

Die Technologien Festwalzen und Glattwalzen

Deep Rolling and Roller Burnishing

The contents of these publications are protected by international copyright laws. You may not reproduce, distribute, transmit, display or prepare derivative works without the prior written consent of ECOROLL AG. You may copy and print a limited amount of content for your personal, non-commercial use only, provided that you include all copyright and other notices contained in the content and that you do not modify the content. Any other use of ECOROLL content requires prior written permission from ECOROLL AG.

... damit alles glatt geht

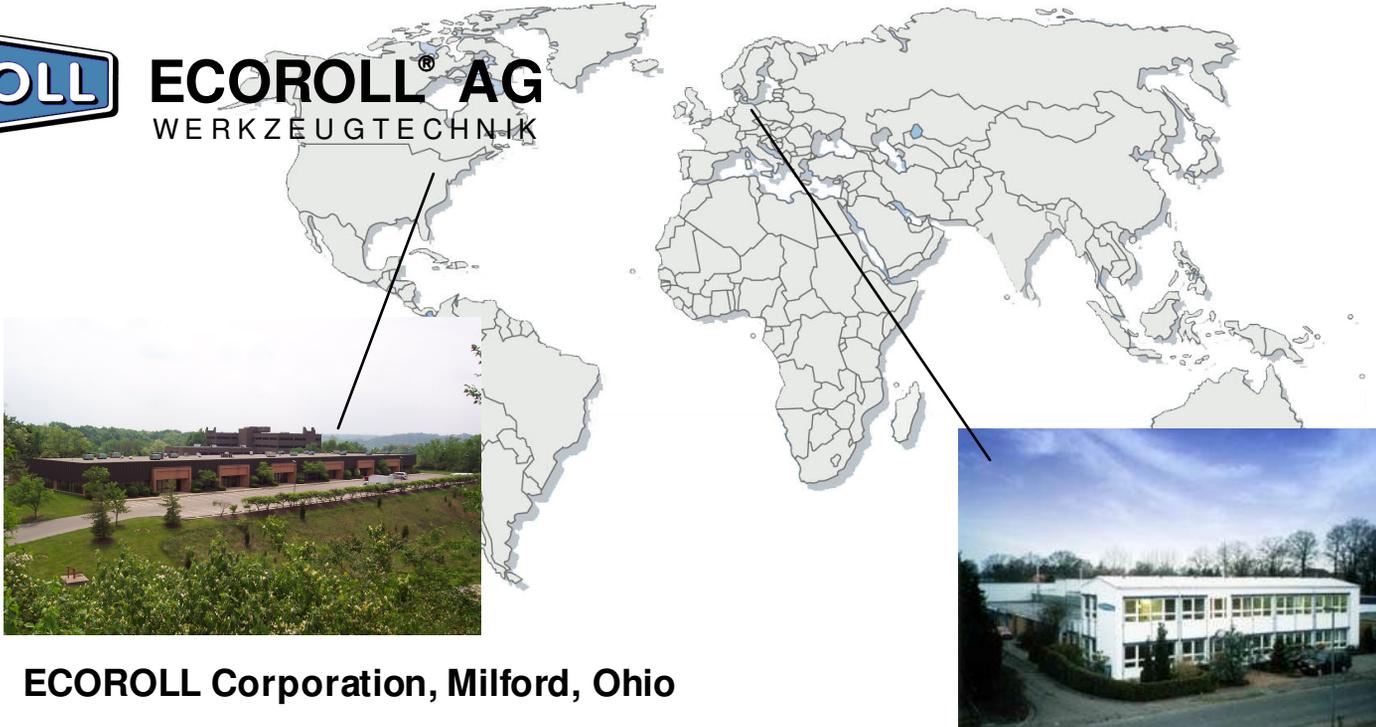


ECOROLL AG Werkzeugtechnik

Einführung



ECOROLL® AG
WERKZEUGTECHNIK



ECOROLL Corporation, Milford, Ohio

ECOROLL AG, Celle

Firmengeschichte in Celle:

- **HEGENSCHEIDT Werkzeugtechnik gegründet 1969**
- **ECOROLL AG Werkzeugtechnik gegründet 1996**
- **ECOROLL Corp. Tool Technology gegründet 2003**

... damit alles glatt geht



Produktprogramm

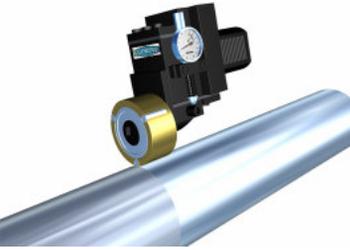
Einführung

GLATTWALZEN

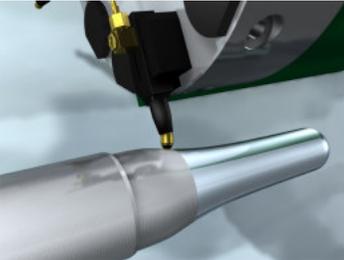
mehrröllig



einröllig



hydrostatisch

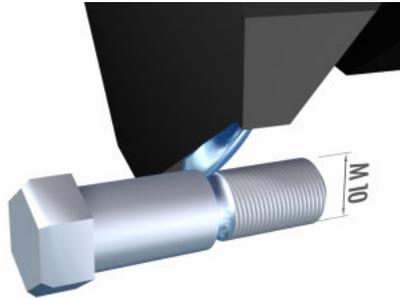


GW-Maschine



FESTWALZEN

mechanisch



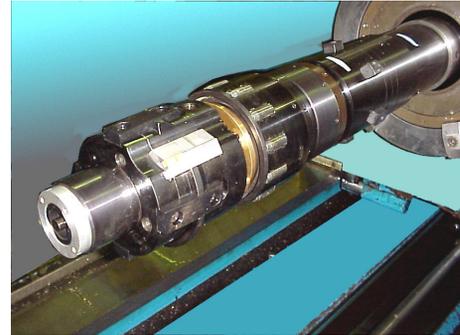
hydrostatisch



FW-Maschine

ZYLINDERROHR BEARBEITUNG

Schälen+Glattwalzen



UMFORMEN FÜGEN

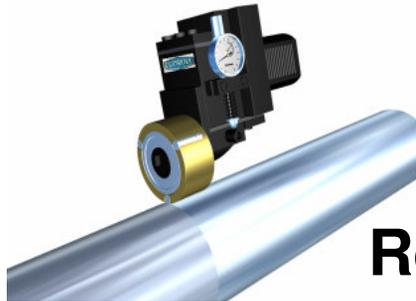


... damit alles glatt geht



Randschichtumformung

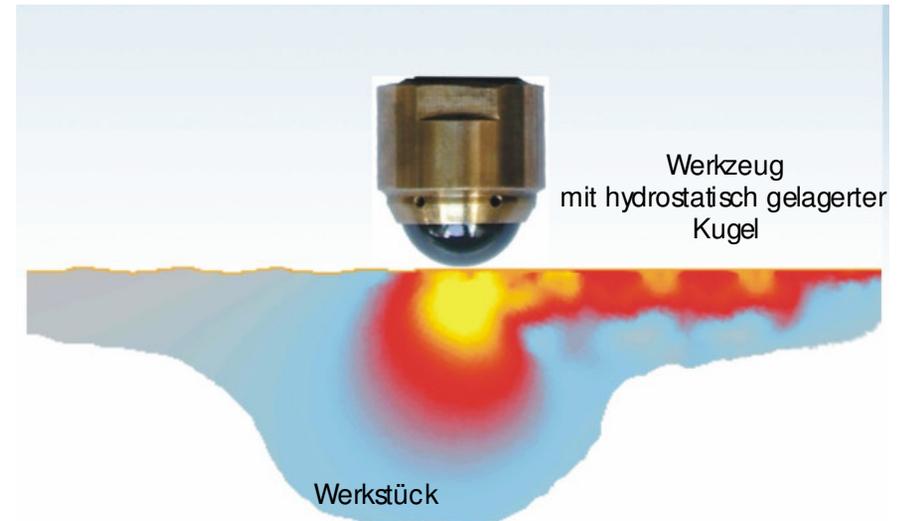
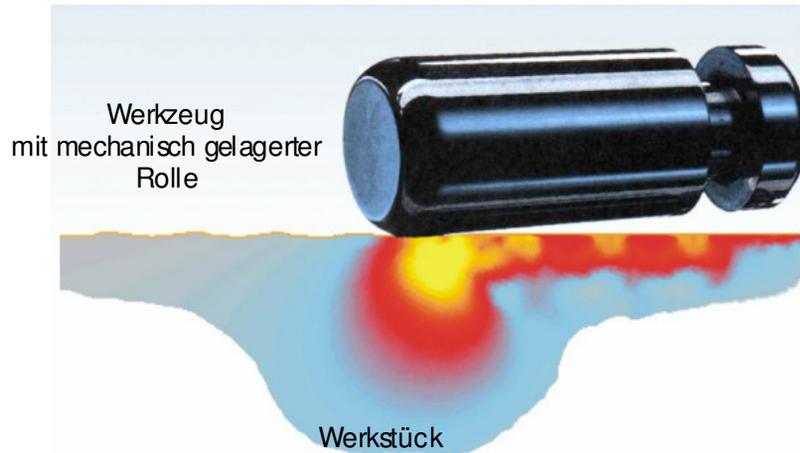
Verfahren



Rolle



Kugel

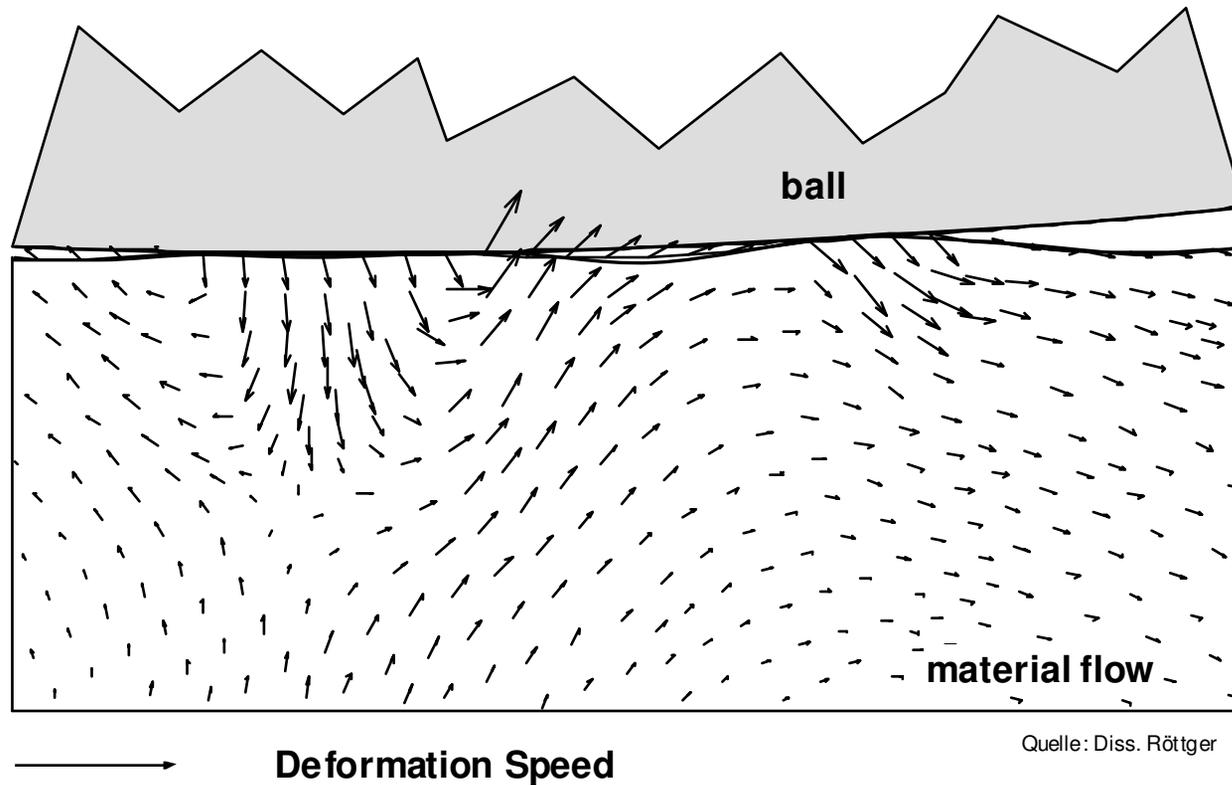


... damit alles glatt geht



Materialfluss beim Walzen

Verfahren



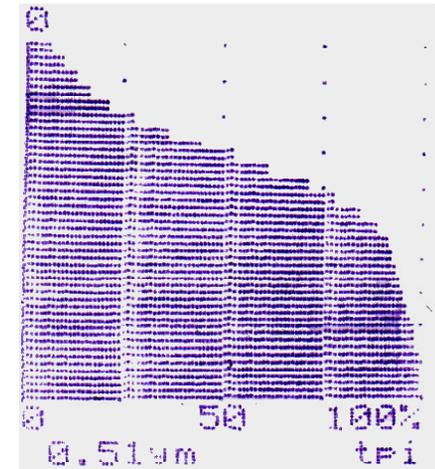
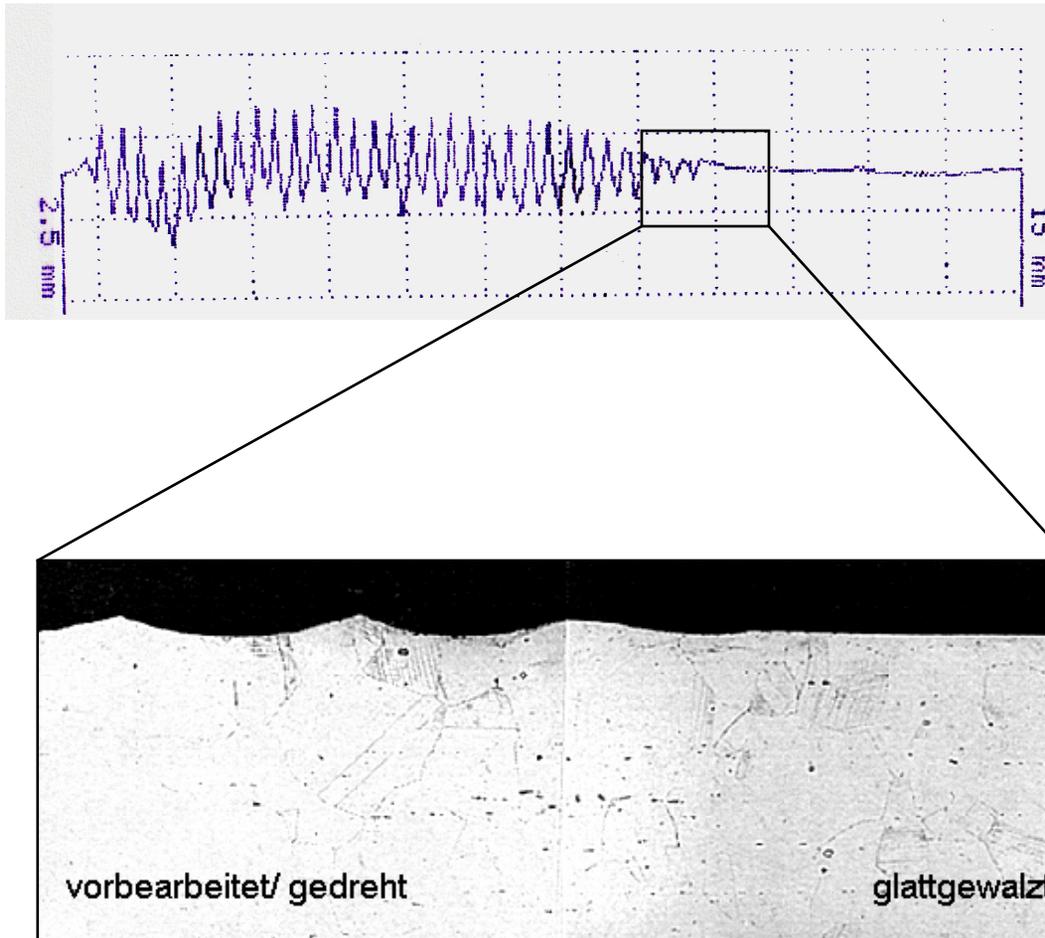
⇒ Materialfluss von Rauheitsspitze in Rauheitstal

