

Recycling kunstharzgebundener Schleifwerkzeuge

Abstract: Kunstharzgebundene Schleifscheiben werden in allen materialverarbeitenden Industriezweigen eingesetzt. Dabei bleiben zwischen 30 und 50 % einer Schleifscheibe nach dem Einsatz als Abfall zurück. Die Herstellung von Schmelzkorund, dem häufigsten Schleifmittel, bei einer Temperatur von 2120 °C erfordert sehr viel Energie und ist mit einem erheblichen Verschleiß der eingesetzten Feuerfestmaterialien und damit mit zusätzlichem Abfallaufkommen verbunden. Bei Aluminiumoxid handelt es sich zudem um einen hochwertigen Werkstoff, dessen Weltmarktpreis starken Schwankungen unterliegt. Der Grund für die bisherige Deponierung von kunstharzgebundenen Schleifscheiben ist die nicht sortenreine und harzfreie Rückgewinnung der Schleifkörner, was einen Recyclateinsatz bislang unmöglich macht. Ziel des Projekts ist die Klärung der Frage, ob die zukünftige Forschung eher auf mechanische, thermische, chemische oder photokatalytische Prozesse bzw. auf welche Kombination der Verfahren zum Recycling kunstharzgebundener Schleifscheiben fokussiert werden sollte. In Laborversuchen wurden die vier Verfahrensrouten untersucht und ein systematischer Vergleich durchgeführt.

Eine ebenfalls große Herausforderung ist die anschließende sortenreine Trennung der unterschiedlichen Kornarten. Hierfür sollen u.a. Dichtentrennverfahren, Elektroscheidung oder auch Flotation untersucht werden. Die weiteren wissenschaftlichen Kriterien, anhand derer eine Bewertung erfolgte, umfassen wirtschaftliche Aspekte (Kosten des Recyclingverfahrens, Wert der Rezyklate, Deponie- und Transportkosten), technische Parameter (Wertstoffausbringen, Reinheit, Rezyklatqualität) und ökologische Faktoren.

1 Einleitung

In dem von der Forschungsgemeinschaft Schleiftechnik (FGS) beauftragten Projekt wurden verschiedene Aufschlussmethoden wie der mechanische, chemische, thermische und photokatalytische Aufschluss untersucht. Für eine saubere Trennung von Kunstharz und Schleifkorn ist eine Kombination aus mehreren Ansätzen nötig. Das Ziel eines Recyclings von kunstharzgebundenen Schleifscheiben ist die Rückgewinnung von Rezyklat mit geringen Kunstharzanhaltungen. Die hohe Elastizität der Kunstharzmatrix ist dabei die große Herausforderung für den bislang limitierten mechanischen Aufschluss der Schleifkörner.

2 Methodik

2.1 Aufschlussverfahren zur Trennung von Faser, Harz und Schleifkorn

Zunächst erfolgte eine Vorzerkleinerung und Metallentfernung bei Schleifscheiben. Die Grobzerkleinerung mittels Backenbrecher lieferte keinen hinreichenden Aufschlussgrad. Als besser geeignet erwiesen sich reißende Verfahren. Eine gute Vorzerkleinerung gelang mittels Einwellen-Shredder. Hierbei wurde mittels eingebrachtem Siebkorb eine Größe $<10\text{mm}$ erreicht. Die mechanische Vorzerkleinerung hinterließ jedoch die ebenfalls enthaltenen Glasfasern in undefinierter Länge. Eine Abtrennung der Fasern erfolgte mittels Zickzack-Windsicher in der Leichtfraktion. Eine mechanische Zerkleinerung bis zur Ausgangskorngröße der Schleifkörner von $<1\text{mm}$ befreite diese nicht von Anhaftungen des Harzes. Eine Feinmahlung in der Kugelmühle mit dem Ziel der Abscherung dieser Anhaftungen beschädigte jedoch bereits das Korn.

Der thermische Aufschluss bewirkte eine Zersetzung des Harzes. Dies wurde sowohl unter oxidierenden Bedingungen unter Luftsauerstoff sowie bei erhöhtem O_2 -Gehalt und auch unter Pyrolyse-Bedingungen untersucht. Die Zersetzungstemperatur des Harzes wurde zuvor mittels thermoanalytischer Messungen (TGA mit IR-Messung) bestimmt. Die thermische Behandlung führte zu einer weitgehenden Freilegung der Körner. Nach der thermischen Behandlung des Ausgangsmaterial im Veraschungssofen unter Luftsauerstoff gelang eine einfache mechanische Zerkleinerung. Durch Autogenmahlung und Sichtung mittels Luftstrahlmühle erfolgte eine Trennung von unbeschädigtem Korn von verbrannten Harzresten. Analysen mittels REM/EDX ergaben lediglich geringe verbleibende Harzanhaftungen an den Körnern.

Als weiteres Verfahren wurde eine Kryogenmahlung, d.h. ein Mahlen unter tiefen Temperaturen untersucht. Hierbei soll durch das Abkühlen in flüssigem Stickstoff eine Versprödung des Harzes und damit eine verbesserte mechanische Trennung erreicht werden. Nach Kryogenmahlung bleiben jedoch weitgehend Harzanhaftungen am Korn erhalten.

