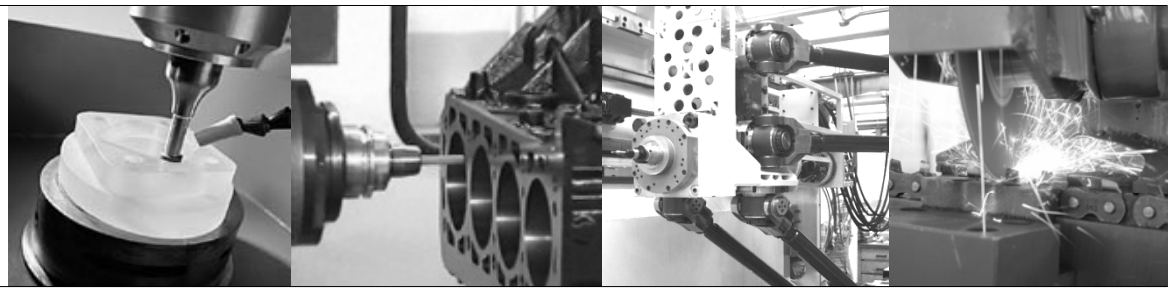
Tribological effects of structured and intensified surfaces



Projektbeschreibung

Vorstand Univ.Prof.DI.Dr. F. Bleicher 04. Dezember 2009

Verdichtungsklopfen

- Technologie entwickelt von Fa. 3D-Fräs- und Drehteile (DE), Hr. Löcker in Kooperation mit Fa. LTS (DE), Hr. Smits
- Technologie ist als System verfügbar, derzeit liegen empirische (phänomenologische) Erkenntnisse vor → **Ansatz des Projektes**

Verdichtungsklopfen - Technologie

- Technologie kann auf konventionellen Bearbeitungszentren eingesetzt werden
- Flexibler Einsatz in der Bearbeitung von Oberflächen bei der 5-Achs-Bearbeitung
- Verbesserung der Oberflächenqualität durch Glättungseffekt

Verdichtungsklopfen

Durch das Verdichtungsklopfen an Werkstückoberflächen resultieren bzw. können beeinflusst werden:

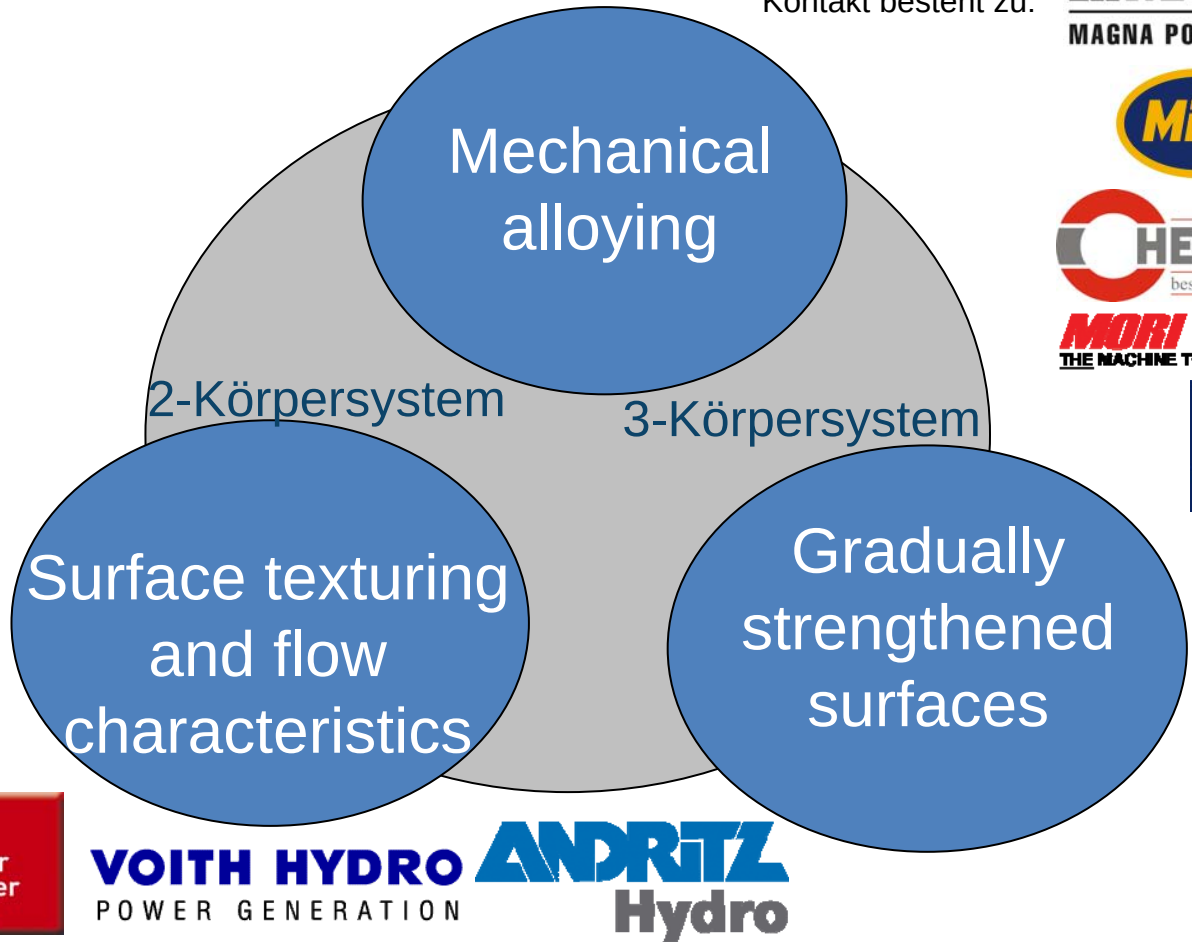
- Erzeugen von Druckspannungen in der oberflächennahen Randzone (bis ca. 3mm)
- Verbesserung der Verschleißfestigkeit
- Modifikation der Oberfläche durch Strukturieren und Abprägen
- Beschichten und Zusammenwirken von bearbeiteten Oberflächen mit Beschichtungen
- werkstoffabhängige Stützwirkung
- mechanisches Auflegieren der Oberflächen
- strömungsmechanische Wirkung
- Einfluss hydrophiler bzw. hydrophober Oberflächen in tribologischen Anwendungen (Benetzbarkeit mit Fluiden)

→ Beeinflussung von Kavitation, Strömungserosion, Strömungsverhalten, …

Projektschwerpunkte

- Tribological effects of structured and intensified surfaces

Kontakt besteht zu:



CAM-Technologie

- definieren der Werkzeugbahnen beim Verdichtungsklopfen ist entscheidend für das Oberflächenergebnis
- Wahl der Bearbeitungsbahnen unter Berücksichtigung von technologischen Aspekten

konventionelle CAM-Systeme	eigenes Thor-CAM-System
CAD Daten => Projektion => **Punktewolke** Als Abbild der Geometrie und Basis zur Berechnung der Fräsbahnen (Approximation) Automatische Erkennung scharfer Kanten nicht möglich…	CAD Daten => **Flächenmodell** Es wird direkt auf der Flächen-Mathematik gearbeitet, dadurch umfangreiche Analysemöglichkeiten: • Automatische Erkennung von scharfen Kanten • Automatische Erkennung von engen Radien
Ungleichmäßige Verteilung der Fräsbahnpunkte (WZ-Mittelpunkt): • Genauigkeitseinbuße • Facettierung	Gleichmäßige Verteilung der Bahnpunkte (Berührungspunkt): • Höchste Präzision • Keine Facettierung