... damit alles glatt geht



Randschichtumformung

Verfahren



Lt =	1.5	mm
Lc =	.25	mm
Ra =	0.07	μm
Rz =	0.47	μm
Rm =	0.64	μm

... damit alles glatt geht

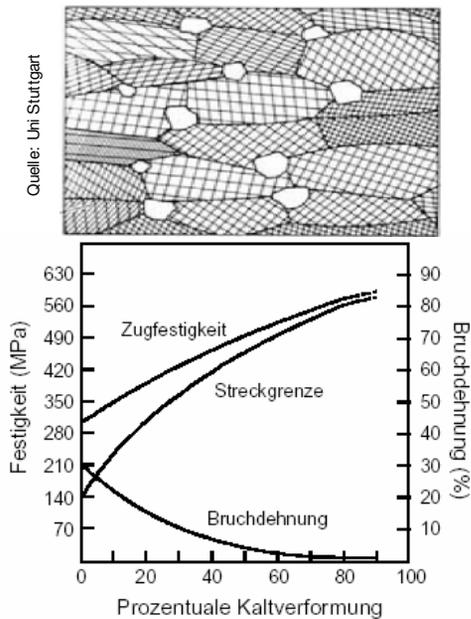


Vorteile glatt- & festgewalzter Bauteile

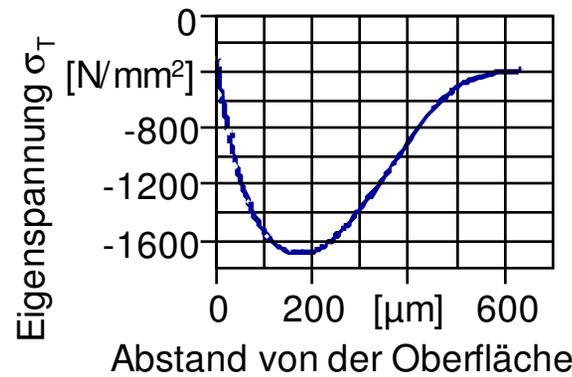
Verfahren

Glatt - und Festwalzen

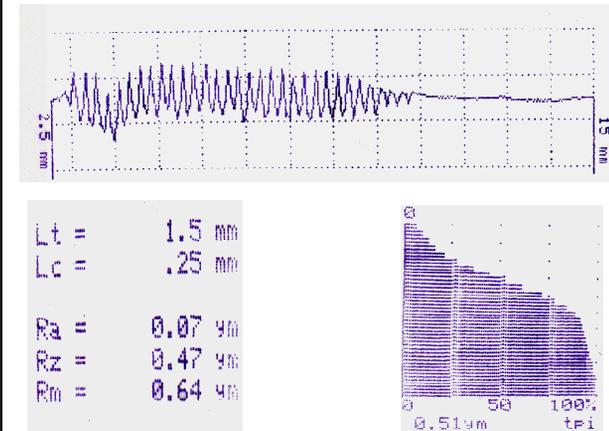
Kaltverfestigung



Druckeigenspannungen



Glättung



- Erhöhung der Versetzungsdichte
- Erhöhung der Randschichthärte
- temperaturstabile Festigkeitssteig.

- Verbesserung des Risswachstums
- Erhöhung der Dauerfestigkeit

- Verbesserte Gleiteigenschaften
- Verringerung von Mikrokerben

... damit alles glatt geht



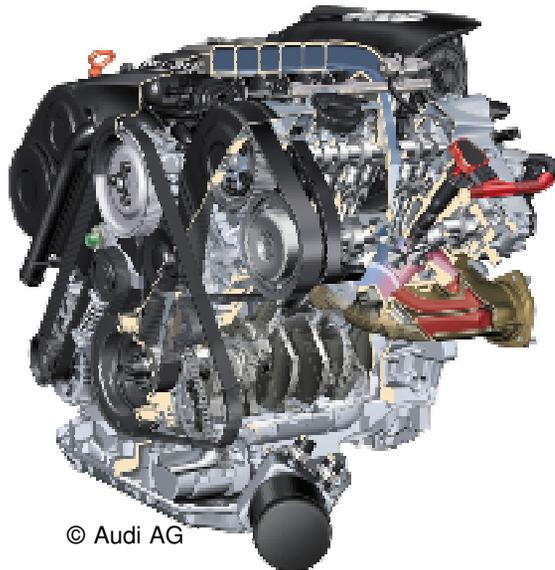
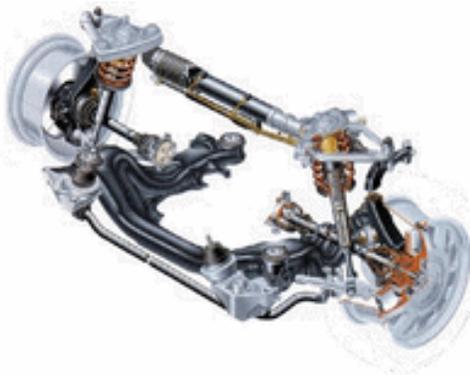
Vorteile glatt- & festgewalzter Bauteile

Verfahren

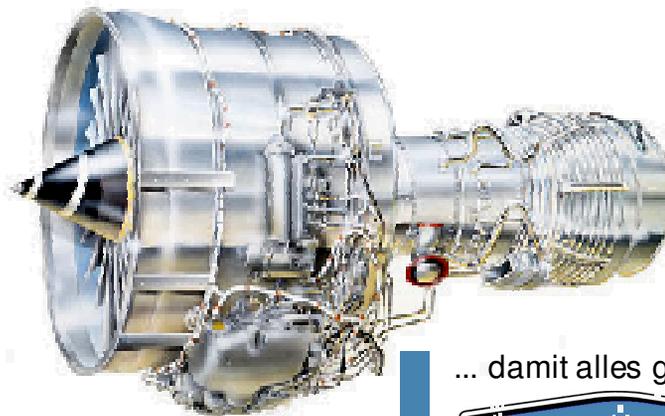
Glatt - und Festwalzen



- ... erhöht die Bauteilfestigkeit
- ... steigert die Lebensdauer
- ... ermöglicht höhere Lasten
- ... ermöglicht Leichtbau



© Audi AG



... damit alles glatt geht

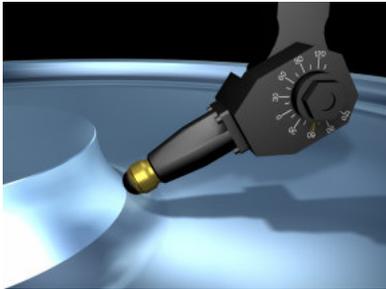


© EADS

Formen

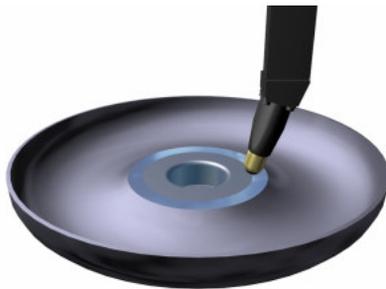
Verfahren

Walzbare Konturen:



Rotationssymmetrische Elemente wie z.B.:

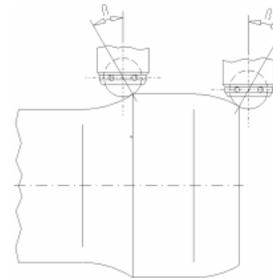
- Wellenzapfen,
- Freistiche,
- Bohrungen,
- Kugelköpfe
- ...



Freiform- und Planflächen wie

- Schultern,
- Gesenke,
- Werkzeugformen,
- ...

Eingriffswinkel von max. 30° möglich



... damit alles glatt geht



Walzbare Werkstoffe:

Metallische Werkstoffe

z.B.:

Stahl (auch gehärtet)

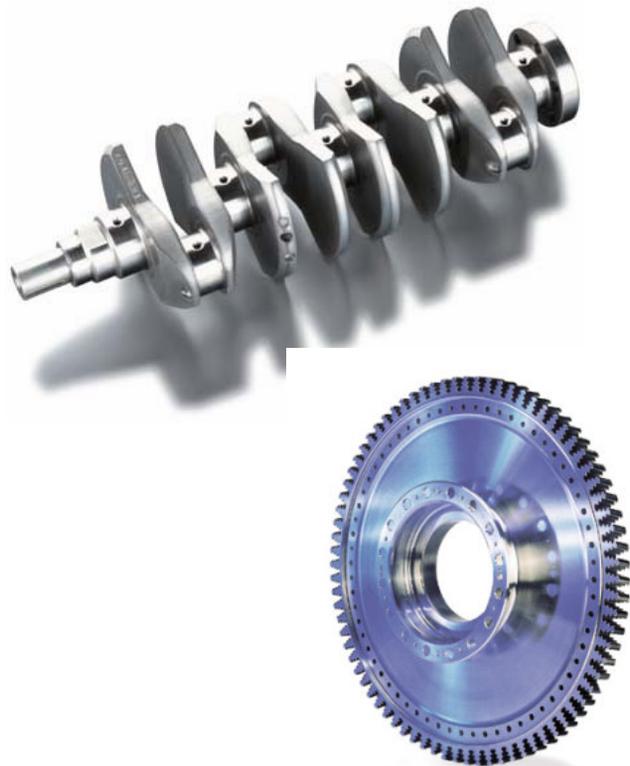
Guss

Al-Legierungen

Mg-Legierungen

Ti-Legierungen

... MMC, Hartmetall



... damit alles glatt geht



Vergleich Glattwalzen \Leftrightarrow Festwalzen

Verfahren

	 Glattwalzen	 Festwalzen
Zielsetzung	Herstellung einer vorgeschriebenen Rautiefe	Erhöhung der Betriebsfestigkeit
Qualitätsprüfung	Zerstörungsfreie Messung der Oberflächengüte	Nur mittels zerstörender Verfahren an Proben <ul style="list-style-type: none"> • Wöhlerversuch • Messung der Eigenspannungen
Qualitätskorrektur	Nachwalzen möglich	An Serienteilen nicht möglich, da nicht zerstörungsfrei prüfbar
Werkzeuganforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • DurchmesserEinstellung • Anzeige und Einstellung der Walzkraft 	Kontrolle der Prozessparameter <ul style="list-style-type: none"> • Walzkraft • Vorschub • Walzgeschwindigkeit • Werkzeuggeometrie

... damit alles glatt geht



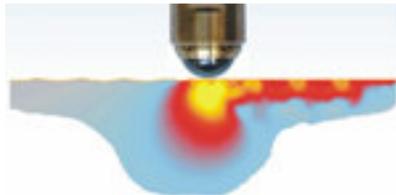
Vergleich Festwalzen \Leftrightarrow Kugelstrahlen

Verfahren

Festwalzen	Kugelstrahlen	Laser shock processing	Autofrettage	Hämmern	Induktionshärten	Einsatzhärten	Nitrieren
------------	---------------	------------------------	--------------	---------	------------------	---------------	-----------

Festwalzen

- + Größere Eindringtiefe
- + Druckspannung abhängig von Kraft F
- + F hydraulisch o. Federkraft
- + Einfache Bedienung u. Reproduktion
- + Schnell
- + In einer Aufspannung nach der Zerspanung einsetzbar
- + Bohrungen u. Vertiefungen zugänglich
- + Auf allen spanenden Werkzeugmaschinen möglich
- Vorwiegend regelmässige Formen



Kugelstrahlen

- + Bei unregelmässigen Formen
- Strahlkorn vergleichsweise klein
- Wartung und Entsorgung v. Strahlgut
- Raue Oberfläche
- Druckspannungen abhängig von Aufschlagkraft u. Überdeckung
- Einfluss von 12 Parametern
- Schwierig zu reproduzieren
- Spezialgerät erforderlich
- Nur von Spezialisten durchführbar
- Hoher Zeitaufwand
- Transportkosten
- Längere Durchlaufzeit
- Schwierig in Vertiefungen

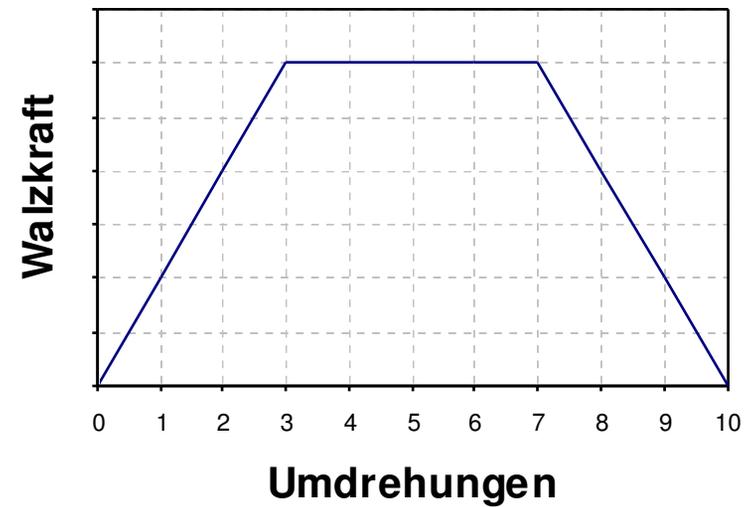
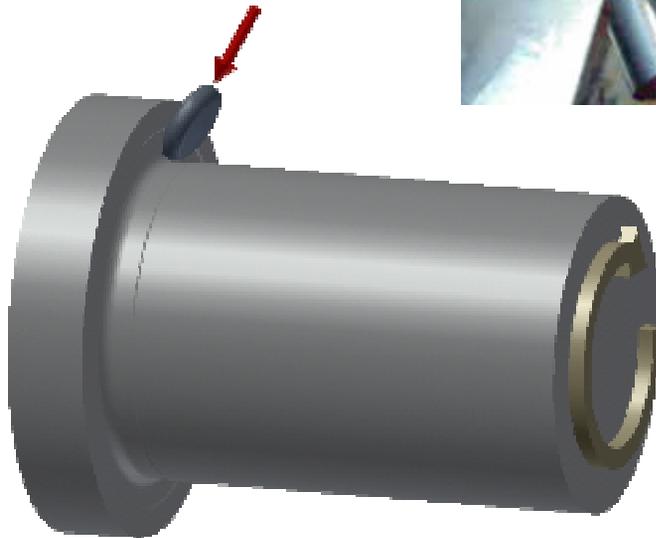
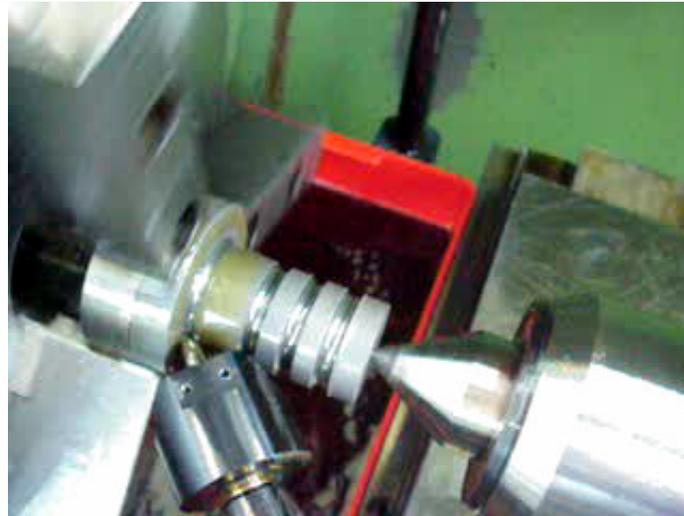


