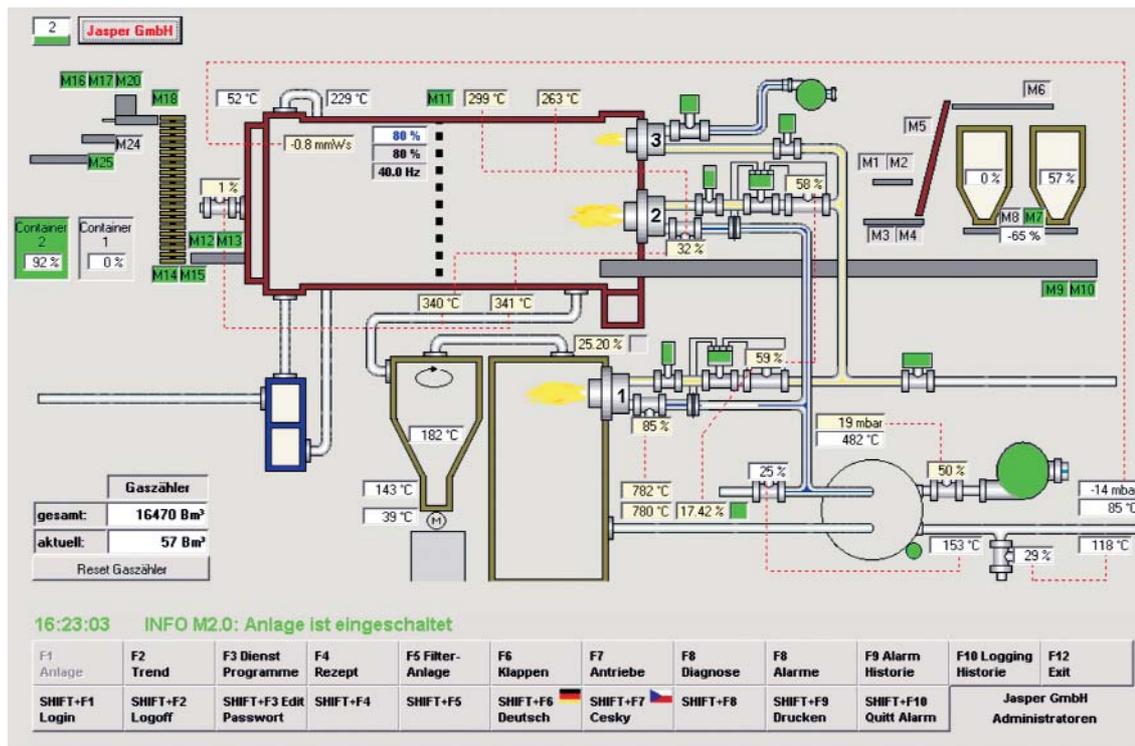


Bild 4: Anlagenübersicht in VisiWinStudio

Fig. 4: Flow sheet of the drying swarf plant



Tabelle 1: Erste Betriebsergebnisse der Spänetrocknungsanlage

Table 1: First results during operation

Spänesorte	Öl und Wasser Feuchte in Gew.-%	Durchsatz t/h	E-Verbrauch kWh/t
Späne A	13,70	2,67	323,55
Späne B	11,59	2,70	515,80

Ergebnisse

Erste Betriebserfahrungen und Ergebnisse mit der modernisierten Spänetrocknungsanlage zeigt **Tabelle 1**. Mit der Spänesorte A – mittelgrobe bis grobe Späne – wurde ein Durchsatzmittelwert von 2,67 t/h erreicht. Die ursprüngliche Auslegung dieser Anlage vor der Modernisierung betrug 1 t/h. Durch die erhöhte Verunreinigung mit Öl lag der Energieverbrauch bei ca. 325 kWh pro t Aluminiumspan. Für die Spänesorte B – ebenfalls mittelgrobe bis grobe Späne – lag der Durchsatz bei 2,7 t/h. Der höhere Energieverbrauch von ca. 515 kWh pro t Aluminiumspan ist auf einen höheren Wassergehalt zurückzuführen. Sinnvoll ist es homogene Spänesorten zu fahren, um einen möglichst kontinuierlichen Anlagenzustand zu erreichen. Leider ist dies nicht immer möglich und erfordert daher eine gewisse Flexibilität in der Steue-

