



Spänereinigung im industriellen Maßstab erlaubt einen hocheffizienten Rohstoffkreislauf.

Metallspäne-Reinigung

Rückführung kostbarer Wertstoffe durch Entölen von Spänen

Metallische Bearbeitungsspäne sind in der Regel mit Kühlschmierstoffen verunreinigt und lassen sich schlecht in den Wertstoffkreislauf zurückführen. Ein innovativer und ressourcenschonender Entölungsprozess erlaubt es nun, teure Metalle, die als Legierungselemente enthalten sind, zurückzugewinnen. Dabei werden die Späne in einem mehrstufigen Verfahren gewaschen und anschließend getrocknet.

VON NORBERT PÄHLER, HOLGER BIEDERMANN, UDO MEYNERTS, MÜLHEIM UND CARSTEN RESCHKE, DANIEL SCHUBERT, EGON ERICH, RÜDIGER DEIKE, DUISBURG

Metalle aus Bearbeitungsspänen zurückgewinnen, die mit Kühlschmierstoffen verunreinigt sind, das ist mit der Entölungsanlage möglich, die die RHM Rohstoff-Handelsgesellschaft mbH in Herne in Betrieb genommen hat.

Unter dem Aspekt des Schutzes natürlicher Ressourcen und nachhaltiger Produktionsmodelle haben die RHM Rohstoff-Handelsgesellschaft mbH in Mülheim an der Ruhr und das Institut für Technologien der Metalle der Universität Duisburg-Essen (ITM) gemeinsam mit weiteren Partnern ein industrielles Entölungsverfahren entwickelt, in dem die Späne mit einem Gemisch aus Wasser und Tensiden in einem mehrstufigen Prozess gewaschen und anschließend getrocknet werden. Im

Vergleich zu bisher genutzten thermischen Verfahren ist es damit möglich, den Energieeinsatz um ca. 40 % und die CO₂-Emissionen um gut zwei Drittel zu senken.

Die Bedeutung der Gießerei-Industrie in einer Circular Economy

Im Rahmen der nationalen Strategie zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland [1] werden unter anderem 17 Nachhaltigkeitsziele definiert, zu denen auch

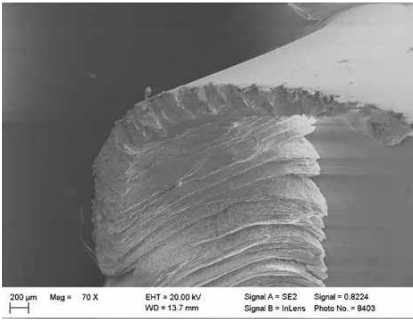


Bild 1: REM-Aufnahme eines Spans.

ein verantwortungsvoller Verbrauch von Rohstoffen und entsprechend verantwortungsvolle sowie nachhaltige Produktionsmodelle (Ziel Nr. 12) gehören. Diese sollen es ermöglichen, die natürlichen Ressourcen heute und für die Zukunft zu schützen. Ziel einer „Circular Economy“ ist es, ein globales Wirtschaftswachstum mit einer so weit wie möglichen Entkopplung von weiter steigenden Rohstoffverbräuchen [2] zu erreichen. Für den Bereich der Gießerei-Industrie führt der Weg dahin zum Beispiel über die Zusammenarbeit mit der Schrottwirtschaft [3], die die Stoffströme der Sekundärrohstoffe managt, die Sekundärrohstoffe sortiert, aufbereitet und der Gießerei-Industrie als Einsatzstoffe zu Verfügung stellt, die daraus nachhaltig und hochgradig ressourceneffizient neue Produkte in fast geschlossenen metallischen Rohstoffkreisläufen fertigt. Die Gießerei-Industrie zeichnet eine jahrzehntelange, kontinuierlich anhaltende und von Kreativität geprägte Entwicklung aus, mit dem Ergebnis, dass steigende Anteile an Sekundärrohstoffen (recycled content), in der Regel in Form von Schrott, aber auch Abfallstoffe anderer Art, wie z.B. Späne, Schlämme und Stäube in den Herstellungsprozessen erneut genutzt werden können. Ein weiterer Entwicklungsschritt in diese Richtung ist die industrielle Entölungsanlage der Firma RHM für Bearbeitungsspäne, die mit Kühlschmierstoffen behaftet sind.