... damit alles glatt geht



Walzen im Einstich

Verfahren

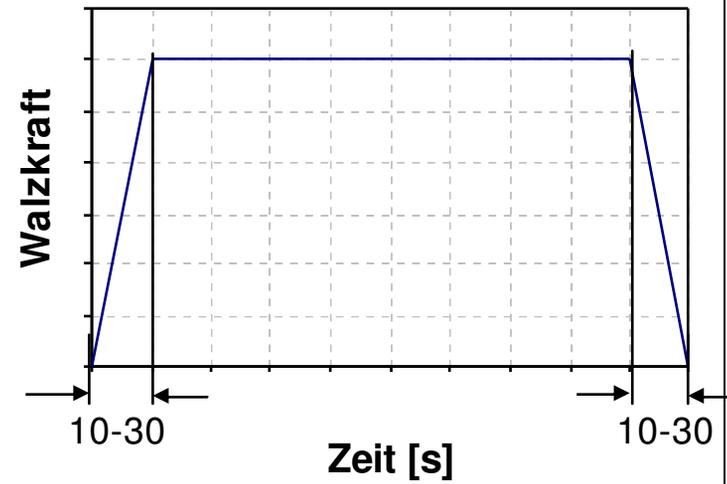
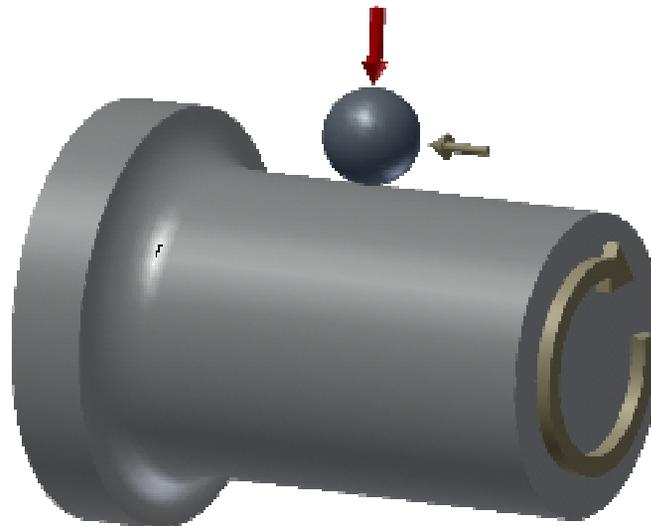
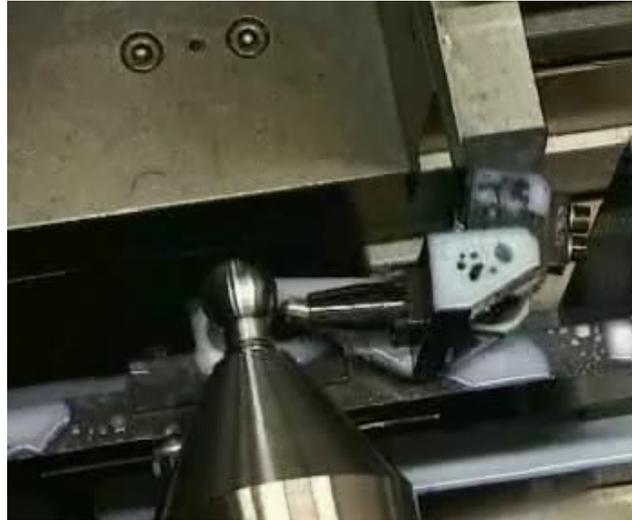


Einstich
Vorschub
3D-Walzen

... damit alles glatt geht
ECOROLL

Walzen im Vorschub

Verfahren



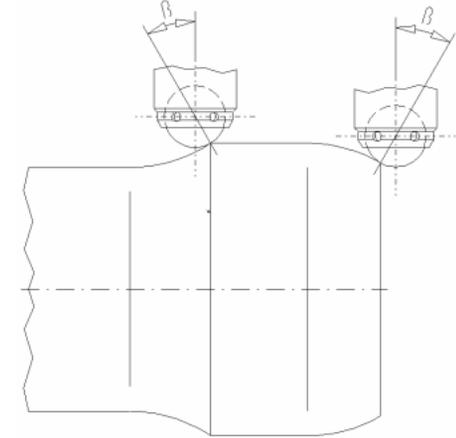
Einstich
Vorschub
3D-Walzen

... damit alles glatt geht

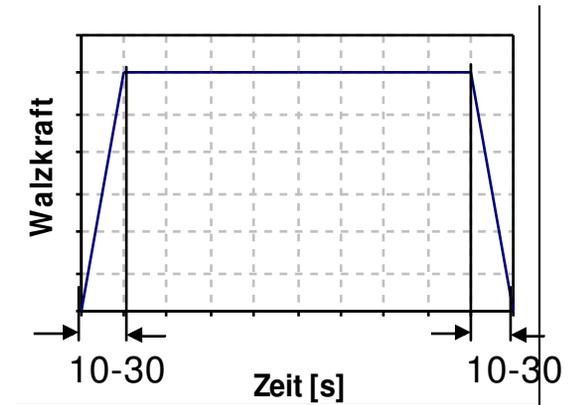
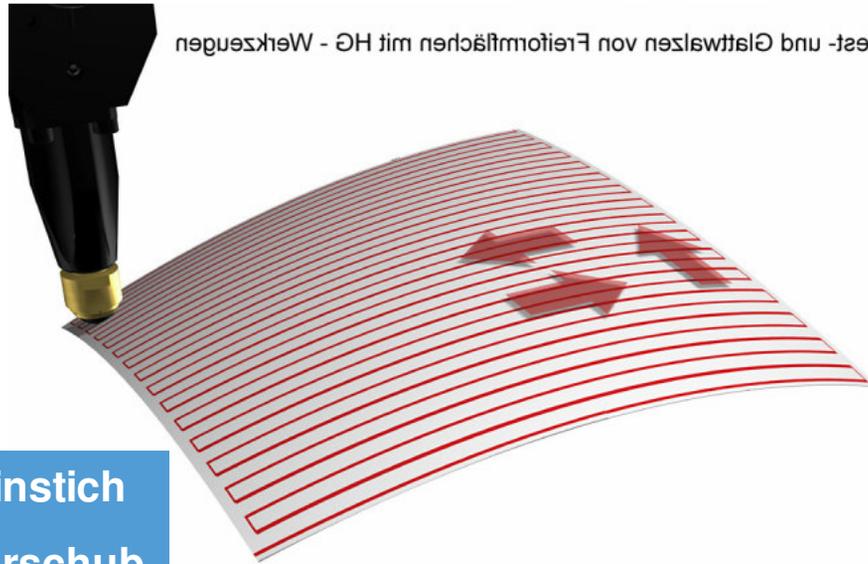


3D-Walzen von Freiformflächen

Verfahren



Fest- und Glättwalzen von Freiformflächen mit HG - Werkzeugen



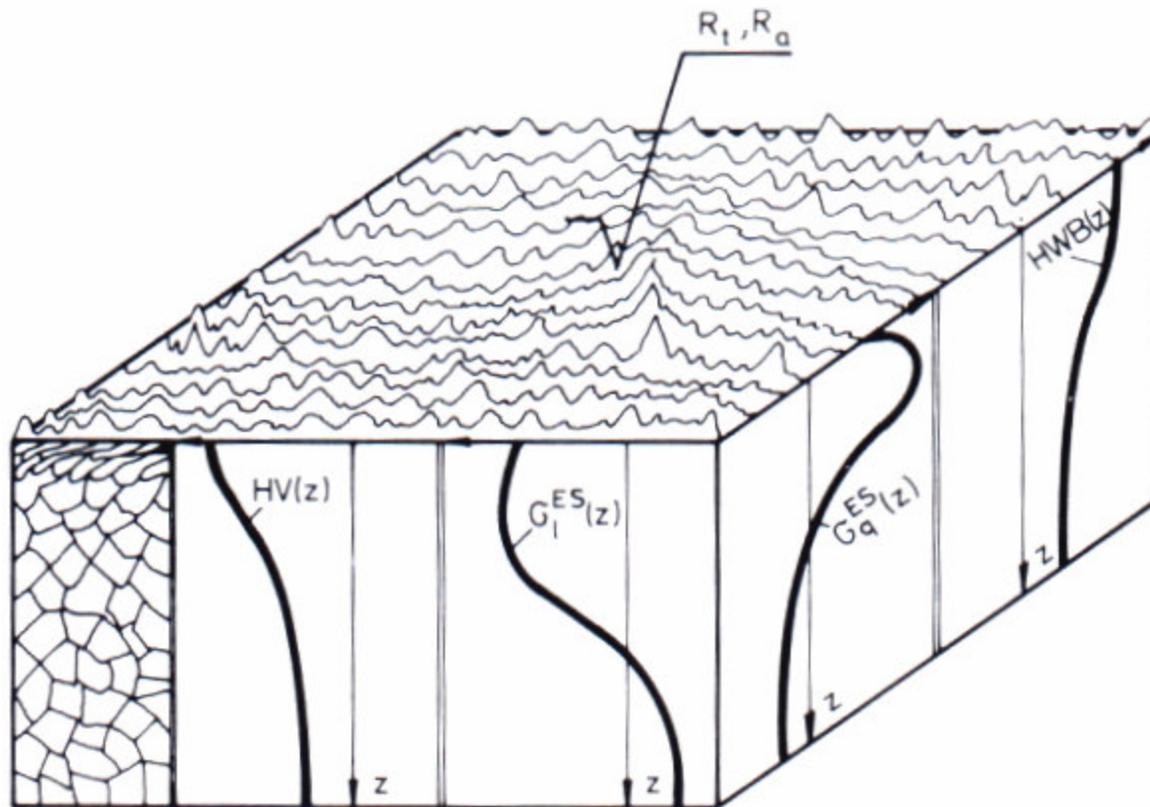
... damit alles glatt geht



Einstich
Vorschub
3D-Walzen

Randschichteigenschaften

Randzone



Quelle: Mechanische Oberflächenbehandlung
E. Broszeit, H. Steindorf
1989 DGM Informationsgesellschaft

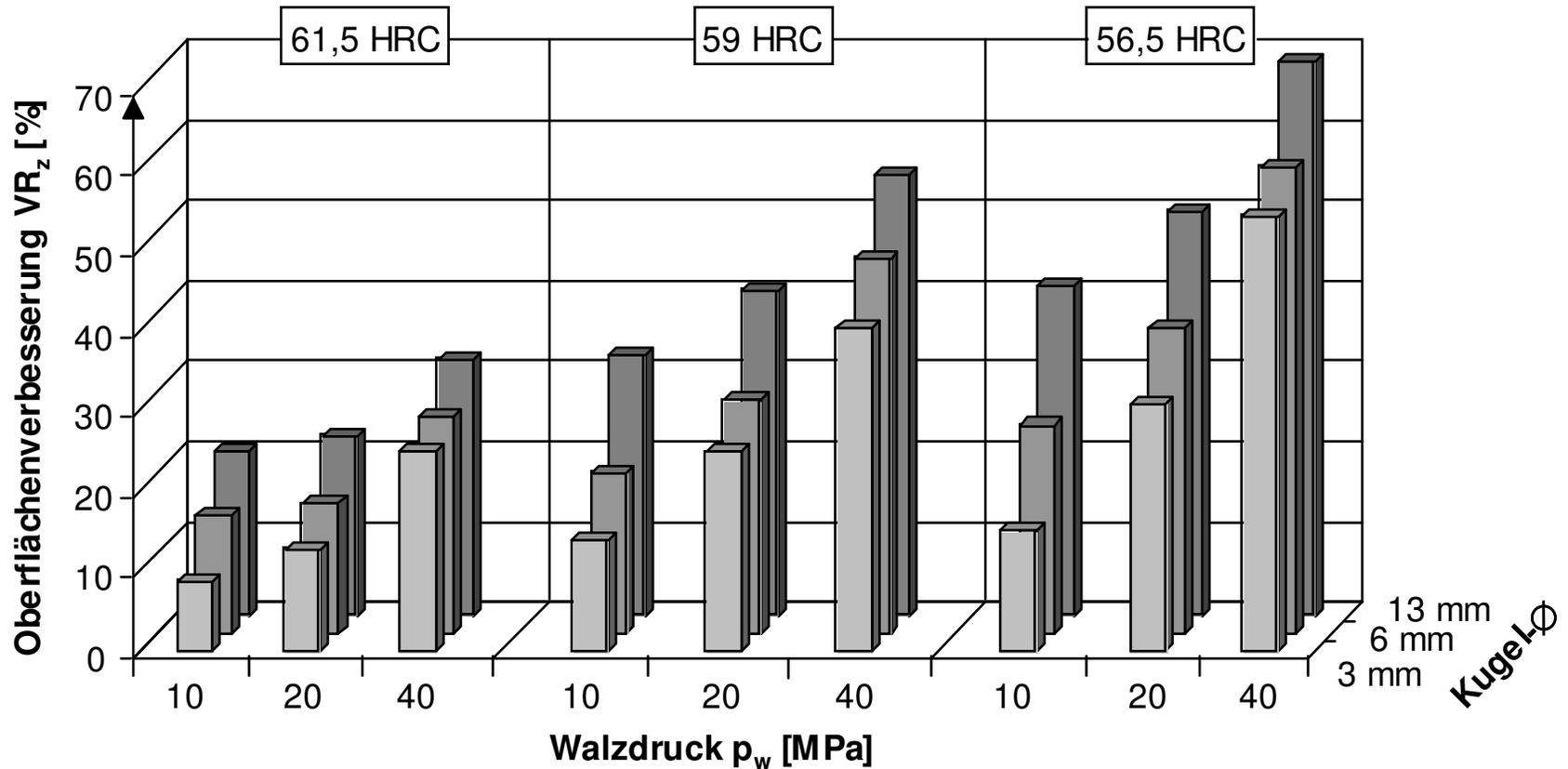
... damit alles glatt geht



Oberflächenverbesserung durch Hartwalzen

Randzone

Werkstoff: 100Cr6V
 Zerspanparameter: $v_c = 140$ m/min; $f = 0,08$ mm;
 $a_p = 0,15$ mm; $r_e = 1,2$ mm; $VB = 0,2$ mm
 Hartwalzparameter: $v_w = 100$ m/min; $f_w = 0,06$ mm



... damit alles glatt geht



Eigenstressen vor und nach dem Hartwalzen

Randzone

Schnittbedingungen:

$v_c = 140 \text{ m/min}$
 $f = 0,06 \text{ mm}$
 $a_p = 0,2 \text{ mm}$

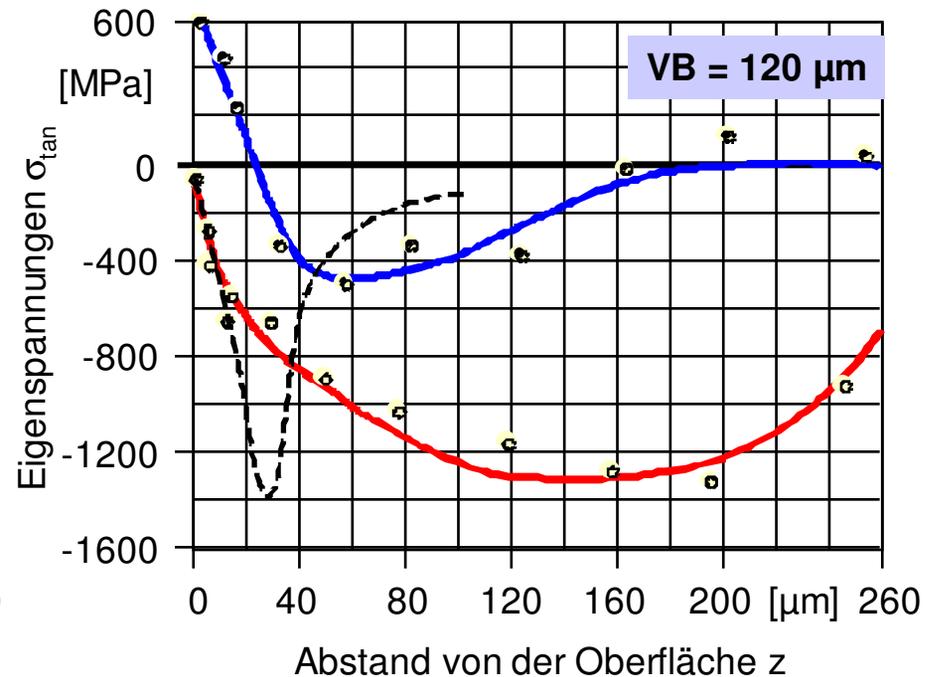
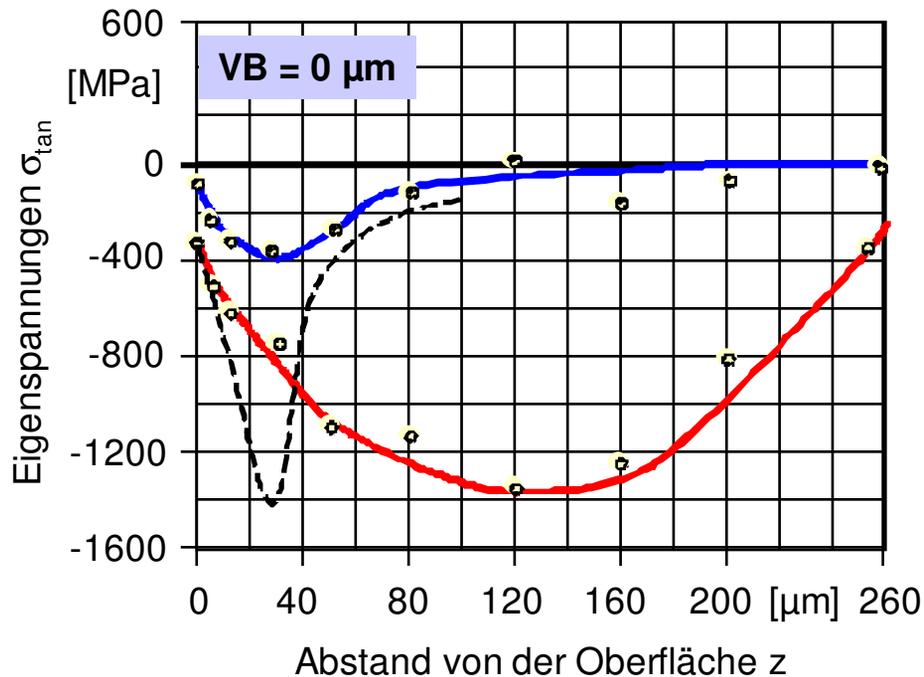
Walzbedingungen:

$v_{gl} = 120 \text{ m/min}$
 $f_{gl} = 0,08 \text{ mm}$
 $p_{gl} = 400 \text{ bar}$

Röntgendaten:

Cr- α Strahlung
 24 mA / 35 kV
 211 - Ebene $2\theta = 156^\circ$
 bel. Fleck: $0,8 \times 1,5 \text{ mm}$

—○— gewalzt
 —●— gedreht
 - - - kugelgestrahlt (qualitativ)

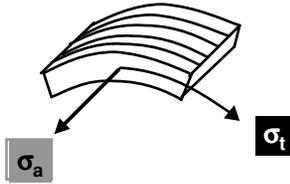


... damit alles glatt geht



Eigenspannungen nach dem Hartwalzen

Randzone



..... σ_t ; $p_w = 10$ MPa
 - - - σ_t ; $p_w = 20$ MPa
 ——— σ_t ; $p_w = 40$ MPa

..... σ_a ; $p_w = 10$ MPa
 - - - σ_a ; $p_w = 20$ MPa
 ——— σ_a ; $p_w = 40$ MPa

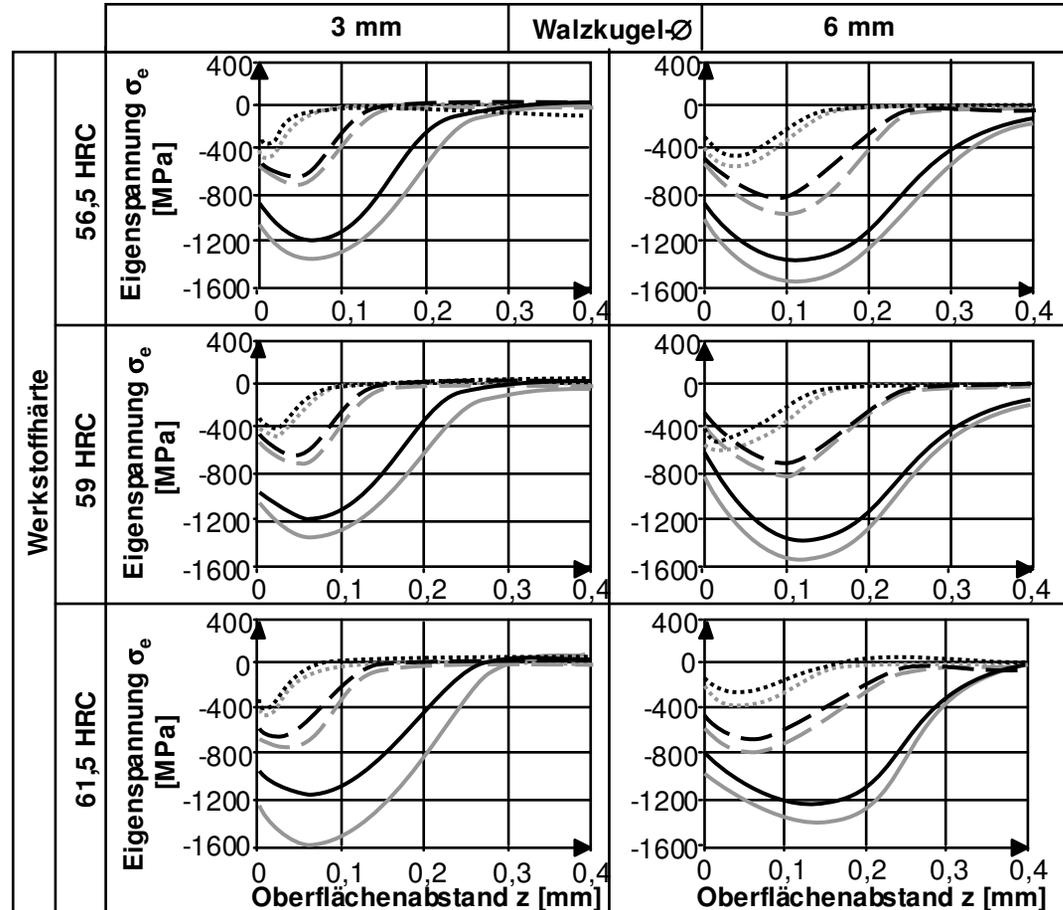
Werkstoff:
 100Cr6V

Zerspanparameter:

$v_c = 140$ m/min; $f = 0,08$ mm;
 $a_p = 0,15$ mm; $r_\epsilon = 1,2$ mm; $VB = 0,2$ mm

Hartwalzparameter:

$v_w = 100$ m/min; $f_w = 0,06$ mm



... damit alles glatt geht



Universalhärte nach dem Hartwalzen

Randzone

Werkstoff:

100Cr6V

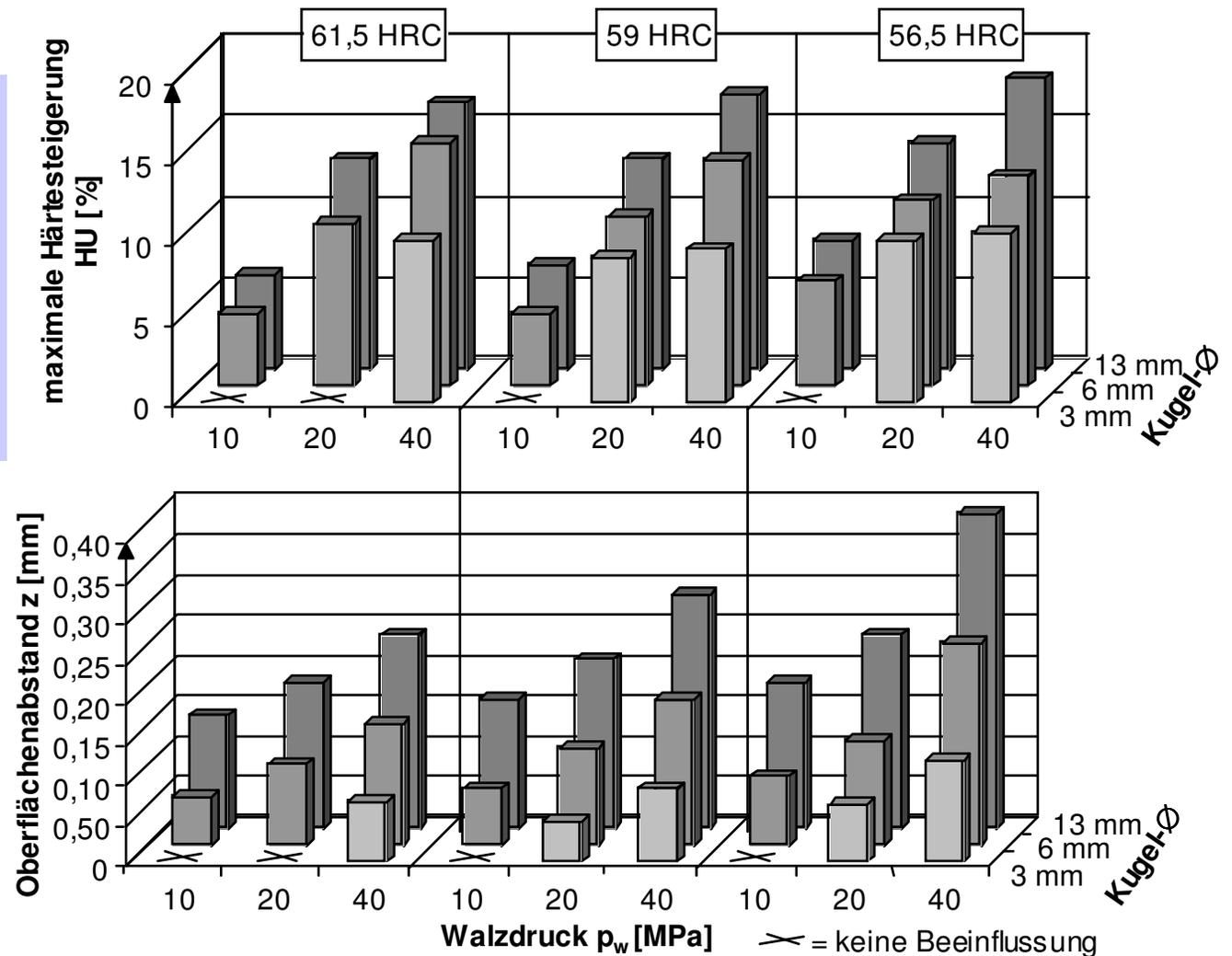
Zerspanparameter:

$v_c = 140$ m/min; $f = 0,08$ mm;

$a_p = 0,15$ mm; $r_\epsilon = 1,2$ mm

Hartwalzparameter:

$v_w = 100$ m/min; $f_w = 0,06$ mm

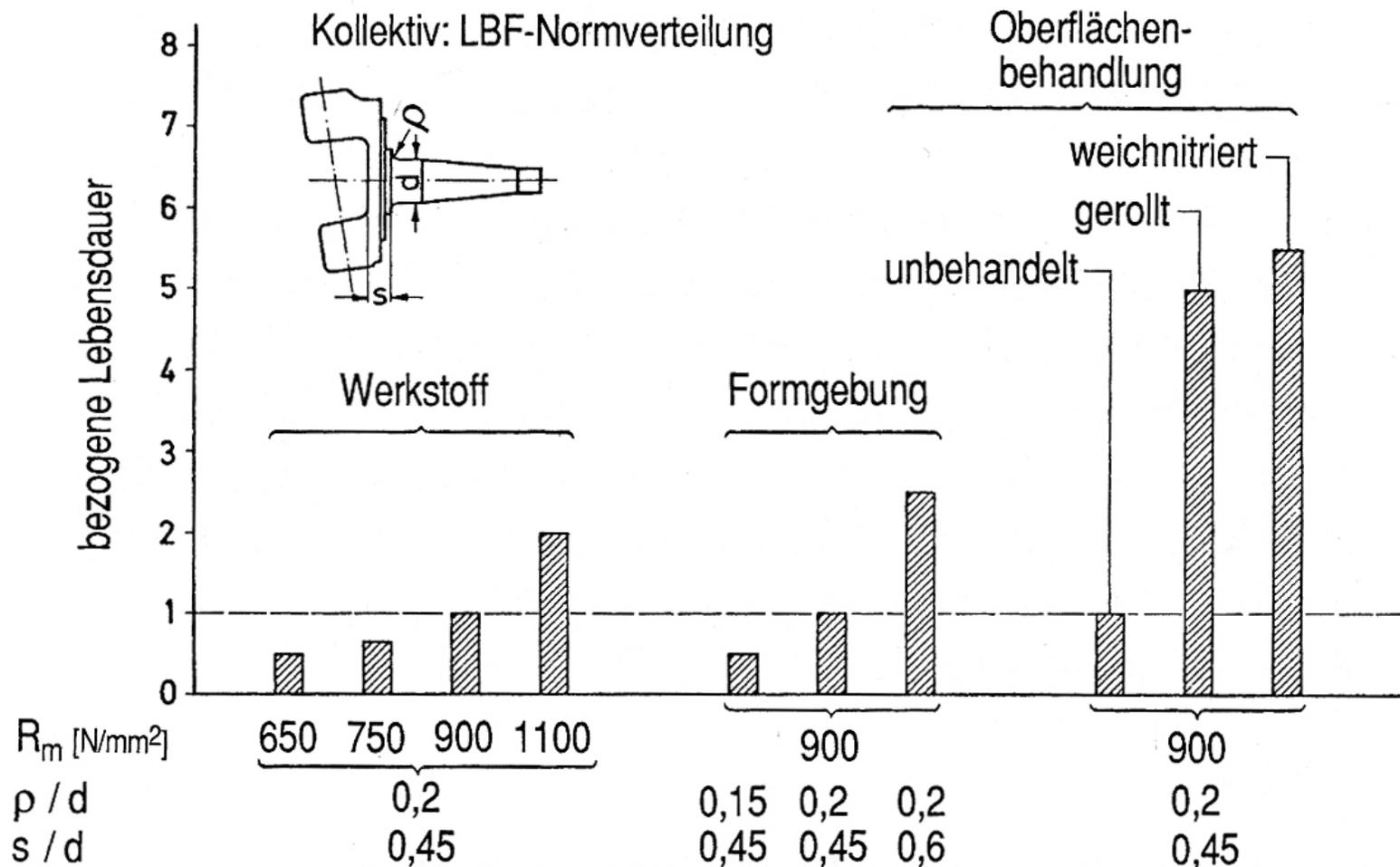


... damit alles glatt geht



Lebensdauersteigerung durch Festwalzen

Randzone

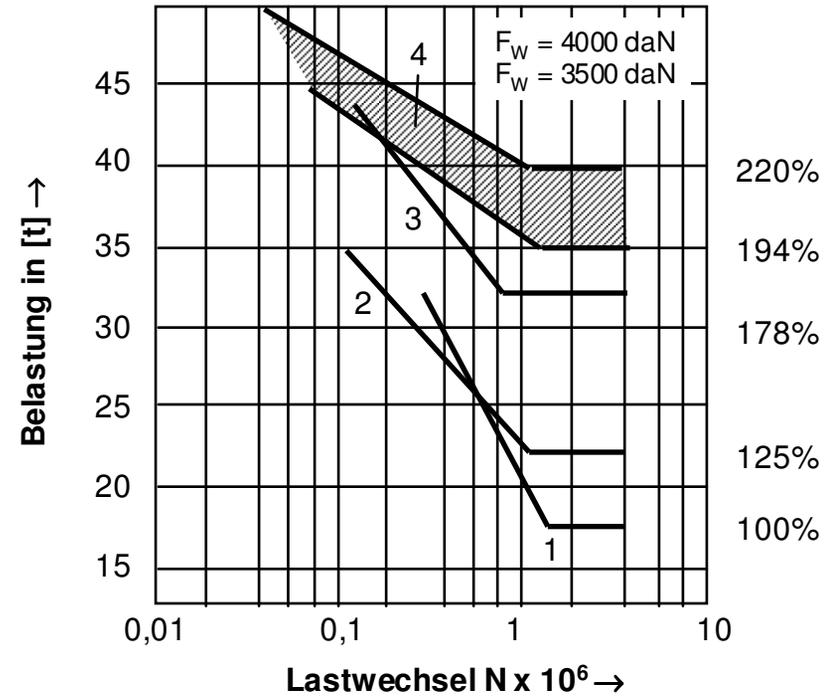
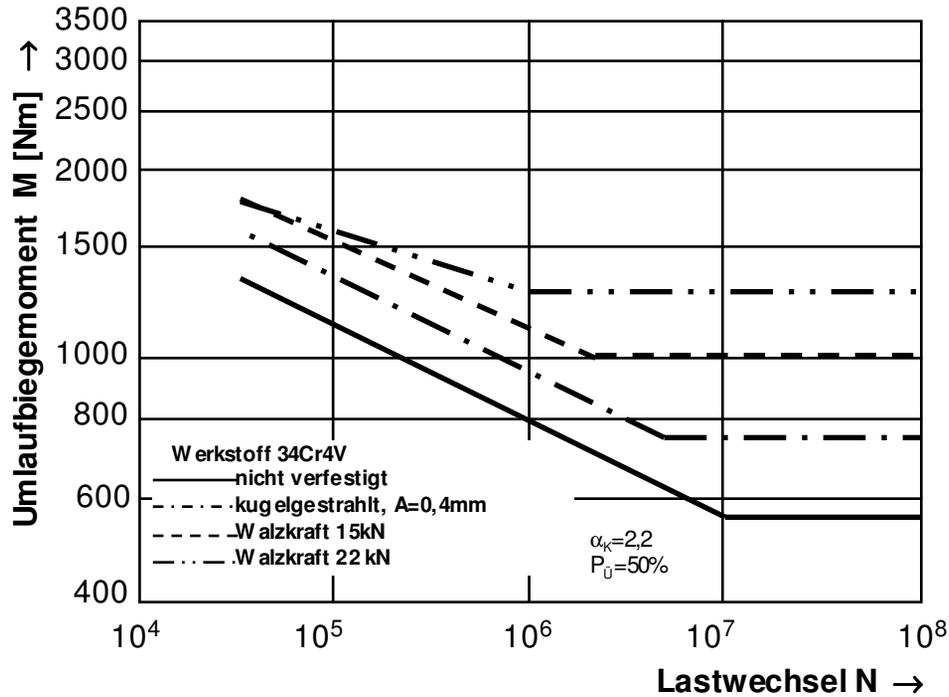


