

Technologischer Vergleich zwischen Trockeneis und anderen festen Strahlmitteln

Adil El Mernissi






Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin
Prof. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

IWF Institut für
Werkzeugmaschinen
und Fabrikbetrieb
Prof. E. Uhlmann

TU Technische
Universität
Berlin

1. Industriearbeitskreis "Trockeneisstrahlen" 29. November 2002, Berlin
Technologischer Vergleich zwischen Trockeneis und anderen festen Strahlmitteln

Inhalt

-  **Einleitung**
Problemstellung, Ziel, Vorgehensweise
-  **Druckluftstrahlen mit beständigen Strahlmitteln**
Verfahren, Anwendungsbeispiele
-  **Versuchsbedingungen**
Versuchsstand, Strahlmittel, Strahlgutwerkstoff, Strahlprogramm, Messtechnik
-  **Ergebnisse**
Strahlleistung, Oberflächenrauheit, Oberflächentopographie, Randzonenbeeinflussung, Wirtschaftlichkeit
-  **Zusammenfassung und Ausblick**

IWF Institut für
Werkzeugmaschinen
und Fabrikbetrieb
Prof. E. Uhlmann

TU Technische
Universität
Berlin

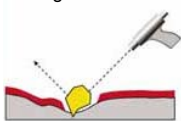
Einleitung

- Problemstellung**
- Fehlender technologischer Vergleich zwischen Trockeneis und anderen festen Strahlmitteln
 - Keine Aussage über Strahlleistung und Oberflächenqualität nach der Bearbeitung mit beständigen Strahlmitteln
- Ziel**
- Technologischer Vergleich des Entlackens mit Trockeneis und anderen festen Strahlmitteln
- Vorgehensweise**
- Druckluftstrahlen der Strahlgutwerkstoffe unter Variation der Einstellparameter
 - Ermittlung der Strahlleistung
 - Analyse der Strahlgutproben hinsichtlich Oberflächenrauheit, Oberflächentopographie und Randzonenbeeinflussung
 - Wirtschaftliche Bewertung

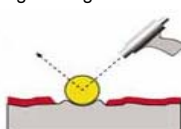
Druckluftstrahlen mit beständigen Strahlmitteln

Verfahren

Druckluftstrahlen mit
kantigem Strahlmittel



Druckluftstrahlen mit
kugelförmigen Strahlmittel



BASF_Vortrag

- Änderung der Topographie, Schaffung von Hinterschneidungen und Überhängen sowie eine messtechnisch erfassbare Aufrauung der Oberfläche
- Mechanischer Abtrag von Schichten wie Rost, Zunder und Farbschichten; je nach Verfahren auch Einbettung von Strahlmittelbestandteilen in das Werkstück
- Erhöhung der Druckeigenspannungen im Werkstück, vor allem bei Verwendung von runden Strahlmitteln; Schließen von Mikrorissen und Kaltverfestigungen des Werkstücks
- Änderung des chemischen Zustandes der Oberfläche
- Geringe Investitionskosten
- Flexibilität hinsichtlich Strahlmittelwechsel

Druckluftstrahlen mit beständigen Strahlmitteln

Anwendungsbeispiele



➤ Vorbereitung von metallischen Komponenten auf nachfolgende Beschichtungsprozesse

