


Oberflächen- und Randzonenmodifikation durch Trockeneisstrahlen


T. Hühns
F. Elbing


Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin


Prof. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

Inhalt

-  **Einleitung**
Problemstellung, Ziel, Vorgehensweise

-  **Versuchsbedingungen**
Strahlgutwerkstoffe, Trockeneisstrahlprozess, Messtechnik, Eigenspannung

-  **Ergebnisse**
Oberflächenrauheit, Oberflächenhärte, Einhärtung, Eigenspannung

-  **Zusammenfassung und Ausblick**

Einleitung

- Problemstellung**
- Unzureichendes Wissen über Veränderungen der Oberflächenrandzone des Strahlguts beim Trockeneisstrahlen
 - Fehlende Technologie zur gezielten mechanischen Veränderung der Stoffeigenschaften metallischer Werkstoffe ohne Strahlmittelrückstände
- Ziel**
- Modifikation der mechanischen Eigenschaften im oberflächennahen Bereich durch Trockeneisstrahlen**
- Vorgehensweise**
- Trockeneisstrahlen metallischer Werkstoffproben unter Variation der Strahlintensität
 - Quantitative Analyse der metallischen Proben hinsichtlich Oberflächenrauheit, Härte und Eigenspannung
 - Qualitative Erarbeitung eines Korrelationsmodells für die Übertragbarkeit auf weitere metallische Werkstoffe

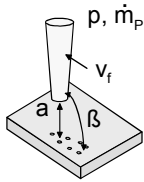
Versuchsbedingungen

Strahlgutwerkstoffe

Werkstoffkennwert	<i>X5CrNi18.9</i>	<i>CuZn37</i>	<i>AlMg3</i>
Werkstoff-Nr.	4301	2.0320	3.3535
Dichte ρ	7,8 g/cm ³	8,5 g/cm ³	2,7 g/cm ³
Gefüge	kfz	kfz	kfz
Schmelzpunkt T_s	1.450 °C	905 °C	620 °C
Vickershärte	175 HV	135 HV	75 HV
Elastizitätsmodul E	203.000 N/mm ²	110.000 N/mm ²	71.000 N/mm ²
Zugfestigkeit R_m	625 N/mm ²	450 N/mm ²	260 N/mm ²
Probenkennwert	<i>X5CrNi18.9</i>	<i>CuZn37</i>	<i>AlMg3</i>
Vickershärte in der Oberfläche	200 HV	145 HV	80 HV
Maximale Profilhöhe R_y	0,1 μ m	0,3 μ m	0,2 μ m
Gemittelte Rauhtiefe R_z DIN	0,1 μ m	0,2 μ m	0,1 μ m

Versuchsbedingungen

Trockeneisstrahlprozess



- Konstante Einstellparameter
 - Strahlabstand $a_s = 150 \text{ mm}$
 - Strahlauftreffwinkel $\beta_s = 90^\circ$
 - Strahldruck $p_s = 11 \text{ bar}$
 - Pelletmassenstrom $\dot{m}_p = 145 \text{ kg/h}$



- Variation der Vorschubgeschwindigkeit v_f
 - $0,01 \text{ m/min}$ bis $1,00 \text{ m/min}$