Möglichkeiten der Lebensdauersteigerung bei einem Achsschenkel
 nach Gaßner und Schütz
 Haibach, E.
 Betriebsfestigkeit – Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung
 Springer Verlag (2002)

... damit alles glatt geht



Lebensdauersteigerung durch Festwalzen



- 1 - nicht gewalzt
- 2 - nitriert
(Härte 48-50 HRC; 0,7-0,8 mm tief)
- 3 - festgewalzt
- 4 - nitriert und festgewalzt

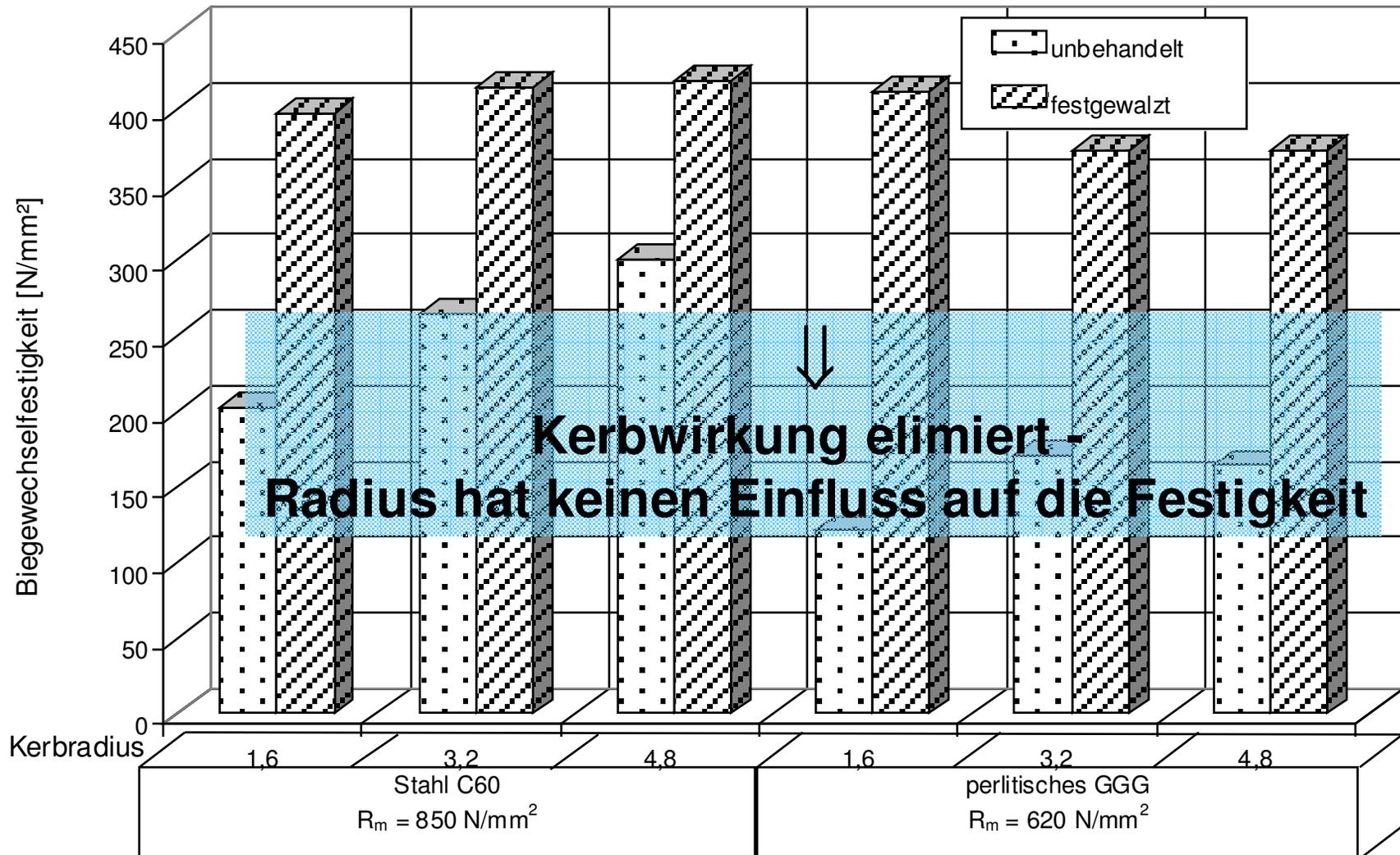
Werkstoff: GGG60

Quelle: Mechanische Oberflächenbehandlung
E. Broszeit, H. Steindorf
1989 DGM Informationsgesellschaft

... damit alles glatt geht



Lebensdauersteigerung durch Festwalzen



Einfluss des Kerbradius auf die Biegezugfestigkeit unbehauelter und festgewalzter Wellenabsätze
Quelle: MIRA-Bericht

... damit alles glatt geht



Hydrostatische Werkzeuge „ballpoint“ HG

Werkzeuge



Wz. für Bohrungsbearb.



Wz. mit Spannleiste



Wz. für Bearbeitung
im BAZ



Wz. mit integrierter
Hochdruckpumpe

... damit alles glatt geht

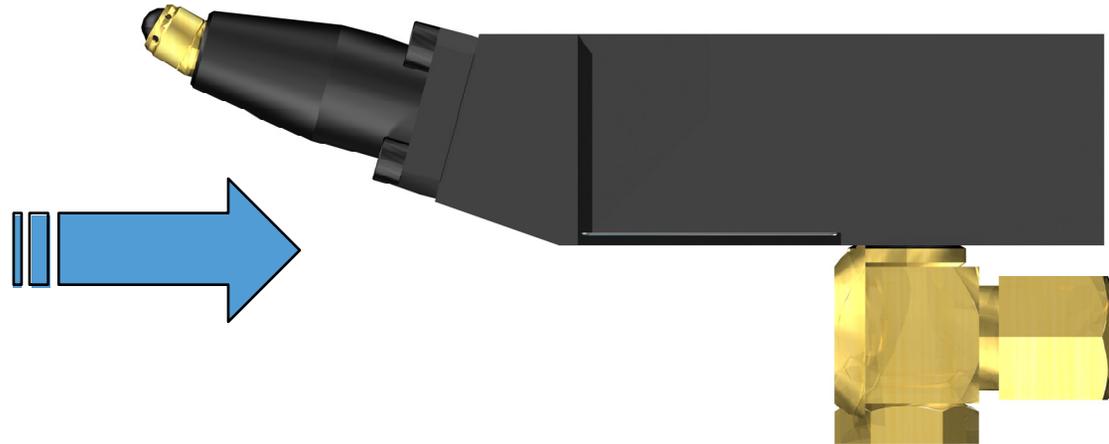


Hydrostatische Werkzeuge „ballpoint“ HG

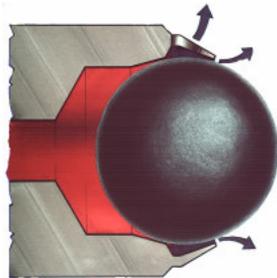
Werkzeuge



Pumpe



Werkzeug



Hydrostatische Kugel



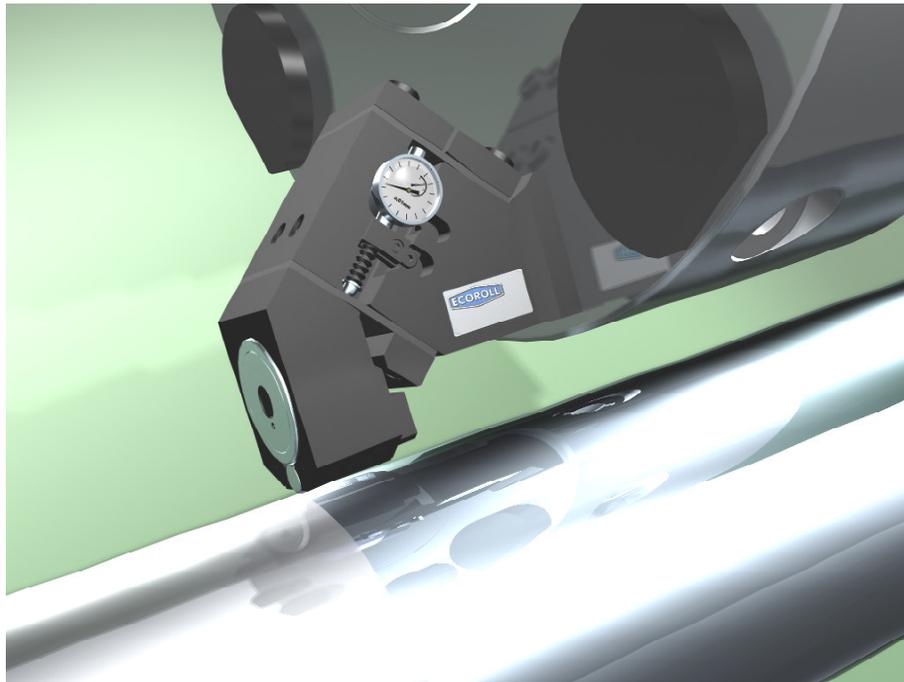
Nachführsystem

... damit alles glatt geht

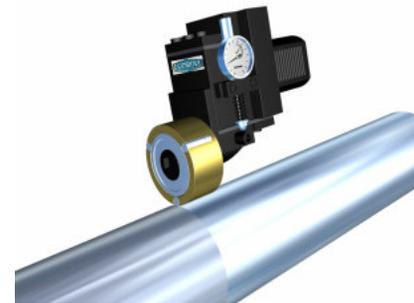


Einrollige Werkzeuge

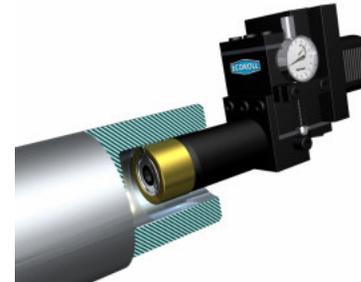
Werkzeuge



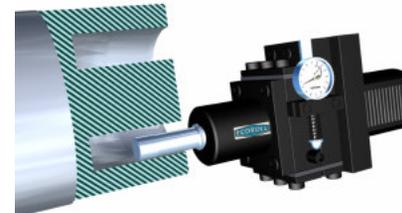
EG14



EG5



EGI5-32



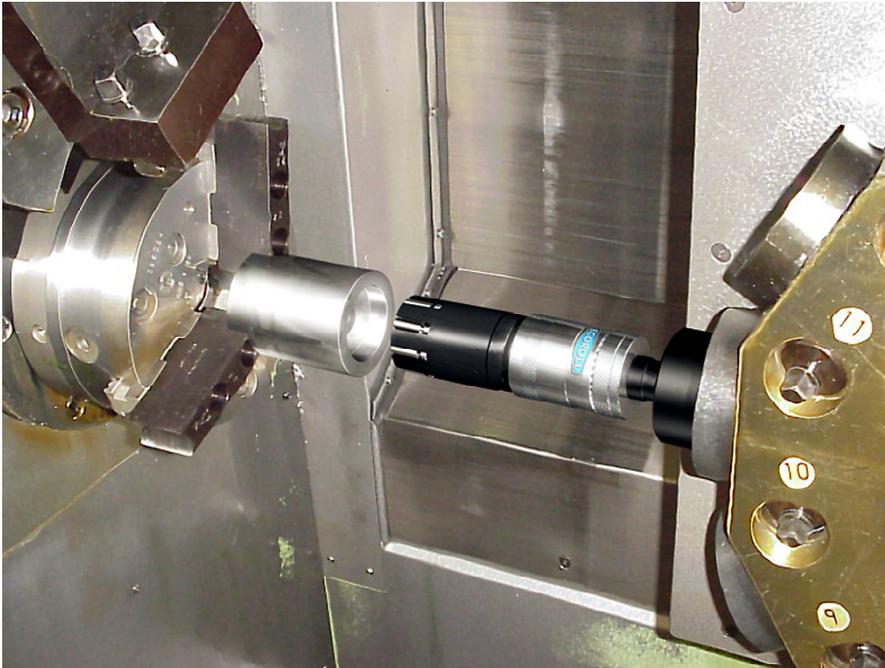
EGI-xxF

... damit alles glatt geht



Mehrrollige Werkzeuge

Werkzeuge



G: Bohrungen



RA: Aussendurchmesser

... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen

Formdorn

Härte: 55 HRC

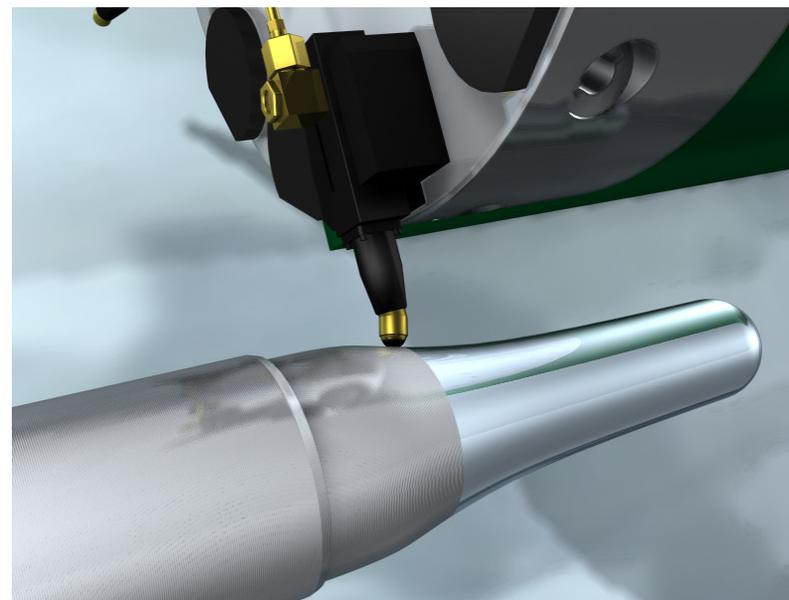
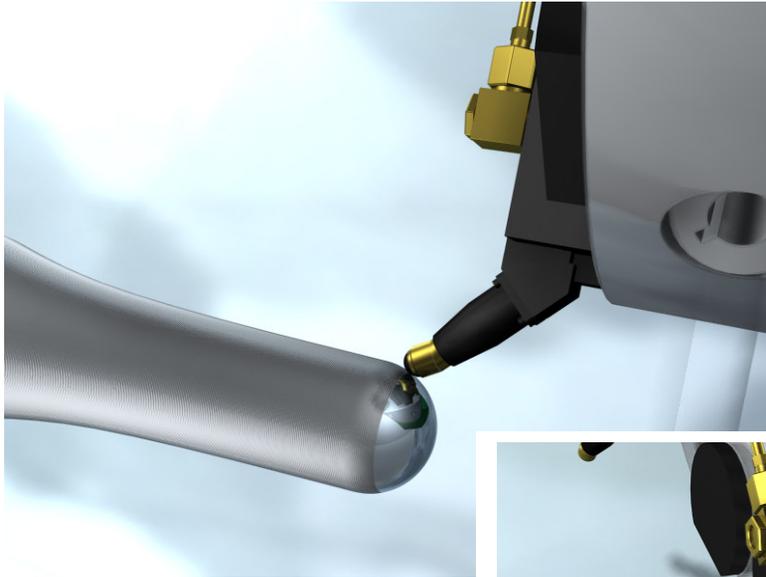
Forderung: $R_z < 2 \mu\text{m}$