➤ Reinigung von Werkstücken und Konstruktionen aller Art

➤ Mattieren von Glas für Dekorationszwecke

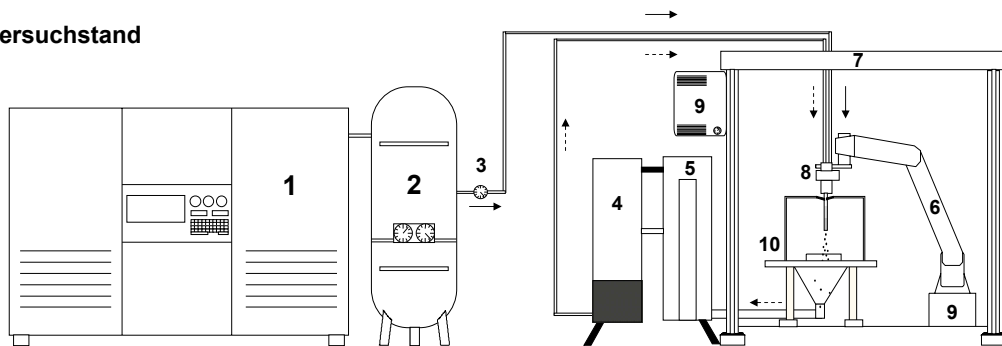


➤ Reinigung von Gebäudefassaden, Entfernen von Ablagerungen auf Beton

➤ Entfernen von Lack- und Farbresten auf Holz

Versuchsbedingungen

Versuchstand



1 Schraubenkompressor

2 Ausgleichsbehälter

3 Manometer

4 Sandstrahlanlage

5 Saugereinheit

6 Roboter

7 Schallschuttkabine

8 Strahlpistole

9 Abluftfiltersystem

10 Arbeitstisch

→ Druckluftstrom

---> Strahlmittelstrom

Versuchsbedingungen

Strahlmittel

Strahlmittel	Körnung	Anwendungsgebiet
Metallisch:		
Stahlguss kantig	0,12 – 0,42 mm	Aufräumen, Entrosten, Entzundern von Stahl, Oberflächenvorbehandlung für Gummi-Metallverbindungen und Kunststoffbeschichtungen
Stahlguss rund	0,12 – 0,42 mm	Entgraten, Reinigungsstrahlen, Gussputzen
Mineralisch:		
Glasstrahlperlen rund	0,4 – 0,8 mm	Schonendes Reinigen empfindlicher Oberflächen, Kugelstrahlen, Verdichten von NE - Metalloberflächen, Oberflächenfeinischen, Entgraten
Normalkorund	0,595 – 0,841 mm	Aufräumen, Mattieren, Reinigen
Organisch:		
Duroplast	0,2 – 0,6 mm	Schonendes Entgraten und Reinigen empfindlicher Oberflächen ohne Abtrag
Trockeneispellets	Ø 3,0 mm L = 6,7 mm	Schonende Reinigung empfindlicher Oberflächen

Versuchsbedingungen

Strahlgutwerkstoffe

Technische Eigenschaften	Werkstoff		
Kurzname	DC01 A	X5CrNi18-10	AlMg3
Werkstoffnummer	1.0330	1.4301	3.3535
Dichte (kg/dm ³)	7,8*	7,9	2,7
Elastizitätsmodul (N/mm ²)	210 000*	200 000	70 000
Zugfestigkeit R _m (N/mm ²)	270 - 410	540 - 750	220
Dehngrenze R _{P02} (N/mm ²)	280	230	130
Strahlprobengeometrie (mm ²)	200 x 75	200 x 50	200 x 50
Strahlprobendicke (mm)	2	1	1

* Werte gelten für Stahl allgemein

Versuchsbedingungen

Versuchsprogramm Standard Einstellparameter

	<i>Beständige Strahlmittel</i>	<i>Trockeneisstrahlen</i>
• Vorschubgeschwindigkeit	$v_f = 0,4$ m/min	$\dot{m} = 145$ kg/h
• Strahlabstand	$a = 150$ mm	$\beta = 90^\circ$
• Auftreffwinkel	$\beta = 90^\circ$	$p = 10$ bar
• Strahldruck	$p = 6$ bar	

Einstellparametervariation

<i>Beständige Strahlmittel</i>	<i>Trockeneisstrahlen</i>
• $v_f = 0,2 / 0,4 / 0,6 / 0,8 / 1,0$ m/min	$v_f = 0,2 / 0,4 / 0,6 / 0,8 / 1,0 / 1,2$ m/min
• $a = 100 / 150 / 200 / 250$ mm	$a = 120 / 150 / 180$ mm
• $\beta = 60 / 70 / 80 / 90^\circ$	
• $p = 3 / 4 / 5 / 6 / 7$ bar	

Messprogramm

Oberflächenrauheit

Tastschnitt-Messsystem Talysurf-120L, Rank Taylor Hobson GmbH
 gemittelte Rautiefe R_{zDIN} nach DIN 4762