Ein chemischer Aufschluss zum Lösen der Harzsysteme wurde unter Normal- und erhöhten p-T-Bedingungen im Autoklav untersucht. Hierfür wurden anorganische und organische Säuren sowie verschiedene Alkohole untersucht. Im photokatalytischen Ansatz erfolgte eine Zersetzung des Harzes durch freie Radikale nach einer Beschichtung der Materialien mit CeO_2 oder TiO_2 und der anschließenden Bestrahlung mit UV-Licht. Die beiden letzteren Verfahren erreichten nur eine bedingte Freilegung des Kornes aus dem Ausgangsmaterial. Sie eignen sich daher höchstens zur Nachbehandlung von thermisch freigelegtem Korn.

2.2 Quantifizierung von Kornform und Kornreinheit mittels REM/EDX

Mittels Rasterelektronenmikroskop (REM) und Energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) erfolgte eine chemische Charakterisierung der Körner sowie die Analyse der Morphologie des Schleifkorns (Abb. 1). Hierzu wurde ein Zeiss Merlin 450 mit Feldemitter Kathode sowie die EDX-Detektoren von Oxford Instruments X-MaxN 80 und der Oxford Instruments Ultim Max 170 eingesetzt. Die Analysen mittels REM/EDX ergeben teilweise noch verbleibende Harzanhaftungen an ansonsten weitestgehend freigelegten Körnern, welche im wesentlichen unverbranntes Harz sowie fluorhaltige Rückstände aus Schleifzusätzen enthalten.

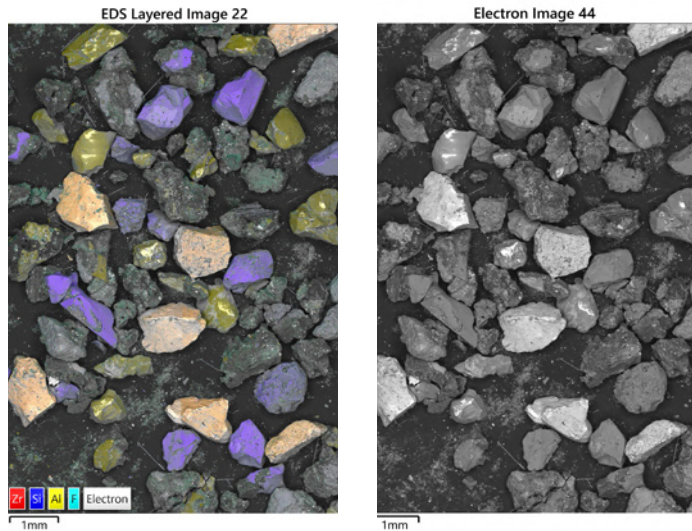


Abbildung 1: recycelte Schleifkörner nach einer Kombination unterschiedlicher Aufschlussverfahren
 a) das Rückstreuелеktronenbild zeigt die Kornmorphologie b) das EDX-Überlagerungsbild ergibt die Kornart sowie verbleibende Verunreinigungen

Mittels EDX-Analysen kann eine Zuordnung der in Abbildung 1 markierten Körner (1-4) erfolgen. Bei Korn 1 handelt es sich um Siliciumcarbid, Schleifkorn 2 ist Korund, Korn 3 ist Zirkonkorund und Nummer 4 ein verbleibendes Rußpartikel mit Verunreinigung (u.a. Kohlenstoff als Harzrest und Fluor aus Schleifzusatzstoff). Der erhöhte Kohlenstoffanteil resultiert aus dem verwendeten Graphitpad zum Aufkleben der Körner im REM.

Tabelle 1: Detail EDX-Zusammensetzung [At.-%] der in Abbildung 1 markierten Körner Nummer 1-4

At.-%	C	O	F	Na	Al	Si	S	K	Ca	Fe	Zr
1	50,9	15,1	4,9	1,2	1,2	25,6	0,4	0,0	0,3	0,4	0,1
2	18,9	51,1	1,7	0,5	27,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0
3	25,7	42,9	7,8	1,6	16,6	0,1	0,5	0,1	0,4	0,4	4,0
4	66,0	17,3	7,9	2,3	2,1	0,3	1,3	0,1	0,6	2,3	0,0

Danksagung

Das Projekt Recycling kunstharzgebundener Schleifwerkzeuge „RecySchleif“ wurde durch die Forschungsgemeinschaft Schleiftechnik FGS beauftragt.

Kontakt

Dr., Sebastian, Pentz, akademischer Rat auf Zeit

Universität Augsburg, Lehrstuhl für Resource and Chemical Engineering,

Institut für Materials Resource Management

Tel.-Nr.: +49 821 598 69137

E-Mail: sebastian.pentz@uni-a.de

Homepage: <https://www.uni-augsburg.de/de/fakultaet/mntf/mrm/prof/reseng/team/sebastian-pentz/>