Messtechnik

- Oberflächenrauheit
- Härte
- Eigenspannung



Versuchsbedingungen

Messtechnik - Oberflächenrauheit



Messsystem Form Talysurf 120 L
Fa. Rank Taylor Hobson

Bestimmung genormter Rauheitskennwerte

- Gemittelte Rauhtiefe $R_{Z \text{ DIN}}$
- Maximale Profilhöhe R_y



Technische Daten des Messtasters

- Spitzenwinkel $\varphi = 60^\circ$
- Spitzenradius $r = 2 \mu\text{m}$

Versuchsbedingungen

Messtechnik - Härte

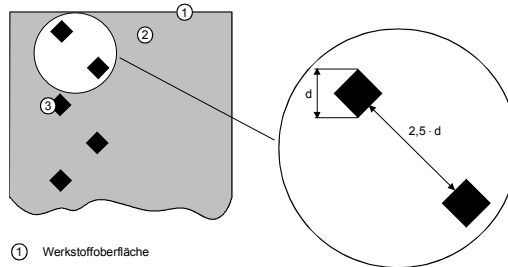
Kleinkrafthärteprüfer HSV 20

Fa. Shimadzu



➤ Messung der Aushärtung nach Vickers

➤ Messung der Einhärtung nach Vickers



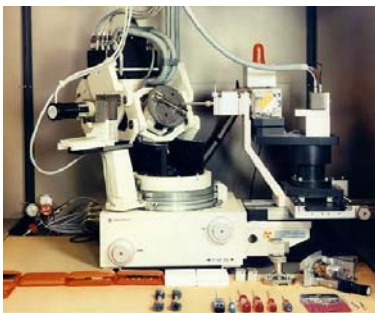
- ① Werkstoffoberfläche
- ② Werkstoffinneres
- ③ Prüfeindruck

Versuchsbedingungen

Messtechnik - Eigenspannung

Röntgendiffraktometer XRD 3000 PTS

Fa. Seiffert



➤ Messung nach dem $\sin^2\psi$ -Verfahren

➤ Zerstörungsfreies Messverfahren

➤ Gitterdehnung werden Spannungen zugeordnet

➤ Strahlungsintensität des reflektierten Röntgenstrahls ist Maß für den vorliegenden Spannungszustand

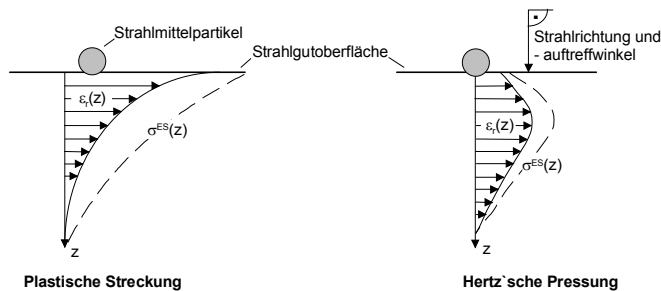
Versuchsbedingungen

Eigenspannung

- Spannungen im Inneren eines Werkstücks
- Unabhängig von äußeren Lastspannungen
- Druck- und Zugeigenspannungen
- Hervorgerufen durch Kaltverformung, spanende Bearbeitung oder Abschrecken
- Klassifizierung in Eigenspannungen I. bis IV. Art bzw. nach ihrer Entstehung

Versuchsbedingungen

Eigenspannung



$\epsilon_s(z)$ Elastische bzw. plastische Streckung

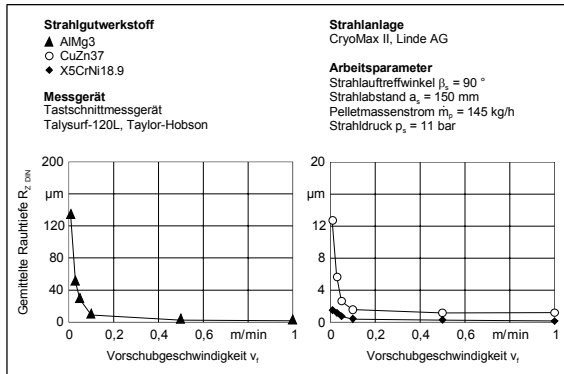
$\sigma^{ES}(z)$ Eigenspannung

z Abstand von der Oberfläche

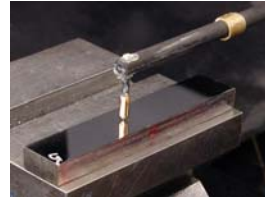
➤ Einbringen von Druckeigenspannungen
in die Oberflächenrandzone durch
plastische Verformung