Aktuelle Situation

In metallverarbeitenden Betrieben fallen jährlich durch spanende Fertigungsverfahren wie Drehen, Bohren und Fräsen etwa 1,5 Millionen Tonnen an Metallspänen [4] an. Zur Kühlung der Werkstücke und Werkzeuge, um die Reibung während des Bearbeitungsprozesses zu verringern und um die abgetrennten Metallteilchen aus dem Arbeitsbereich zu entfernen, werden Kühlschmierstoffe (KSS) verwendet. Die anfallenden Späne sind von daher mit KSS versetzt, da z.B. je nach Verfah-

ren bei der spanabhebenden Fertigung auf der Spanoberfläche durch Faltungen Spalten (Bild 1) gebildet werden, in denen sich die KSS ansammeln. Da diese aus mineralischen oder synthetischen Ölen bestehen, lassen sich die damit verunreinigten Späne nicht wieder direkt in den Wertstoffkreislauf zurückführen, was aber besonders bei Spänen aus der Bearbeitung hochlegierter Stähle wirtschaftlich Sinn machen würde. Für diese Werkstoffe, bei denen die Gehalte der Legierungselemente (Ni, Mo, Nb, Cr, V, W usw.) im einstelligen bis zweistelligen Prozentbereich liegen, sind hohe Legierungskosten die Regel.

Oftmals sind die Kohlenstoffgehalte der zu produzierenden Stahlqualitäten allerdings so gering, dass bei einem direkten, nichtentöhten Einsatz dieser Späne zu berücksichtigen ist, dass der Stahl über die Ölanhaftungen aufgekohlt wird und dass weitere störende Elemente aus den Additiven, wie z.B. Schwefel und Phosphor, die präzise einzustellende Legierungszusammensetzung des herzustellenden Werkstoffes stören würden. Paradoxerweise ist aber auch der Einsatz hochlegierter Späne trotz des hohen Wertstoffgehaltes bei der Herstellung von Standardqualitäten oft nicht möglich, da die höheren Gehalte an teuren Legierungselementen bei der Herstellung von normalen Standardqualitäten extrem störend wirken würden. Dasselbe gilt für die Rückführung von Spänen aus der Bearbeitung von Werkstoffen auf Nickelbasis und aus Titan.

Durch eine Entölung der Späne entstünden verkaufsfähige Wertstofffraktionen, die dem Wertstoffkreislauf wieder zugeführt werden könnten. Unternehmen mit eigenen Schmelzaggregaten und einem hohen Aufkommen an Spänen könnten diese direkt wieder in ihrem Produk-

tionsprozess einsetzen, da die chemische Analyse bekannt und so die Gefahr eines Eintrags an unerwünschten Fremdelementen deutlich reduziert ist [5].

Reinigungs- und Waschversuche im Labor- und Technikumsmaßstab

Die Idee zu dieser neuartigen Entölungsanlage basiert auf einer Anlage, die im Zeitraum 1998–2000 im Rahmen eines AiF-Forschungsvorhabens von dem Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA) entwickelt wurde [6], einem weiteren Projektpartner in dem hier vorgestellten Projekt. Zu Beginn der Arbeiten im Labor- und Technikumsmaßstab wurden unterschiedliche Späne mittels einer Soxhlet-Extraktion mit Petrolether auf ihre Ölgehalte hin untersucht. Um einschätzen zu können, wie sich die KSSe und Öle bei der Aufarbeitung der Späne und Schlämme verändern, wurden diese gaschromatografisch analysiert. Die Untersuchungen des Waschwassers standen unter dem Aspekt, einfache Analysemethoden zur Überprüfung der Qualität des Waschwassers insbesondere zur Bestimmung der Tensidkonzentration bereitzustellen.

Das Grundprinzip der Späneentölung ist das Waschen des Materials mit einer wässrigen Tensidlösung. Dies wurde im Technikumsmaßstab durch einen Senkrechtschneckenförderer realisiert, mit dem im Gegenstrom das Öl von den Spänen gewaschen wurde. Das verölte Wasser wurde in einer ersten Reinigungsstufe durch einen Koaleszenzabscheider gereinigt, in dem die aufschwimmenden Öltröpfchen abgeschieden wurden. Das so vorge-

Bild 2: Aufnahme der Entölungsanlage. Ansicht auf Einheiten zur Baderwärmung.





Bild 3: Blick in die Trocknerrinne.