Härtesteigerung

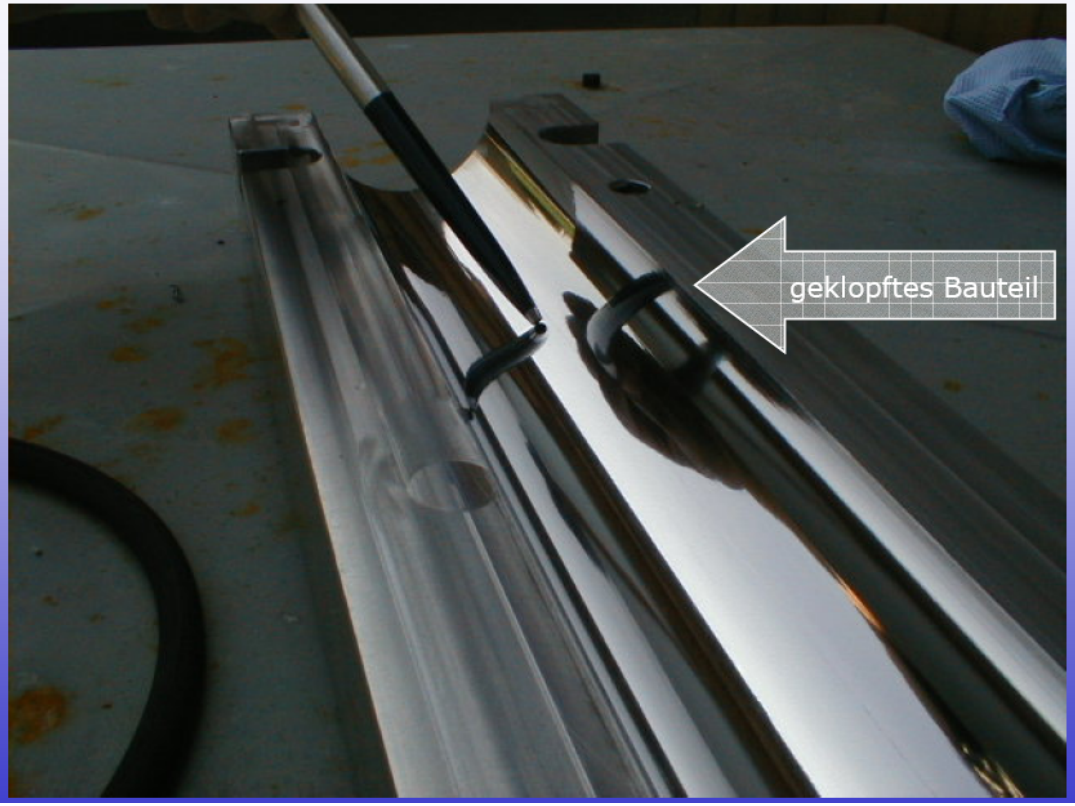
- deutliche Härtesteigerung um ca. 4HRC durch die Oberflächenbearbeitung
- auch bereits gehärtete Flächen sind weiter aufhärtbar

Material	Ausgangszustand	Nach dem Festklopfen
Cr7V	weich (nicht vergütet)	Steigerung um 4 HRC
Cr7V	wärmebehandelt 52 HRC	64 HRC
1.2344	50 HRC	58 HRC
GGG70	260 HB	380 HB
AlZnCu1,5Mg	200 HB	280 HB
Cr7V	Ein Teil wurde vor dem Härten geklopft => Ergebnis: Der zuvor geklopfte Bereich weist auch nach dem Härten 4 HRC mehr auf (der Glanz blieb)...	