Oberflächentopographie, Randzonen

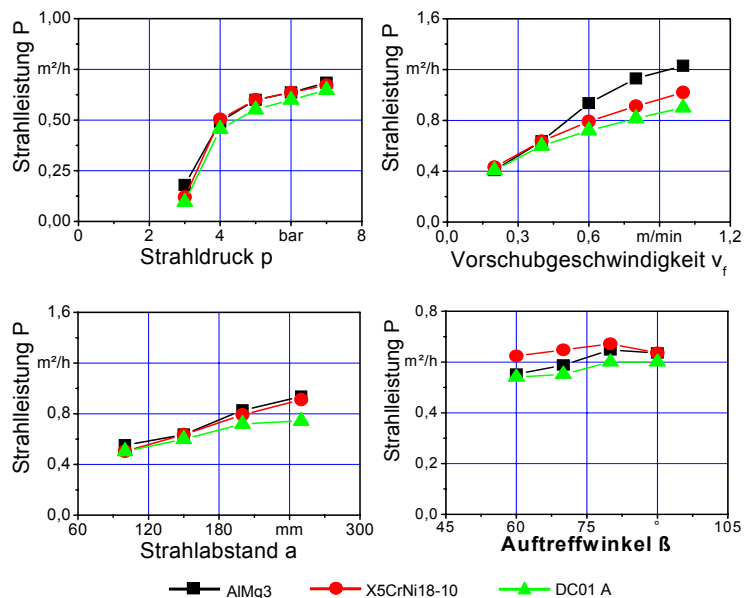
Rasterelektronenmikroskop DSM 950, Carl Zeiss AG

Ergebnisse

Strahlleistung

Stahlguss kantig

Strahlanlage: ABRAS 270
 Wirkprinzip: Injektor
 Düsendurchmesser: 7,6 mm
Strahlmittel: Stahlguss kantig
 Korngruppe: 0,12 - 0,42 mm
Standardparameter:
 Auftreffwinkel: $\beta = 90^\circ$
 Strahlabstand: $a = 150$ mm
 Vorschubgeschwindigkeit: $v_f = 0,4$ m/min
 Strahldruck: $p = 6$ bar
Strahlproben:
 Werkstoffe: AlMg3, DC01 A, X5CrNi18-10
 Lackart: Einbrennlack
 Schichtdickenbereich: 100 μ m



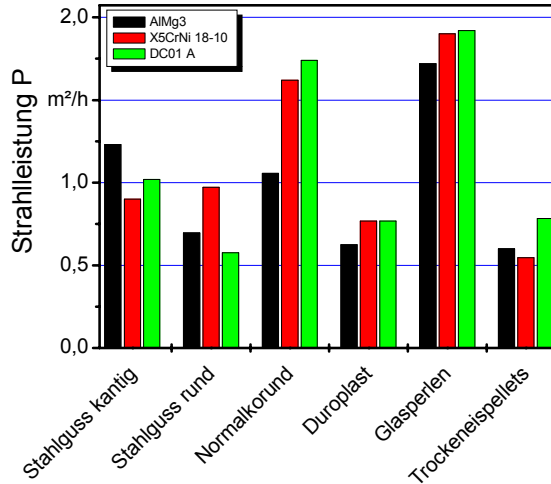
Ergebnisse

Strahlleistung

Strahlanlagen:
 Dauerhafte Strahlmittel
 ABRAS 270
 Trockeneispellets
 MICRO JET

Standardparameter:
 Dauerhafte Strahlmittel
 Auftreffwinkel: $\beta = 90^\circ$
 Strahlabstand: $a = 150$ mm
 Vorschubgeschwindigkeit: $v_f = 0,4$ m/min
 Trockeneis
 Auftreffwinkel: $\beta = 90^\circ$
 Strahlabstand: $a = 150$ mm
 Vorschubgeschwindigkeit: $v_f = 0,8$ m/min
 Strahldruck: $p = 10$ bar
 Massenstrom: $\dot{m} = 129$ Kg/h

Strahlgutproben:
 Werkstoffe: AlMg3, DC01 A X5CrNi18-10
 Lackart: Einbrennlack
 Schichtdicke: $s_L = 100$ μ m