FOTO: H. KISSLER

reingte Wasser wurde in einer zweiten Reinigungsstufe in einer Vakuumdestillationsanlage vom restlichen gelösten Öl befreit und konnte anschließend wieder gemeinsam mit dem Tensid in die Anlage eingedüst werden. Durch die im Rahmen dieser Arbeiten gewonnenen Erkenntnisse konnte die Anlage so optimiert werden, dass der ursprüngliche Massenanteil an Öl von durchschnittlich 0,43 Gew.-% auf deutlich unter 0,1 Gew.-% gesenkt wurde.

Großtechnische Anlage zur Späneentölung

Auf Basis der Versuche am ITM und der Auswertungen des IUTA war es möglich, eine großtechnische Anlage auszulegen

und zu planen, die in Herne in einer Halle der RHM-Gruppe aufgebaut wurde und dort betrieben wird (Bild 2). Der wesentliche Unterschied zur Versuchsanlage am ITM ist eine horizontale Anordnung. Eine vertikale Anlage hätte bei einer Hochskalierung entsprechend viel Platz nach oben benötigt. Das Reinigungsprinzip mit Wasser und Tensiden ist gleichgeblieben.

An die Entwicklung dieser produktions-tauglichen Anlage zur Entölung von Spänen wurden folgende Anforderungen gestellt:

- > Durchsatz von mindestens 1 t/h bei kontinuierlicher Betriebsweise,
- > variable Anlagensteuerung zur Anpassung an unterschiedliche Einsatzmate-

- rialien und Entölungsanforderungen
- > geringe Materialverschleppung, d.h. auch gute Reinigungsmöglichkeiten bei Wechsel des Einsatzgutes,
- > geringer Verschleiß und hohe Wartungsfreundlichkeit,
- > geringer Ressourcenverbrauch an Energie, Wasser und Chemikalien,
- > Einhaltung geltender umweltrechtlicher und arbeitsschutzrechtlicher Anforderungen.

Kernstücke dieser Anlage sind die Reinigungs- bzw. Spültrommeln, in denen die aufgegebenen Späne so weit vereinzelt werden, dass das Reinigungs- bzw. Spülmedium die gesamte Oberfläche benetzen und somit seine volle Wirkung entfalten kann. Das zu entöhlende Gut muss zudem gleichmäßig und vollständig durch die jeweilige Behandlungszone transportiert werden, sodass keine Spänenester in „toten Ecken“ entstehen und auch feinkörnige Späne nicht über das Reinigungsmedium ausgetragen werden.

In Vorversuchen wurden auch verschiedene Badkonstellationen erprobt, wobei sich eine Kombination aus zwei beheizten Reinigungs- mit drei nachgeschal-

Bild 4: Komplettaufbau der Entölungsanlage mit der Aufgabeeinheit am rechten und dem Späneaustrag am linken Bildrand.



FOTO: RHM

teten Spülstufen als optimal erwies. So kann sichergestellt werden, dass die im Reinigungsbad gelösten Öle sowie das tensidhaltige Reinigungsmittel zuverlässig von der Späneoberfläche abgespült werden. Neben den gewünschten Entölungsergebnissen ist ein ökologisch und ökonomisch ausgewogenes Fluidmanagement wesentlicher Baustein für den wirtschaftlichen Anlagenbetrieb. Hierbei sind die wesentlichen Kriterien die Optimierung der Kreislaufführung der Reinigungs- und Spülbäder zur Erzielung langer Standzeiten, die Optimierung des Chemikalieneinsatzes sowie die Minimierung der flüssigen Abfälle. Einerseits muss ein gutes Reinigungsergebnis erzielt werden, andererseits soll das Bad möglichst lange im Kreislauf betrieben werden, d.h. lange Badstandzeiten sind hier das Ziel. Ein höherer emulgierter Ölanteil im Reinigungsbad erhöht allerdings auch das Risiko einer erneuten Ölbeladung der Späne. Die temporäre Zugabe demulgierender Substanzen bewirkt die Freigabe des gebundenen Ölanteils, der dann in der Ruhephase aufschwimmen und z. B. über Skimmer abgezogen werden kann. Die so abgetrennte Ölphase wird derzeit energetisch verwertet, wobei die Möglichkeit der stofflichen Verwertung noch weiter untersucht wird.