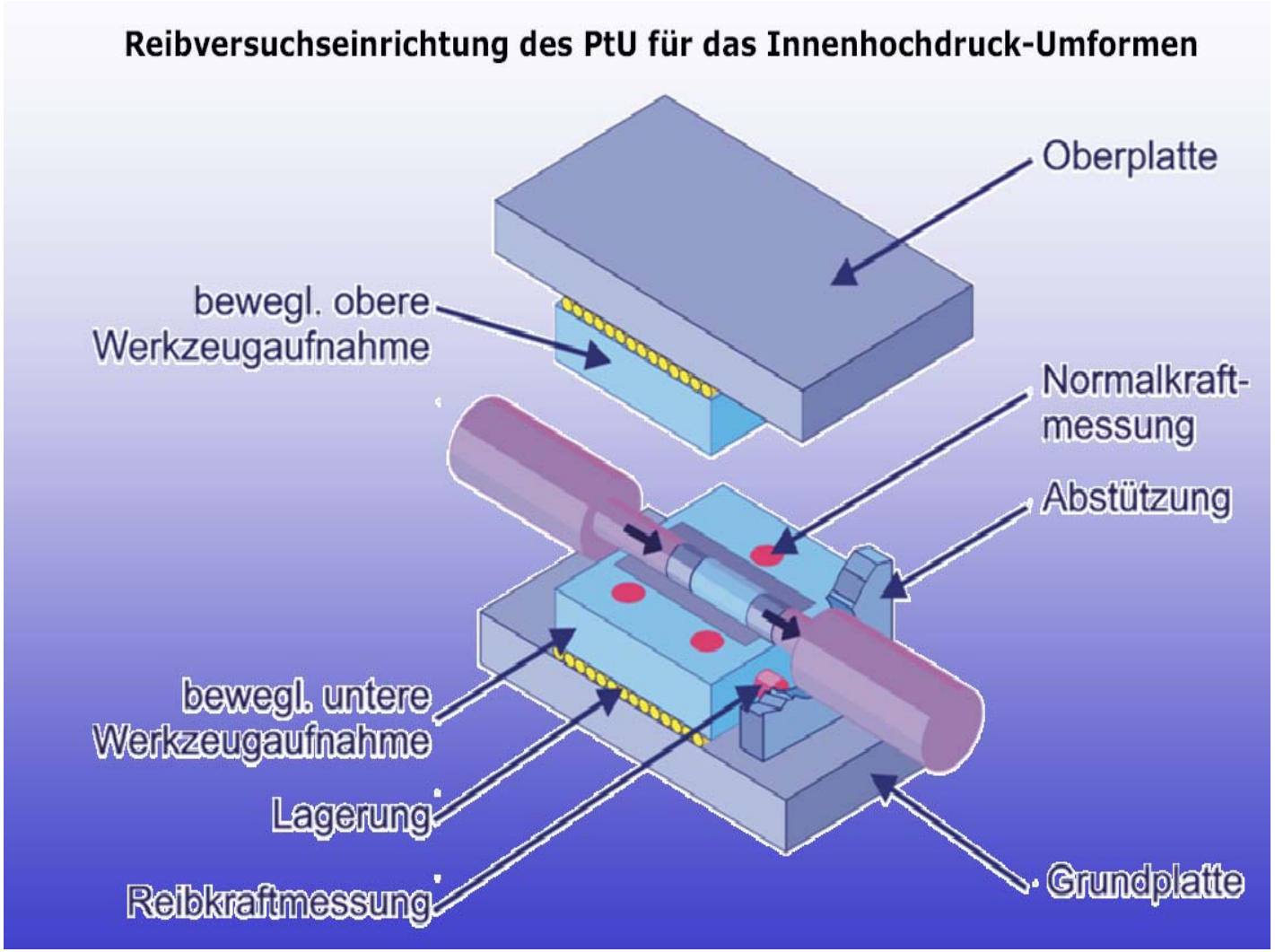
Oberflächenverbesserung

- Technologie wurde ursprünglich zur Oberflächenverbesserung als Ersatz für das manuelle Polieren entwickelt
- Verbesserung der Oberflächengüte bleibt auch bei einem Härteprozess weitgehend erhalten