Ergebnisse

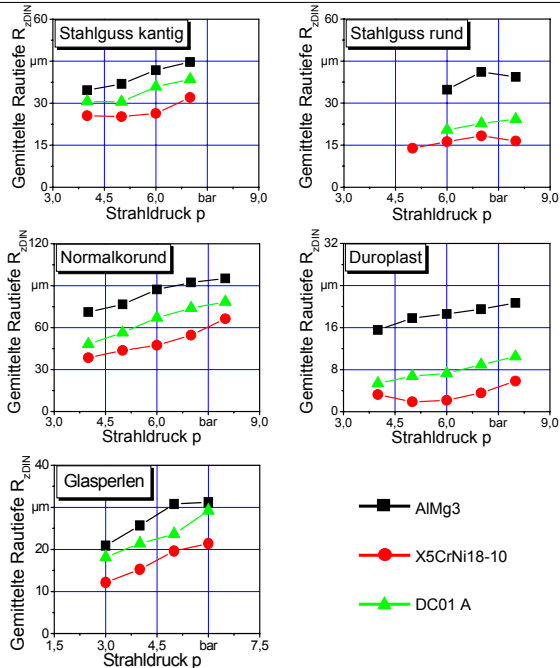
Oberflächenrauheit

Standardparameter:
 Auftreffwinkel: $\beta = 90^\circ$
 Strahlabstand: $a = 150$ mm
 Vorschubgeschwindigkeit: $v_f = 0,4$ m/min

Messgerät:
 Tastschnittmessgerät
 Tallysurf-120L, Taylor Hobson

Messtaster:
 Spitzenradius: 2 μ m
 Spitzenwinkel: 90°

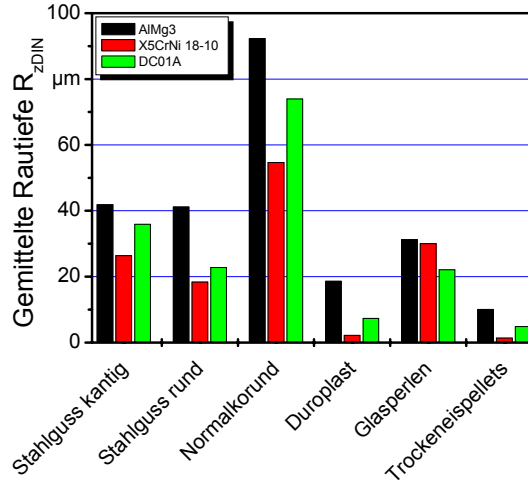
Gemittelte Rautiefe: unbearbeitet
 $R_{zDIN} = 1,34$ μ m (AlMg3)
 $R_{zDIN} = 1,17$ μ m (X5CrNi18-10)
 $R_{zDIN} = 2,90$ μ m (DC01 A)



Ergebnisse:

Oberflächenrauheit

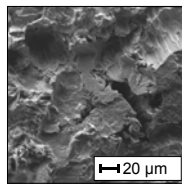
Standardparameter:
 Dauerhafte Strahlmittel
 Auftreffwinkel: $\beta = 90^\circ$
 Strahlabstand: $a = 150$ mm
 Vorschubgeschwindigkeit: $v_f = 0,4$ m/min
 Strahldruck: $p = 6$ bar
Trockeneis
 Auftreffwinkel: $\beta = 90^\circ$
 Strahlabstand: $a = 150$ mm
 Vorschubgeschwindigkeit: $v_f = 0,8$ m/min
 Strahldruck: $p = 10$ bar
 Massenstrom: $\dot{m} = 129$ Kg/h
Messgerät:
 Tastschnittmessgerät
 Talysurf-120L Taylor Hobson
Messtaeter:
 Spitzenradius: $2 \mu\text{m}$
 Spitzenwinkel: 90°



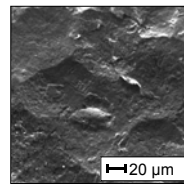
Ergebnisse

Oberflächentopographie

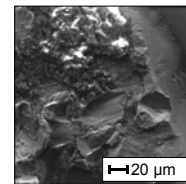
Standard Parameter:
 Auftreffwinkel: $\beta = 90^\circ$
 Vorschub: $v_f = 0,4$ m/min
 Strahlabstand: $a = 150$ mm
 Strahldruck: $p = 6, 10$ bar
Messgerät:
 Rasterelektronenmikroskop
 DSM 950, Carl Zeiss AG
Strahlgut:
 DC01 A