Metallspäne aus der Metallbearbeitung weisen je nach Zerspanungsverfahren eine stark zerklüftete Oberfläche (s. Bild 1) mit sehr feinen Spalten auf. Diese Strukturen bedeuten sowohl für den Entölungsprozess als auch für das anschließende Trocknen eine besondere Herausforderung. Im ursprünglichen Zustand wiesen die entöhten Späne beim Verlassen der letzten Spülstufe je nach Spangeometrie noch eine Feuchte von 10 – 15 % auf. Diese wurde auch in der Abtropfstrecke zwischen Entölungsanlage und Durchlauftrockner nicht signifikant reduziert, sodass die Feuchtigkeit im Trockner vollständig verdampft werden musste, was einen hohen zusätzlichen Energieaufwand bedeutete. Durch den Einbau einer automatischen Spänezentrifuge konnte der Feuchtegehalt der Späne je nach Spantyp um 70 – 90 % reduziert werden, was zu einer verringerten Trocknungsenergie von 80 – 100 kWh / Betriebsstunde führte. Zum Trocknen werden die Späne auf einer Schwingförderrinne mit mehreren Gasstrahlern von oben beheizt und durch die ständigen Lageveränderungen der einzelnen Späne wird eine zuverlässige Trocknung der Späneschüttung erreicht, die wie in Bild 3 dargestellt, am Ende des Prozesses die Anlage verlässt.

Als Abfälle zur Entsorgung fallen nur flüssige Stoffe an. Die Hauptmenge mit ca. 160 m³ / a besteht aus nicht mehr verwendungsfähigen Reinigungs- und Spülbädern. Diese enthalten auch gewisse Feinschlammanteile der Späne. Die verbrauchten Bäder können in chemisch physikalischen Behandlungsanlagen (z. B. Vakuumverdampfer, Ultrafiltration, chem. Spaltung) in eine einleitfähige Wasserphase und eine Reststoffphase aufgetrennt werden. Darüber hinaus fallen die aus dem Reinigungsbad abgetrennten Öle an. Diese können je nach Qualität energetisch oder idealerweise stofflich verwertet werden. In Abhängigkeit vom Inputmaterial (Ölgehalt der Späne) wird hier mit einem Aufkommen von 40 bis 80 m³/a gerechnet. Zur Abluftreinigung ist eine Staubfilteranlage installiert, die nach anfänglichen Geruchsentwicklungen durch verdampfende Tensidreste mit einem erweiterten Filtersystem nachgerüstet wurde, das jetzt einen dreistufigen HS-Fettfang-, einen Ölnebel- sowie einen Schwebstofffilter umfasst. Die Anlage (Bild 4) wird inzwischen im Zwei-Schicht-Betrieb mit einem Durchsatz von durchschnittlich 1,4 t/h betrieben. Mit weiteren Optimierungsmaßnahmen erscheint eine Durchsatzsteigerung auf 2 t/h durchaus möglich. Unter der Annahme einer Anlagenverfügbarkeit von 70 % entspricht dies einer Jahreskapazität von ca. 5600 t / a.

Die Erfahrungen mit den eingesetzten Spänen (Bild 5) zeigen, dass die Entölungsergebnisse den Anforderungen entsprechen. Die Analysen der Schmelze bestätigen, dass durch das Einschmelzen der werkstoffidentischen Späne ebenfalls die geforderte Sollzusammensetzung zu erreichen ist. Durch die Entölung wird auch sichergestellt, dass über die eigenen Späne keine gelösten Schadstoffe in die Schmelze eingetragen werden, die

anschließend über aufwendige metallurgische Verfahren wieder entfernt werden müssten. Darüber hinaus ist die Gefahr des Auftretens eines Oberfeuers beim Chargieren entöhter Späne deutlich verringert.