rung. Infolge dieser Flexibilität wurden für die Spänesorte A Durchsätze von bis zu 4 t/h erreicht. Entscheidend für den Wirkungsgrad der Anlage ist der Restfeuchtegehalt der Aluminiumspäne. Bei den bisher eingesetzten und getrockneten Spänesorten lag der Restfeuchtegehalt deutlich unter 0,5 Gew.-%.

Späne mit einem solchen Trocknungsgrad können unbedenklich einem Schmelz- oder Legierungssofen hinzugegeben werden.

Die Emissionsmessungen nach den gesetzlichen Bestimmungen der TA-Luft sind in der **Tabelle 2** dargestellt. Alle Werte sind weit unter den gesetzlich bestimmten Grenzwerten. Selbst die Werte für die Stickoxidemissionen liegen mit dem maximal gemessenen Wert von 56 mg/m³ auf einem absolut niedrigen Level.

Tabelle 2: Ergebnisse der behördlichen Emissionsmessungen

Table 2: Results of the official emission measurement

Bezeichnung	Feste Stoffe [mg/m ³]	C [mg/m ³]	NO _x [mg/m ³]	SO ₂ [mg/m ³]	TOC [mg/m ³]
Messung I	1,33	13	56	19	1,8
Messung II	0,17	11	51	25	3,1
Messung III	0,5	10	49	34	3,6
max.	1,4	14	56	38	4,1

Fazit

Eine der wichtigsten durch Recycling zurückgewonnenen Rohstoffe sind Aluminiumspäne, doch ihr Aufbereiten erfordert einen hohen Arbeits- und Energieaufwand. Um diesen thermischen Prozess wirtschaftlich und umweltfreundlich zu realisieren, müssen herkömmliche Prozesse mit Verfahren kombiniert werden, die dem heutigen Stand der Technik entsprechen. In Zusammenarbeit mit der Firma Aluhut a.s. in Dobříš (Tschechien) und der Jasper GmbH in Geseke (Deutschland) wurde eine konventionelle Spänetrocknungsanlage mit Drehtrommel und thermischer Nachverbrennung mit aktueller Technik neu aufgebaut und zusätzlich mit einem drehenden Regenerator (EcoReg®) ausgerüstet. Erste Betriebserfahrungen zeigen einen um das 2,5 bis 4-fache höheren Durchsatzmittelwert bei einem Energieverbrauch von 300-500 kWh pro Tonne.

Dieses erfolgreich abgeschlossene Projekt verdeutlicht eindrucksvoll die enormen Einsparpotenziale und Produktivitätsgewinne, die durch gezielte Investitionen in moderne Technik beim Aluminiumrecycling erzielt werden können, bei gleichzeitig verbesserter Umweltverträglichkeit.

Literatur

- [1] Jasper, H.D.: Low energy and emission in tandem: State of the Art HiTAC-Combustion; 4th International Symposium on High Temperature Air Combustion and Gasification, Rome 2001
- [2] Gansen, H.; Güngör, M.; Jasper, H.D.: Energieoptimierung einer Sekundärschmelzhütte, Gaswärme International 08/2003, Vulkan-Verlag
- [3] von Starck, A.; Mühlbauer, A.; Kramer, C.: Praxishandbuch Thermoprozesstechnik, Vulkan-Verlag 2003
- [4] Henning, B.; Jasper, R.: MultiMelter® – The new generation of aluminium melting furnaces, Heat Processing 2/2004, Vulkan-Verlag
- [5] Henning, B.; Jasper, R.: Einsatz von Drehregeneratoren bei der thermischen Abfallverwertung, Gaswärme International 6/2004, Vulkan-Verlag ■