Reibversuchseinrichtung des PtU für das Innenhochdruck-Umformen

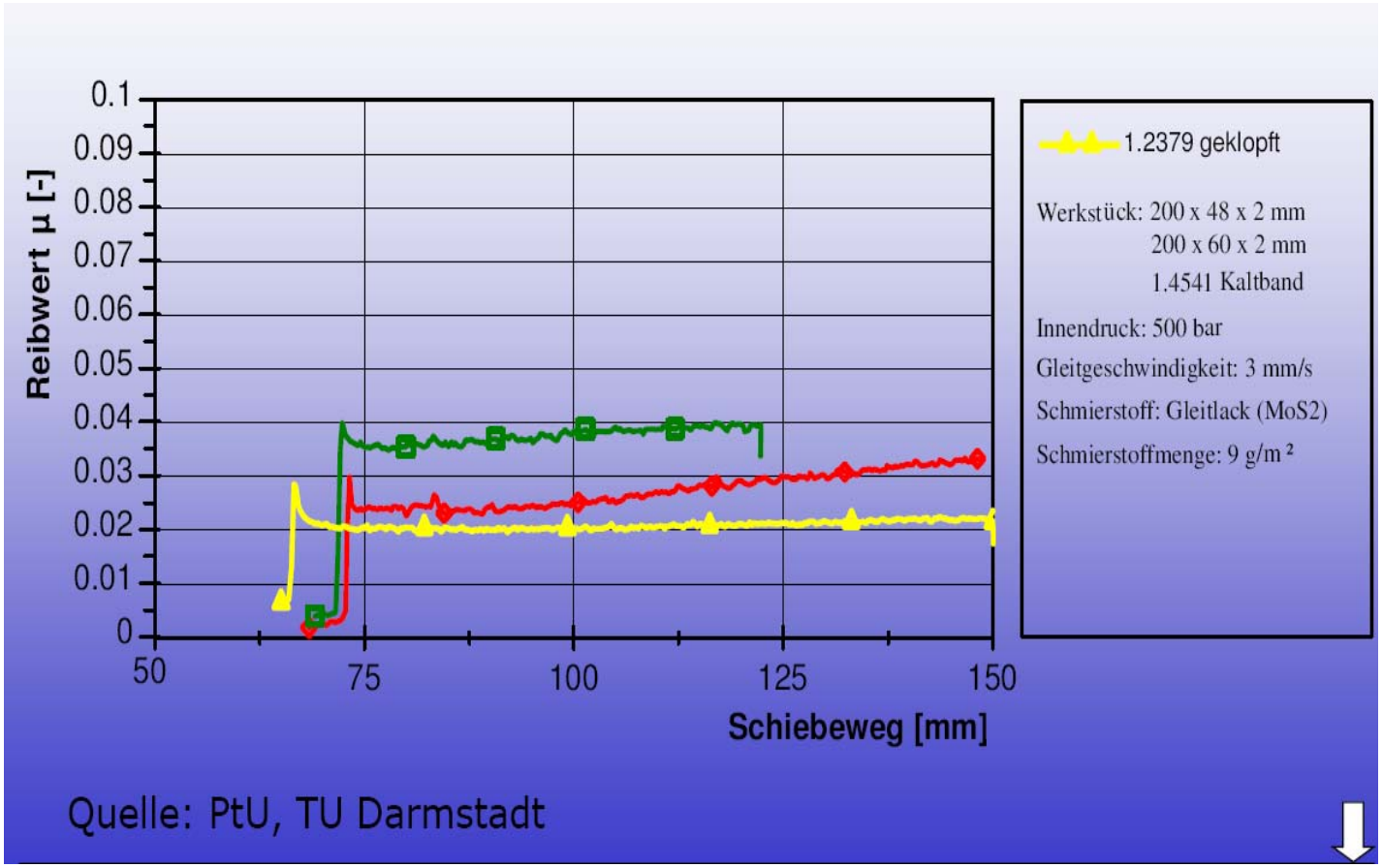


Oberflächenverbesserung



Tribologische Oberflächenmodifikation

- Reduktion des Reibbeiwertes durch die Oberflächenverbesserung
- günstigere tribologische Eigenschaften der verdichtungsgeklopften Oberflächen
- Einbetten von tribologisch relevanten Materialien in die Werkstoffoberfläche



Technologievergleich

- Produktivität kann durch Gesamtbearbeitung inkl. Polieroperation auf einer Maschine stark verbessert werden

Gegenüberstellung der maschinellen Bearbeitungen: konventionelle Bearbeitung - Festklopfverfahren

...Mögliche Vorgehensweise zur Optimierung/Verkürzung der Prozesszeiten...

	konventionelles Fräsen		Festklopfverfahren	
Bearbeitungsschritt	Aufmass [mm]	Maschinenbelegung	Aufmass [mm]	Maschinenbelegung
Schruppen und 2,5 D	2 - 1	40%	2 - 1	40%
Vorschlichten	0,2 - 0,15	20%	0,2 - 0,15	20%
Endbearbeitung	1. auf 0,05 2. auf Null	40%	1. auf ~ 0,03 2. Klopfen (0)	20% 20%
Summe		100%		100%
...weiter mit händischen Polieren...!		(100 %) + X Std.		