Zusammenfassung

Bearbeitungsspäne sind in der Regel mit Kühlschmierstoffen verunreinigt und können nur in seltenen Fällen ihrem Wert entsprechend in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt werden. Im Rahmen des beschriebenen Verbundprojektes ist es den teilnehmenden Akteuren nun gelungen, einen industriellen Entölungsprozess zu entwickeln, mit dem teure Metalle, die als Legierungselemente in Bearbeitungsspänen enthalten sind, zurückgewonnen werden können. Die Labor- und Technikumsversuche konnten erfolgreich auf den industriellen Maßstab übertragen werden, sodass die Fa. RHM in Herne nun eine Entölungsanlage in Betrieb hat, in der Späne mit einem Gemisch aus Wasser und Tensiden in einem mehrstufigen Prozess gewaschen und anschließend getrocknet werden. Im Vergleich zu bisher genutzten thermischen Verfahren ist es damit möglich, den Energieeinsatz um

GIESSEREIBEDARF

HOHNEN & CO

MODELLBAUBEDARF




Seit Jahrzehnten führend durch ein breites und tiefes Produktsortiment der Bereiche

- Gießereibedarf
- Modellbaubedarf
- Werkzeugharze einschl. Zubehör

Wir sind Vertriebspartner des gesamten Toolingprogrammes von



BUILDING TRUST

Bitte fordern Sie entsprechende Kataloge an!

Hohnen & Co.KG | Lipper Hellweg 47
33604 Bielefeld

Tel. (0521) 9 22 12-0 | E-Mail: info@hohnen.de
www.hohnen.de | shop.hohnen.de



Bild 5: a) Chargierungsrinne mit Spänen und b) Ofenbeschickung.

ca. 40 % und die CO₂-Emissionen um gut zwei Drittel zu senken.

Mit diesem Projekt zeigen Schrottwirtschaft und Gießerei-Industrie einmal mehr, wie natürliche Ressourcen heute und für die Zukunft in industriellen Prozessen geschützt werden können und wie es durch diese Art der branchenübergreifenden Zusammenarbeit möglich ist, nachhaltig und hochgradig ressourceneffizient neue Produkte in fast geschlossen metallischen Rohstoffkreisläufen zu fertigen. Damit wird hier und heute schon das mit einem hohen Erfüllungsgrad praktiziert, was die nationale Strategie der Bundesregierung zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland unter anderem mit dem Nachhaltigkeitsziel Nr. 12 fordert, nämlich natürliche Ressourcen heute und für die Zukunft durch nachhaltige Produktionsmodelle zu schützen.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das Verbundvorhaben KOMPASS wurde im Förderschwerpunkt „r+Impuls“ des Rahmenprogramms „Forschung für nachhaltige Entwicklung (FONA)“ mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBWF) unter dem Förderkenn-

zeichen FKZ 033R 159 gefördert. Die Projektpartner bedanken sich herzlich für die Förderung.

Weitere Informationen

Universität Duisburg-Essen
Institut für Technologien der Metalle (ITM)
Prof. Dr.-Ing. R. Deike,
Friedrich-Ebert-Straße 12
47119 Duisburg
E-Mail: ruediger.deike@uni-due.de
www.uni-due.de/mus

RHM Rohstoff-Handelsgesellschaft mbH,
Mülheim an der Ruhr (RHM)

Jan Steingass
www.rhm-rohstoffe.de

IUTA - Institut für Energie- und Umwelt-
technik e. V., Duisburg

Dr. Christine Kube
www.iuta.de

Literatur:

- [1] <https://www.bundesregierung.de/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-aktualisierung-2018-download-bpa-data.pdf?download=1>
- [2] Deike, R.: *Giesserei 107* (2020), Nr. 1, 26-31.
- [3] Hiebel, M.; Nühlen, J.: *Technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren von Stahlschrott (Zukunft Stahlschrott)*, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UM-

SICHT (Hrsg.), *Onlinefassung der Kurzstudie im Auftrag der Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. (BDSV), Oberhausen November 2016* https://www.bdsv.org/fileadmin/service/publikationen/Studie_Fraunhofer_Umsicht.

[4] Guschall-Jaik, B.; Kölling, B.; Zocher, N.: *Leitfaden für den umweltgerechten Umgang mit Metallspänen*; Bonn: bvse, 2014.

[5] Reschke, C.; Schubert, D.; Biedermann, H.; Deike, R.: *Verfahren zur Entölung von kühlenschmierstoffbehafteten Metallspänen und -schlämmen, in Recycling und Rohstoffe* (Ed. Thomé-Kozmiensky u. D. Goldmann), TK-Verlag (ISBN 978-3-944310-46-6), Neuruppin 2019.

[6] Erich, E.: *Rückgewinnung von Bearbeitungsölen aus Schleifschlämmen und Anschwemmfilterschlämmen der Metallverarbeitenden Industrie; AiF-Forschungsvorhaben-Nr.: 11902 N, 2001: IUTA.*

FOTOS: RHM