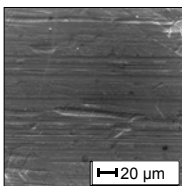
Stahlguss kantig



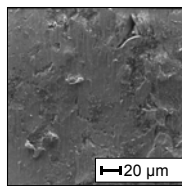
Stahlguss rund



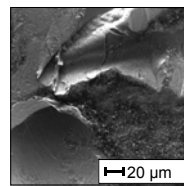
Normalkorund



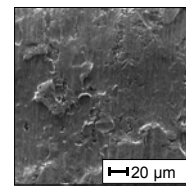
unbearbeitet



Duroplast



Glasperlen

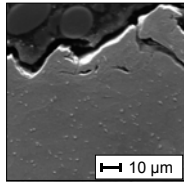


Trockeneisstrahlen

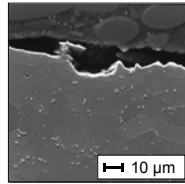
Ergebnisse

Randzonenbeeinflussung

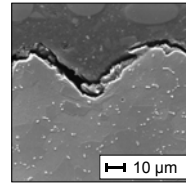
Standard Parameter:
 Auftreffwinkel: $\beta = 90^\circ$
 Vorschub: $v_f = 0,4 \text{ m/min}$
 Strahlabstand: $a = 150 \text{ mm}$
 Strahlrdruck: $p = 6, 10 \text{ bar}$
Messgerät:
 Rasterelektronenmikroskop
 DSM 950, Carl Zeiss AG
Strahlgut:
 DC01 A



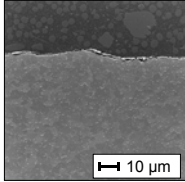
Stahlguss kantig



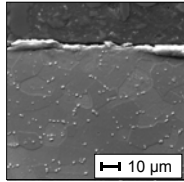
Stahlguss rund



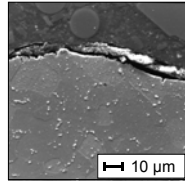
Normalkorund



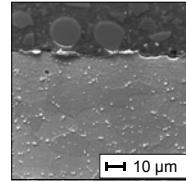
unbearbeitet



Duroplast



Glasperlen



Trockeneisstrahlen

Ergebnisse: Wirtschaftliche Bewertung

Wirtschaftliche Bewertung

MaschinenStundensatz	$k_{Mh} = 13,3 \text{ €/h}$
$k_{Mh} = \frac{k_A + k_Z + k_E + k_I}{t_N}$	
Maschinenkosten pro Jahr:	
Kalkulatorische Abschreibung	$k_A = 5.075,0 \text{ €}$
kalkulatorische Zinsen	$k_Z = 2.037,0 \text{ €}$
Energiekosten	$k_E = 13.104,0 \text{ €}$
Instandhaltungskosten	$k_I = 1.015,0 \text{ €}$
Nutzungszeit	$t_N = 1.600,0 \text{ h}$
Werkzeugkosten	$k_{ME} = 64 \text{ €/h}$
$k_{ME} = k_p \cdot \dot{m}_p$	
Kosten des Stahlgusses kantig	$k_p = 0,80 \text{ €/kg}$
Massenstrom an Strahlmittel	$\dot{m}_p = 80,0 \text{ kg/h}$
Lohnkosten	$k_L = 22,5 \text{ €/h}$

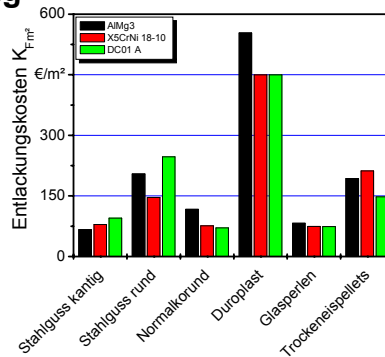
Entlacken von metallischen Werkstoffen

Strahlgut:
 AlMg3
 Beschichtung:
 Einbrennlack ALEXIT Strukturack Z 422
 Schichtdicke $s_L = 100 \text{ µm}$
 Flächenbezogene Abtragsrate $Q = 1,5 \text{ m}^2/\text{h}$

Kosten für die Entlackung

$$k_{Fnt} = \frac{k_{Fh}}{Q}$$

= 66,5 €/m²



Zusammenfassung

	Strahlleistung	Gemittelte Rautiefe	Oberflächentopographie	Randzonenbeeinflussung	Wirtschaftlichkeit	Verformung	Restverschmutzungen
Stahlguss kantig	+	-	-	-	+	-	+
Stahlguss rund	-	-	-	-	-	-	-
Normalkorund	+	-	-	-	+	-	-
Duroplast	-	+	+	+	-	+	-
Glasperlen	+	+	-	-	+	+	-
Trockeneisstrahlen	-	+	+	+	+	+	+

Ausblick

- Entwicklung einer Hybridreinigungstechnologie mit Trockeneisstrahlen und Laser
- Prozessoptimierung der Laserreinigung
- Entwicklung und Realisierung einer Demontagewissensplattform (DWP) zur Auslegung und Optimierung der Reinigungsprozesse