Zeiteinsparung:

Reduzierung des händischen Polierens um ca. 75%

Vorteile des Verdichtungsklopfens

Technologische Vorteile des Festklopfverfahrens

- Härtezunahme im Randbereich
  - geringerer Verschleiß
  - Reduzierung der Bruchgefahr insbes. bei IHU Werkzeugen
  - ggf. bessere Abstützung von Beschichtungen
- Erhöhung der Abbildungsgenauigkeit der Soll-Geometrie
- Reduzierung des Stick-Slip Effekts und des Zinkabriebs bei Gusswerkzeugen

Variationsmöglichkeiten des „Festklopfverfahrens"

Folgende Parameter können variiert werden:

- Schlagkraft (~ 150 kg/mm² pro Schlag)
- Kugeldurchmesser (2 mm bis ca. 20 mm)
- Frequenz (von 20 Hz bis 500 Hz ….)

Erfahrung aus Anwendungen

Erfahrungen von Anwendern des Festklopfverfahrens...

SCHULER

Hydroforming
Innenhochdruckumformung (IHU)

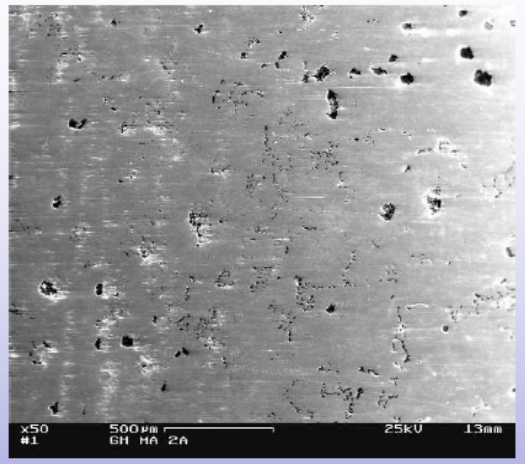
Erste Resultate bei der Erstellung von Wechseleinsätzen aus 1.2379 Stahl für Innenhochdruckumformwerkzeuge:

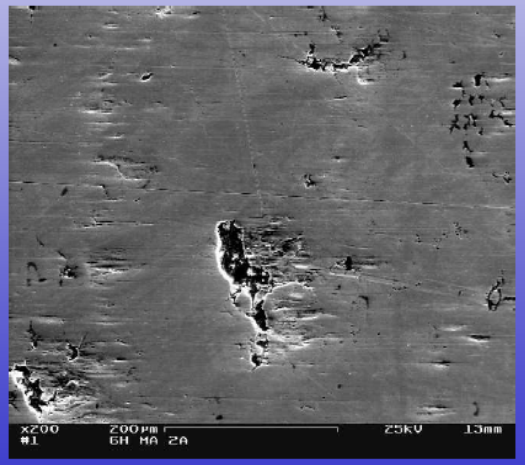
- Härtezunahme im Randbereich von 56 auf 64,5 HRC bei Werkzeugeinsätze (gemessener Mindestwert)

- Wechselbiegebeanspruchungstest mittels eines Winkel-Bauteil mit einem Übergangsradius von 20 mm:
  Durch die, mittels des Klopfverfahrens, induzierten Oberflächenspannung im Radiusbereich konnte eine Erhöhung zwischen dem **2,5-** bis mehr als das **4-Fache** der Lebensdauer erreicht werden.

Erfahrung aus Anwendungen

REM-Aufnahmen einer geklopften Gussoberfläche (Material GGG 70 L / Übersicht l und Detail r)





…durch das Festklopfverfahren wird Material in die Poren einer Gussoberfläche hineingedrückt und die Randbereiche dieser werden verrundet. In der Detailansicht links unten ist die Verrundung des Randbereiches gut zu erkennen, welche mit abrasiven Verfahren (Schleifen, Polieren) so nicht erzeugt werden kann.