Ergebnisse

Oberflächenrauheit

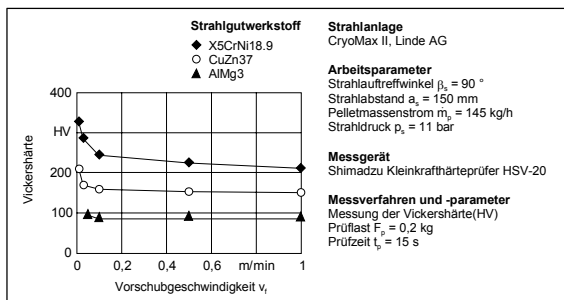


➡ Anstieg der Rauheit bei Erhöhung der Strahlintensität

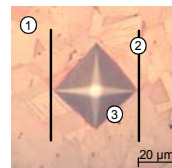


Ergebnisse

Oberflächenhärte



➡ Aushärtung der metallischen Werkstoffe durch plastische Verformung

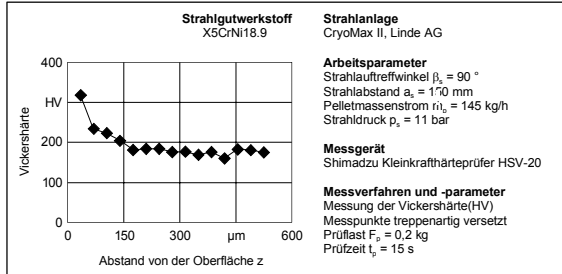


Eindrückkörper: Pyramide nach Vickers

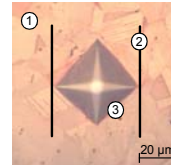
- ① Metallprobe
- ② Messbalken
- ③ Prüfeindrück

Ergebnisse

Einhärtung



Einhärtung der metallischen Werkstoffe durch plastische Verformung

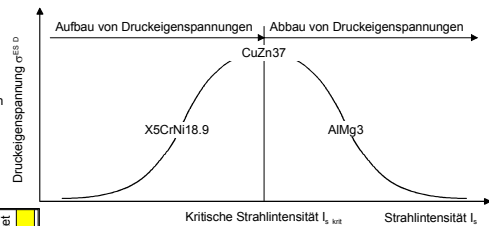
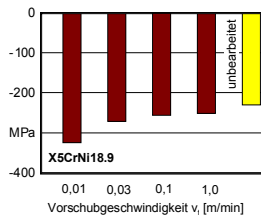
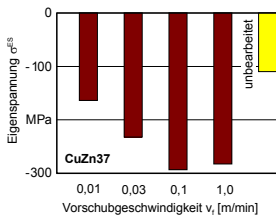
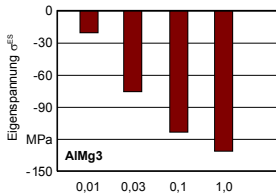


Eindringkörper: Pyramide nach Vickers

- ① Metallprobe
- ② Messbalken
- ③ Prüfeindruck




Ergebnisse



Eigenspannung




- Aufbau von Druckeigenspannungen
- Kritische Strahlintensität, „Over-Peening“
- Abbau von Druckeigenspannungen


Zusammenfassung


-  Positive Beeinflussung von Härte und Eigenspannung in der Oberflächenrandzone
-  Korrelation zwischen Rauheit, Härte und Eigenspannung
-  Wirtschaftliche Nutzbarkeit der Randzonenmodifikation bei geringen Strahlintensitäten

-  **Quantitative Aussagen über die untersuchten metallischen Werkstoffe**
-  **Qualitative Aussagen über weitere metallische Werkstoffe**

Ausblick

-  Analyse weiterer metallischer Strahlgutwerkstoffe

-  Analyse der Spannungsverhältnisse im Mikrobereich der Oberflächenrandzone

-  Entwicklung von Düsengeometrien zur Modifikation von Hohlräumen und Hinterschneidungen