…positiver Effekt einer festgeklopften Gussoberfläche ist eine deutlich geringere Zinkablagerung in den Poren. Dies konnte in Modellversuchen der TU-Darmstadt nachgewiesen werden. Weiterhin trat ein erheblich reduzierter Stick-Slip Effekt auf, was zu einer Erhöhung der Prozessstabilität beiträgt...

Erfahrung aus Anwendungen

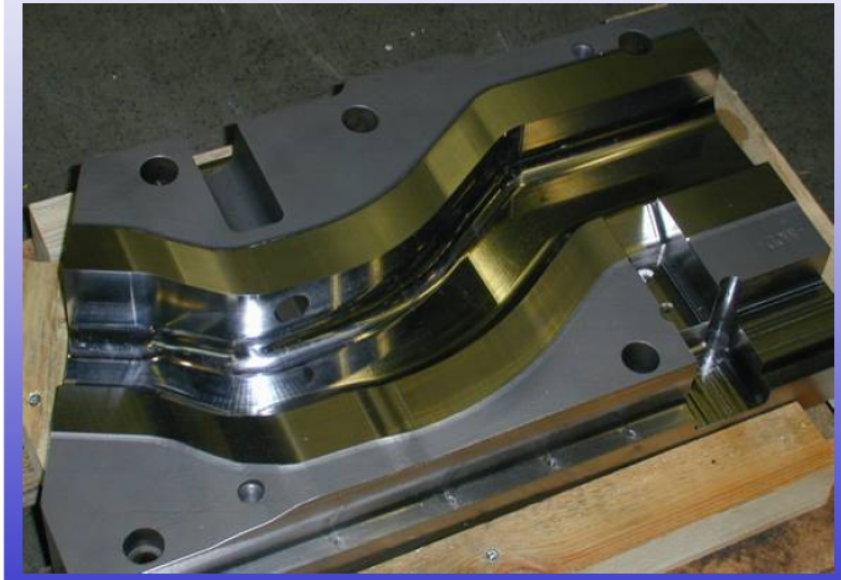
Erfahrungen von Anwendern des Festklopfverfahrens...

Erfahrung aus Anwendungen

Erfahrungen von Anwendern des Festklopfverfahrens...

SCHULER

Kontureinsatz aus 1.2344



- **Spiegelglatte Oberflächen**
- **Härtezunahme 50 -> 52/53 HRC**
- **Geklopft mit Ø 8 mm Kugel**

von Schuler Hydroforming konstruierter und gefertigter IHU-Werkzeugeinsatz

Erfahrung aus Anwendungen

Erfahrungen von Anwendern des Festklopfverfahrens...

SCHULER

Einlaufkanal aus 1.2379

- Spiegelglatte Oberflächen
- Härtezunahme 49 -> 52 HRC
- Geklopft mit Ø 8 mm Kugel
- Ra-Wert nach Fräsen ca. 4,5
- Ra-Wert nach Klopfen ca. 0,2

von Schuler Hydroforming konstruierter und gefertigter IHU-Werkzeugeinsatz

Erfahrung aus Anwendungen

Erfahrungen von Anwendern des Festklopfverfahrens...

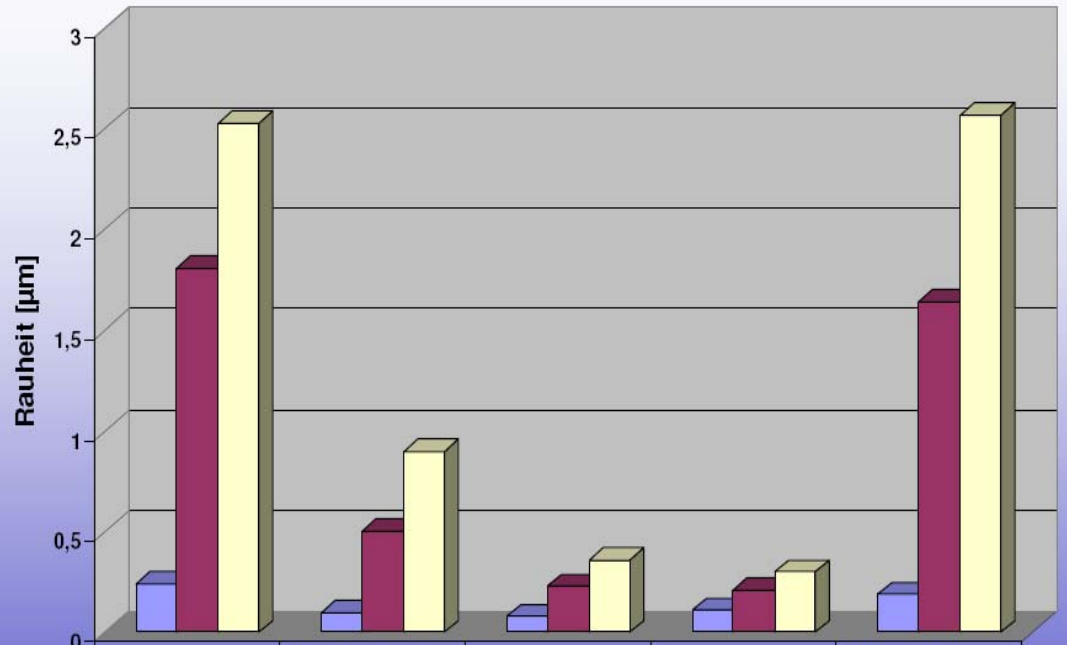
BÖHLER SCHMIEDETECHNIK

(Kundenaussage):

„Bei nicht festgeklopften Gesenken lag die Stückzahl bis zur 1. Bereitstellung des Gesenkes bei ca. 500 bis 600 Stück. Mit dem Festklopfverfahren konnten wir am Gesenk nach Erzeugung von 600 Stk. keinerlei Risse oder Aufweitungen feststellen. Daraufhin wurden weitere 600 Stk. geschmiedet. Alle geschmiedeten Teile (1200 Stk.) entsprechen den geometrischen Anforderungen, was beweist, dass die Aufweitungen des Gesenkes innerhalb der zulässigen Toleranzen lagen."

Erfahrung aus Anwendungen

Erkenntnisse zum „Festklopfverfahren" - reduzierte Oberflächenrauheit



	X	Balinit Futura (Balzers)	DLC	geklopft	Plasmanitriert (62 HRC)
Ra	0,24	0,1	0,08	0,11	0,19
Rz	1,81	0,5	0,23	0,21	1,64
Rmax	2,53	0,9	0,36	0,3	2,57

Oberflächenmessgrößen der Werkzeugbeschichtungen

Mittelwerte aus je 12 Einzelmessungen

Erfahrung aus Anwendungen

Erkenntnisse zum „Festklopfverfahren" - Härtesteigerung

Es wurde eine Härtezunahme bis 2 mm von der Oberfläche gemessen.

Im Vergleich: Beim Kugelstrahlen werden Eindringtiefen von ca. 0,3 mm erreicht.

These:

- Durch das Festklopfen wird infolge des Härtegradient ein optimaler Untergrund für Beschichtungen geschaffen
- Hierdurch lässt sich der sogenannte „Eierschaleneffekt" verhindern
- Da die mechanisch eingebrachte Härtezunahme auch nach der Wärmebehandlung erhalten blieb, ergibt sich eine Verbesserung sowohl für PVD als auch für CVD Beschichtungen

PVD- (Physical Vapour Deposition) bis ca. 100°-500°
CVD- (Chemical Vapour Deposition) bis ca. 200°-1200°

Kontakt

Institut für Fertigungstechnik
u. Hochleistungslasertechnik
Karlsplatz 13/311
1040 Wien
Austria

Tel.: +43-(0)1-58801-31101
Fax: +43-(0)1-58801-31199

E-Mail: sec@ift.at
Homepage: http://www.ift.at