Hauptzeit: 45 s

Bearbeitung in einer Aufspannung nach dem Drehen

Ergebnis / Einsparung:

- Verfahren ersetzt Handpolieren
- Zeiteinsparung
- gleichmäßige Qualität
- Härtezunahme



©Saint-Gobain Kipfenberg

POLIEREN DURCH
GLATTWALZEN ERSETZT

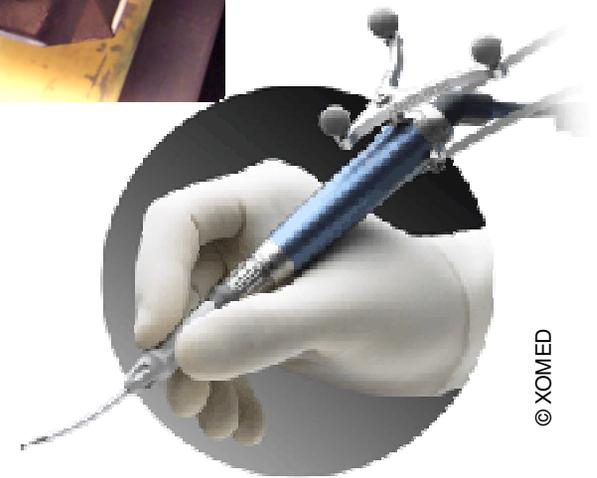
... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel



**Festwalzen von Biegewellen
für medizinische Operationswerkzeuge**
⇒ erhöhte Festigkeit
⇒ Verhinderung von Spannungsrisskorrosion



© XOMED

... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen

Radscheibe an Dampfturbine

Härte 45 HRC

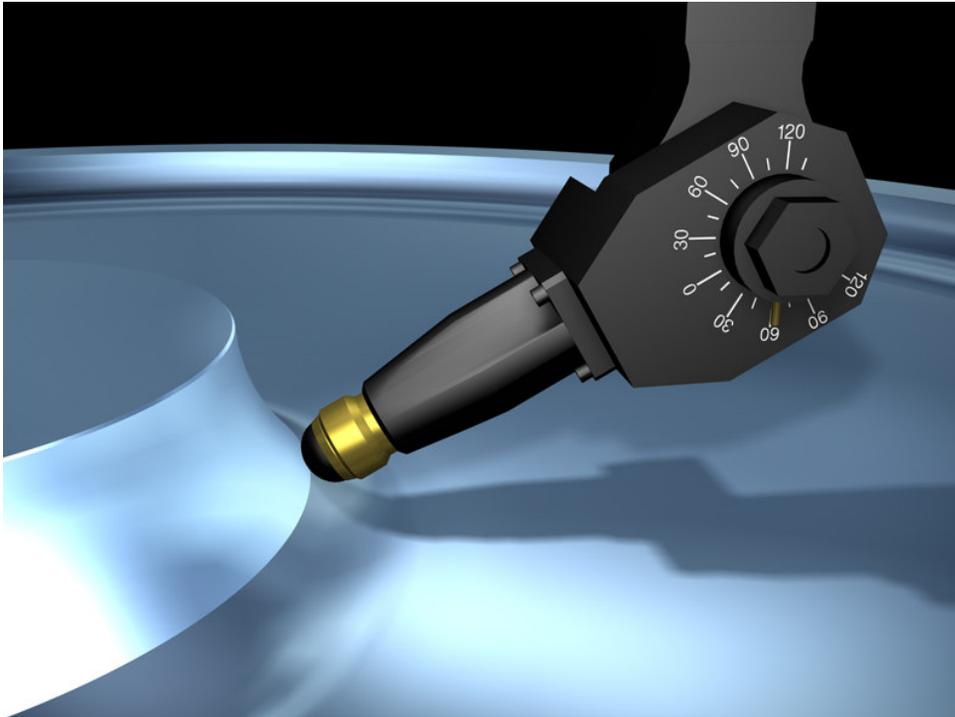
Forderung: Vermeidung von Spannungsrisskorrosion

Hauptzeit: 60 min

Bearbeitung von Sektoren durch Schwenken des Werkzeugs

Ergebnis / Einsparung:

- Festwalzen in einer Aufspannung nach der Zerspanung
- Verhinderung von Spannungsrisskorrosion durch Druckeigenspannungen in der Randzone



**FESTWALZEN VERHINDERT
SPANNUNGSRISSKORROSION**

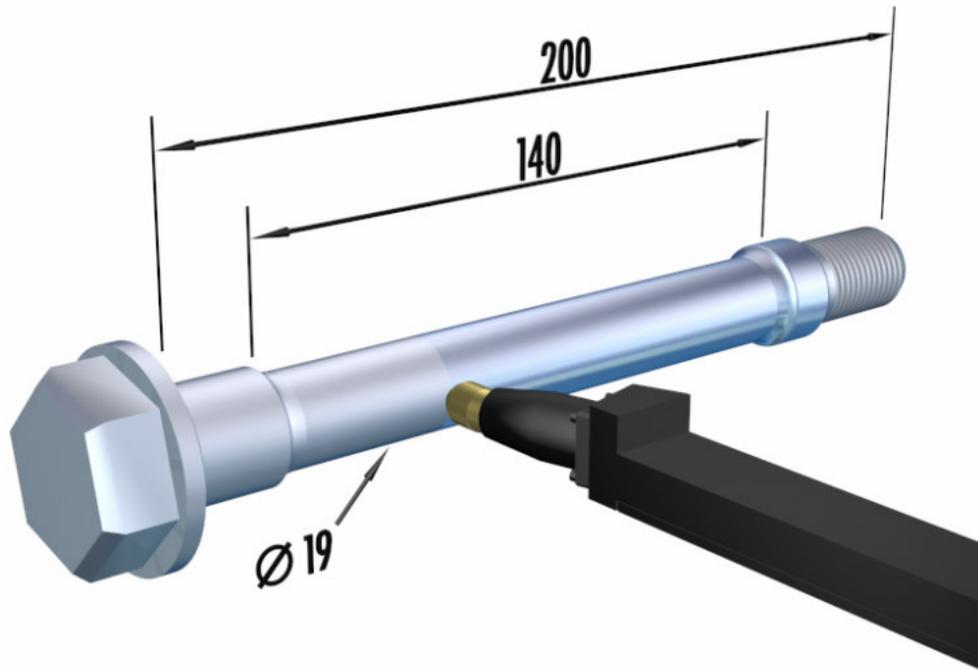


... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen



Dehnschraube (Triebwerksaufhängung)

Forderung: Erhöhung der Festigkeit

Hauptzeit: 28 s

Ergebnis / Einsparung:

- Festigkeitserhöhung wie gefordert
- Prozessfreigabe nach nur 10 Wochen



... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen



**KOMBINATION
HARTDREHEN + HARTGLATTWALZEN**

Getriebewelle - Achswelle

Härte 58-60 HRC

Forderung $R_z < 2 \mu\text{m}$

Hauptzeit: 13 / 28 s

- Glattwalzen von Gegenauflfläche von Radialwellendichtring und Lauffläche von Wälzlager nach dem Hartdrehen
- Festwalzen von Hohlkehle

Ergebnis / Einsparung:

- Zeiteinsparung durch Wegfall des Schleifens
- Verbesserte Bauteilfestigkeit



© Fendt

... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen

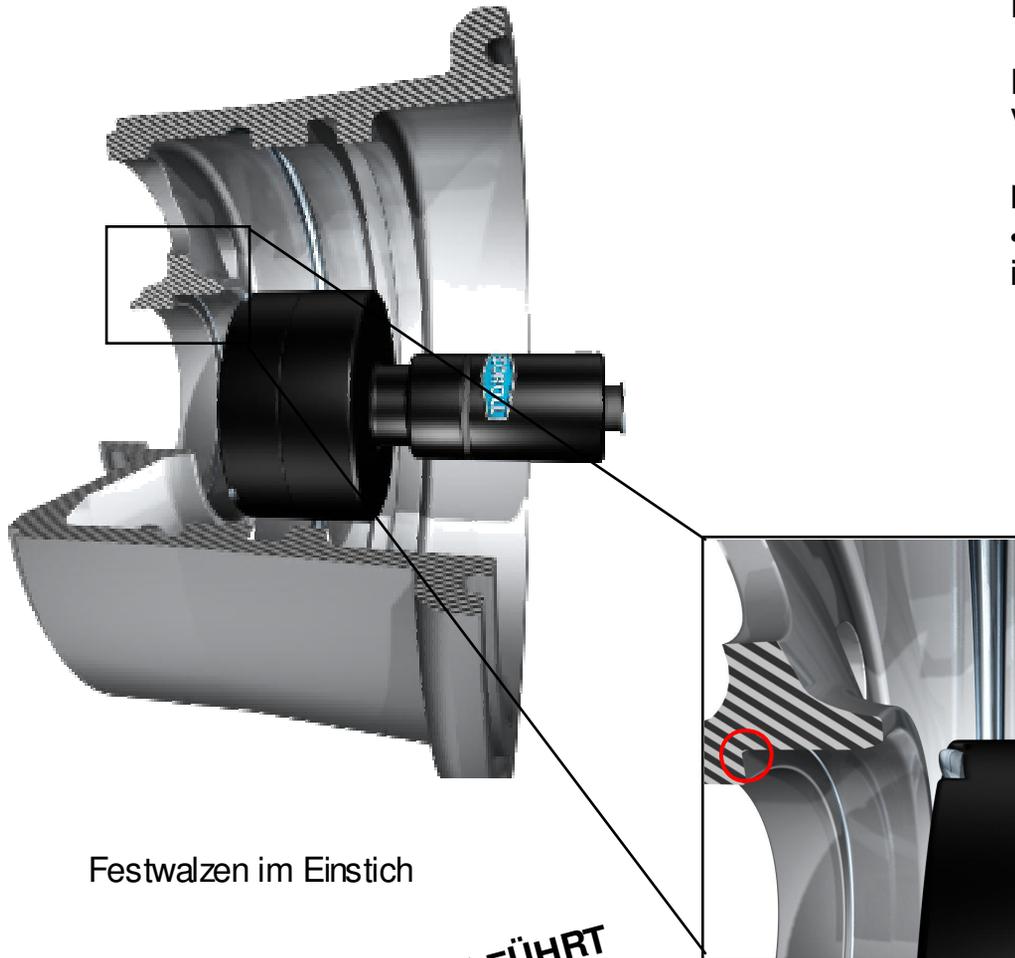
Festwalzen von angerissener Felge

Forderung: Rissstop + erhöhte Festigkeit

Festwalzen von zwei Teilbereichen im Einstich und im Vorschub mit elektronischer Prozesskontrolle

Ergebnis / Einsparung:

- Festwalzen führt zu Rissstop, Felge kann trotz Anriss im Betrieb bleiben



Festwalzen im Einstich

**FESTWALZEN FÜHRT
ZU RISSSTOP**

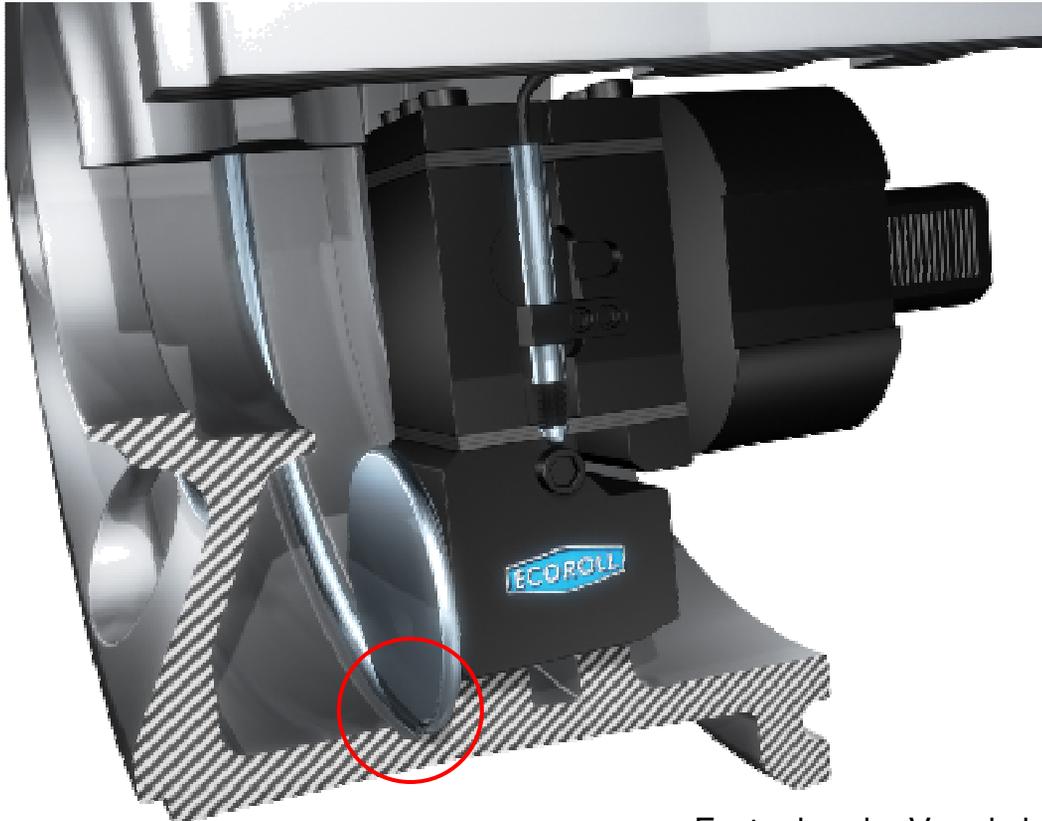


... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen



Festwalzen im Vorschub

**FESTWALZEN FÜHRT
ZU RISSSTOP**

Festwalzen von angerissener Felge

Forderung: Rissstop + erhöhte Festigkeit

Festwalzen von zwei Teilbereichen im Einstich und im Vorschub mit elektronischer Prozesskontrolle

Ergebnis / Einsparung:

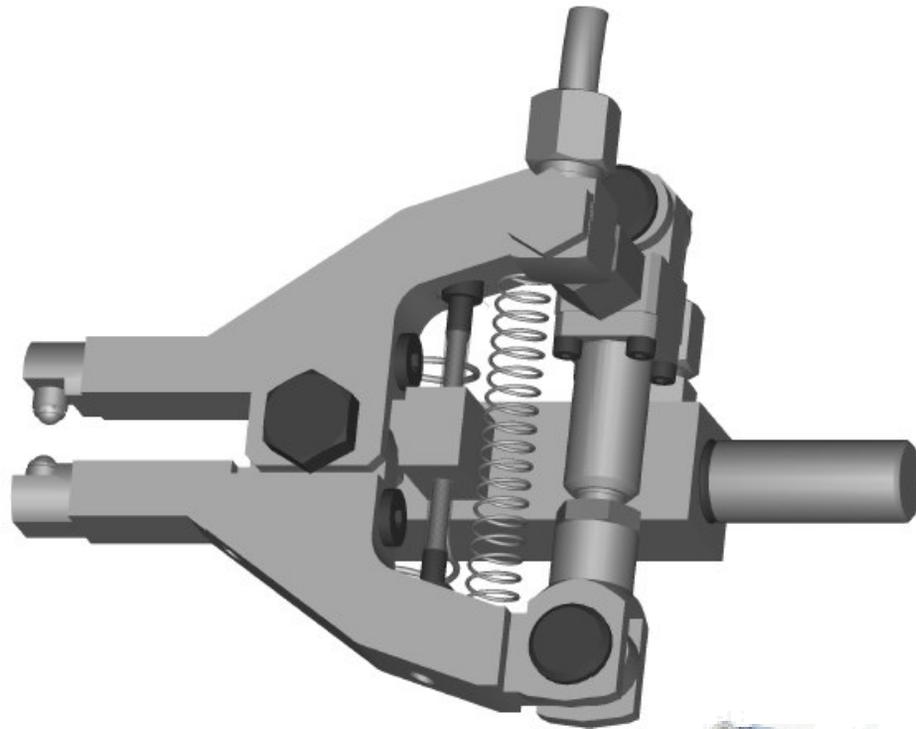
- Festwalzen führt zu Rissstop, Felge kann trotz Anriss im Betrieb bleiben



... damit alles glatt geht

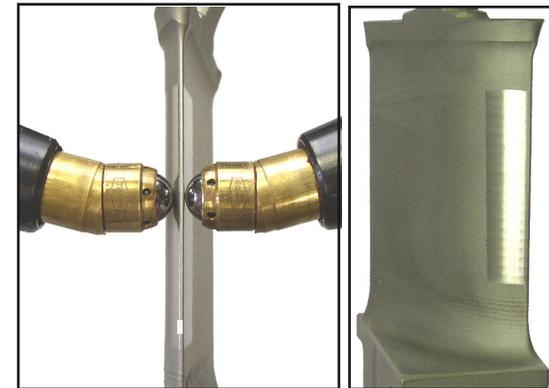


Anwendungsbeispiel

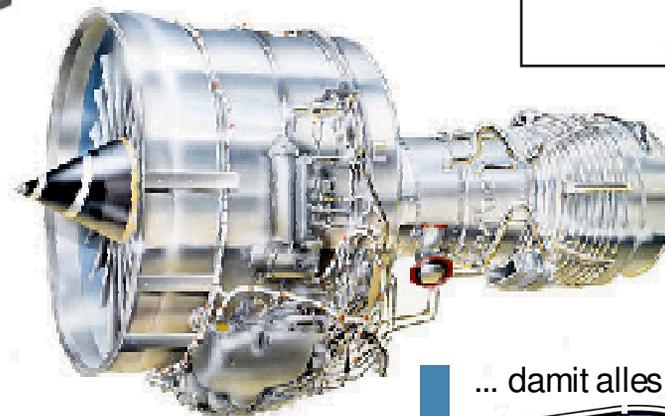


Festwalzen von Turbinenschaufeln

- ⇒ erhöhter Widerstand gegen FOD (Foreign Object Damage)
- ⇒ Verringertes Risswachstum
- ⇒ verlängerte Einsatzzeit
- ⇒ reduziertes Gewicht



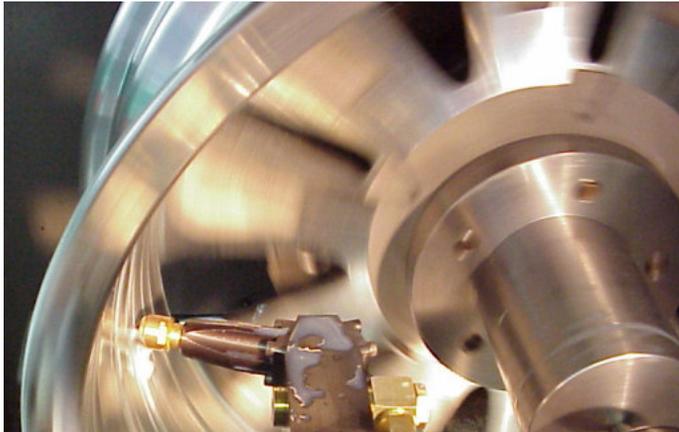
© WZL RWTH Aachen



... damit alles glatt geht



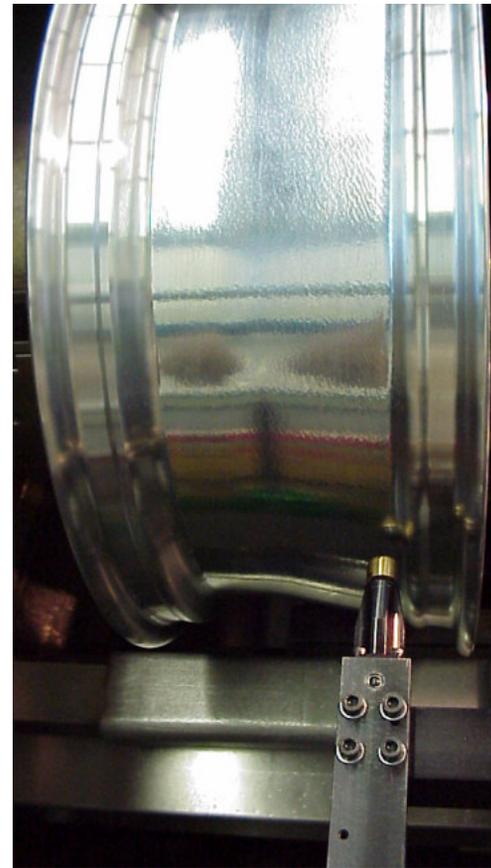
Anwendungsbeispiel



Festwalzen von Felgen

⇒ reduziert Luftleckage durch Verringerung der Porösität

⇒ erhöht die Festigkeit



... damit alles glatt geht

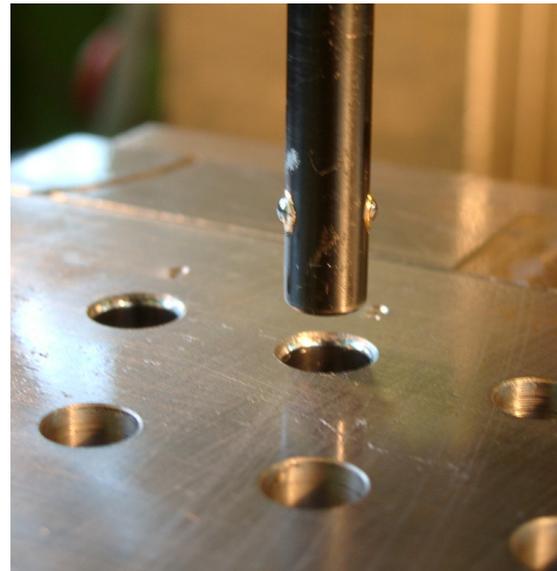


Anwendungsbeispiel

Festwalzen von kleinen Bohrungen an Turbinenscheiben

⇒ erhöht die Festigkeit

⇒ spart Gewicht



... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Glattwalzen von Lenkhebel einer PKW-Vorderachse

Forderung: $R_z < 2 \mu\text{m}$

Material: St (geschmiedet)

Festigkeit: 1100 N/mm^2

Werkzeug: RK

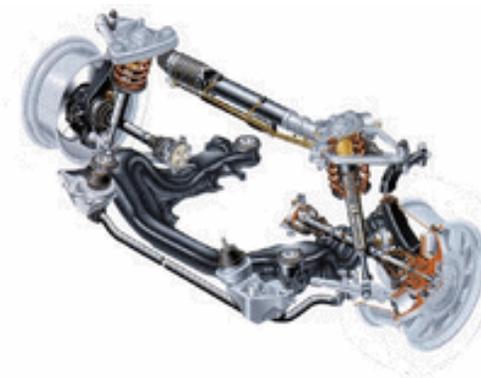
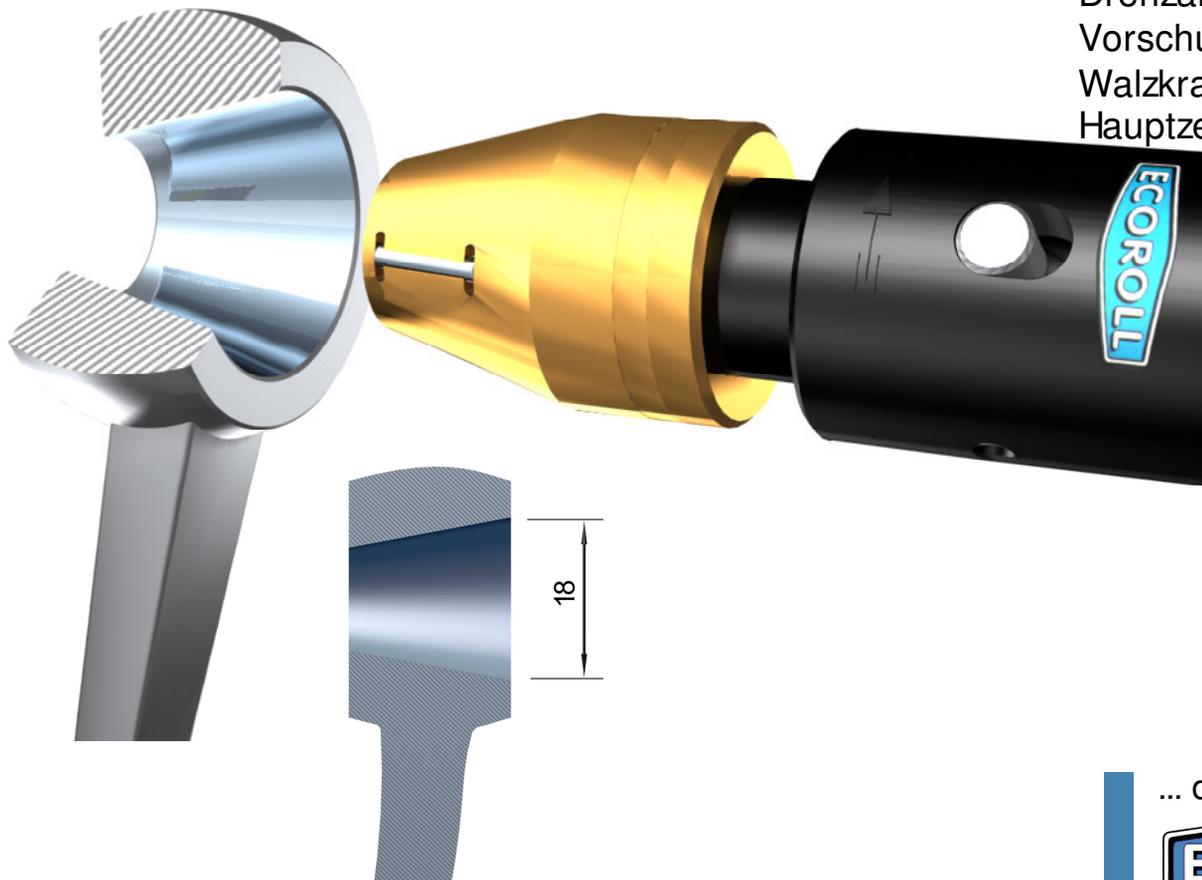
Maschine: Transfermaschine

Drehzahl: 300 min^{-1}

Vorschub: 0,4 mm/U

Walzkraft: 700 N

Hauptzeit: 3 s



... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen

3 - fach Stufenbohrung

Härte: <45 HRC

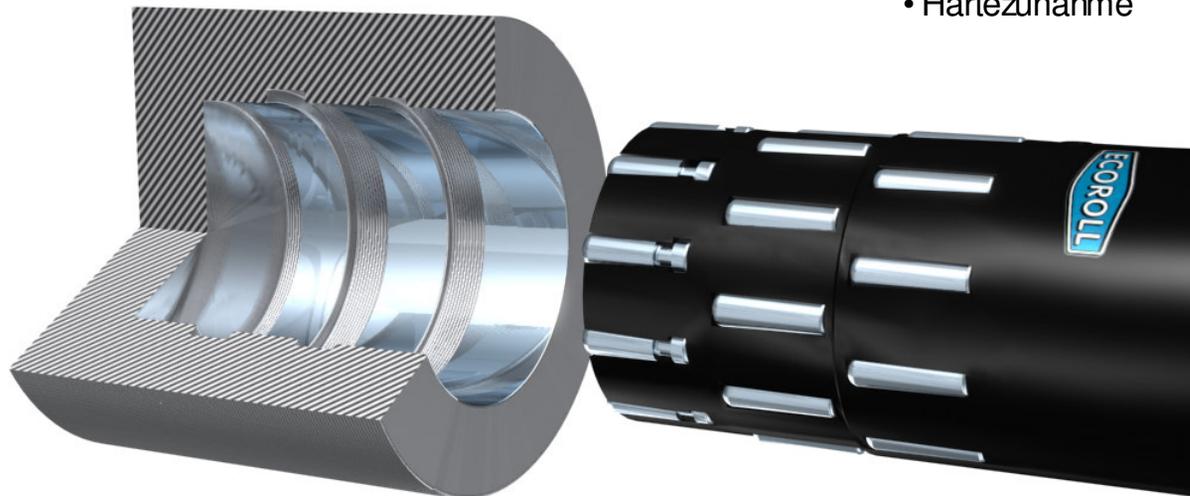
Forderung: $R_z < 2 \mu\text{m}$

Hauptzeit: 3 s

Bearbeitung von drei Durchmessern in einer Aufspannung

Ergebnis / Einsparung:

- $R_z < 1,5 \mu\text{m}$
- Zeiteinsparung (Hauptzeit < 3 s)
- Härtezunahme



alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

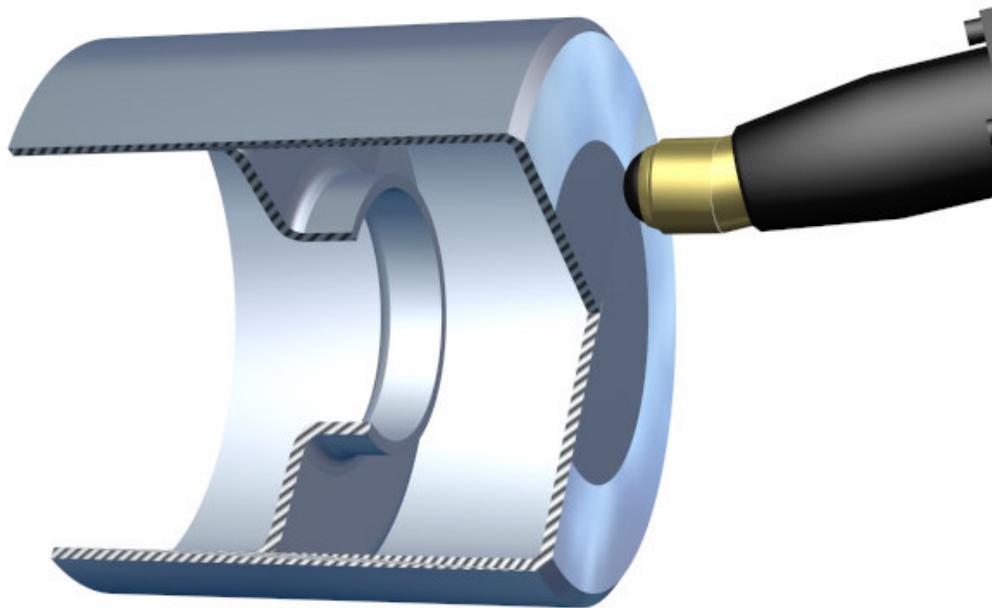
Werkzeuge und Anwendungen

Tassenstößel

Härte: 58 HRC

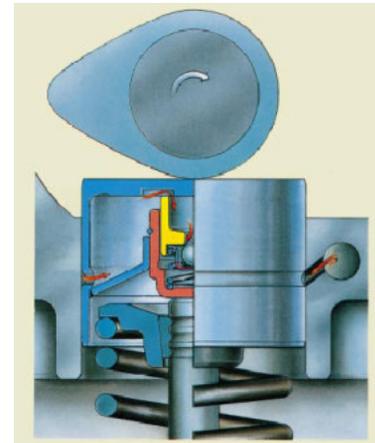
Forderung: $R_z < 2 \mu\text{m}$

Hauptzeit: 16 s



Ergebnis / Einsparung:

- im gefeuerten Motor Lebensdauer um 50% gesteigert



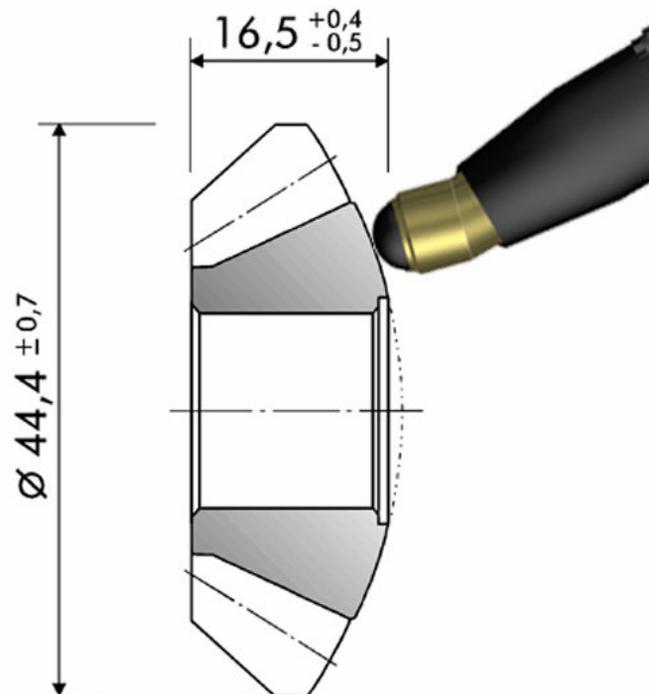
© LUK

... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen



Kegelrad

Härte: 42 HRC

Forderung: $R_z < 2 \mu\text{m}$

Hauptzeit: 4 s

Kugelfläche wird ohne axialen Vorschub gewalzt

Ergebnis / Einsparung:

- Fertigbearbeitung in einer Aufspannung



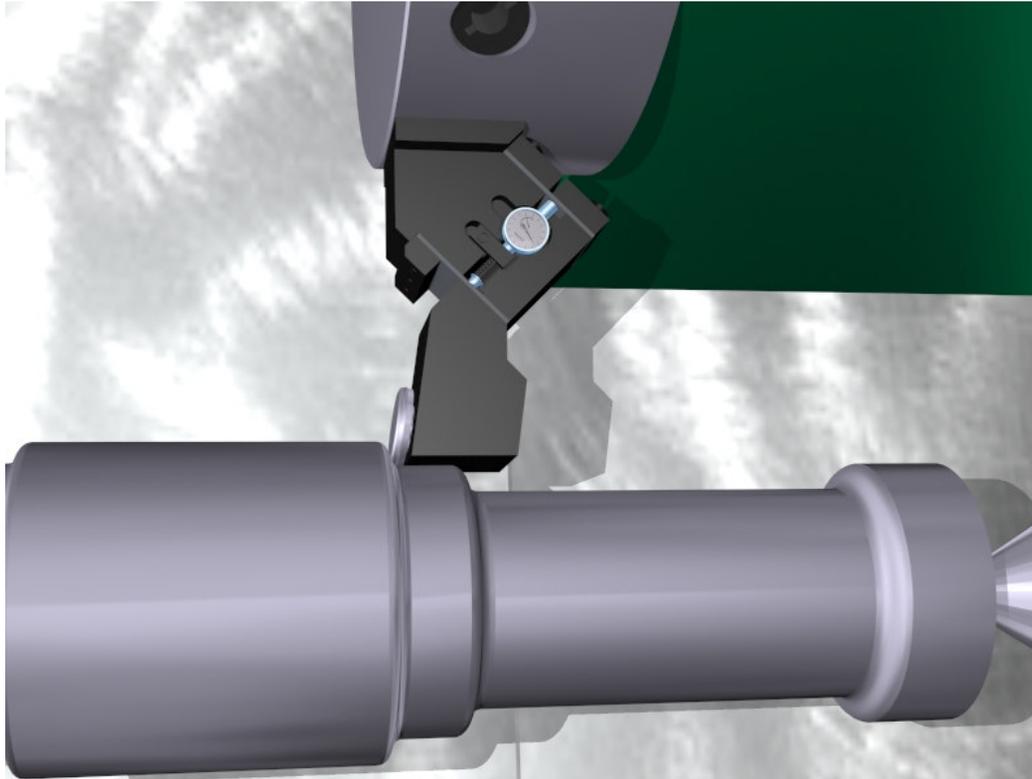
© TU Dresden

... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen



Eisenbahnachse

Forderung: Erhöhung der Lebensdauer

Ergebnis / Einsparung:

- Forderung durch Festwalzen der Kerbradien im Einstich erfüllt

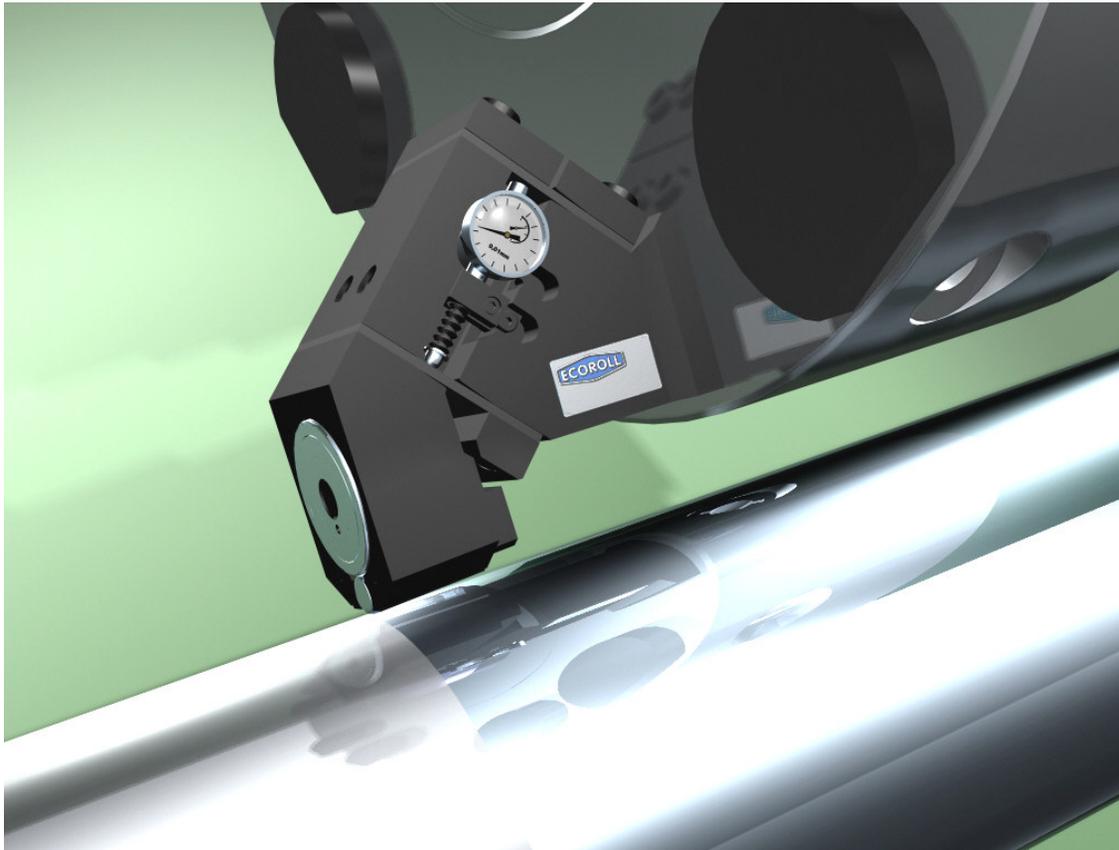


... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen



Hydraulikkolben

Härte: 40 HRC

Forderung: R_z 1,5 μ m

Ergebnis / Einsparung:

- weniger Verbrauch von Chrom
- Schleifen entfällt
- bessere Gleit- und Dichtungseigenschaften



© Liebherr

... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen

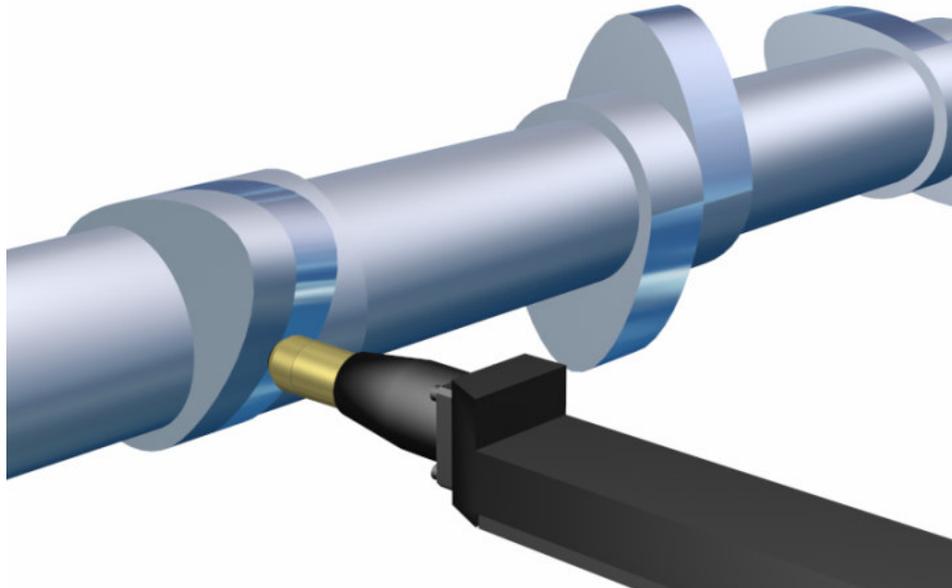
Nockenwelle

Härte: 55 HRC

Forderung: $R_z < 2 \mu\text{m}$

Ergebnis / Einsparung:

- Reibleistung um 20% verringert
- Härte um 6% gesteigert



© www.todaracing.com

... damit alles glatt geht



Anwendungsbeispiel

Werkzeuge und Anwendungen

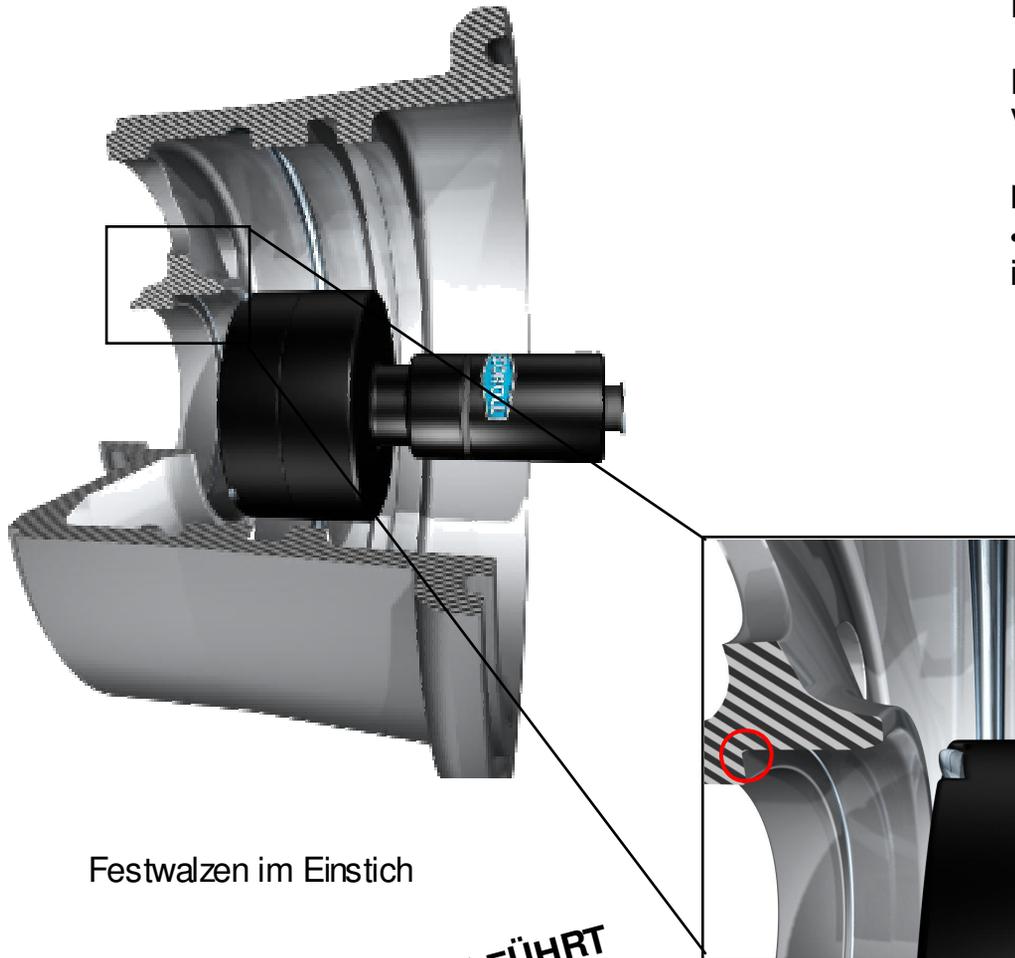
Festwalzen von angerissener Felge

Forderung: Rissstop + erhöhte Festigkeit

Festwalzen von zwei Teilbereichen im Einstich und im Vorschub mit elektronischer Prozesskontrolle

Ergebnis / Einsparung:

- Festwalzen führt zu Rissstop, Felge kann trotz Anriss im Betrieb bleiben



Festwalzen im Einstich

**FESTWALZEN FÜHRT
ZU RISSSTOP**



... damit alles glatt geht



Motivation

Warum Simulation ?

kurzfristig:

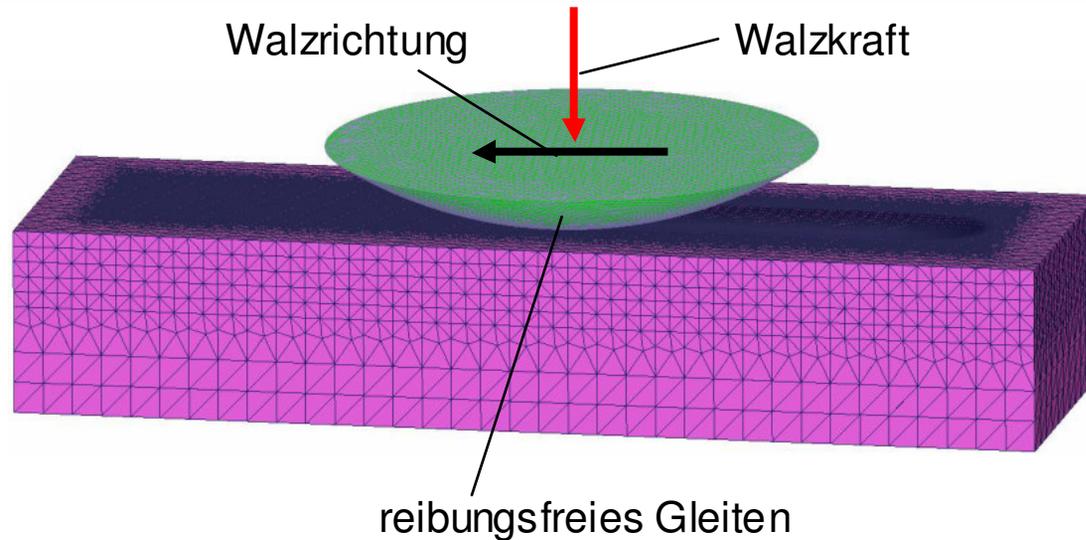
- Erforschung der elastoplastischen Umformvorgänge

langfristig:

- Vorhersage der Kaltverfestigung und der Eigenspannungen zur Lebensdauerabschätzung
- schnelle Optimierung der Festwalzparameter
- Kostenreduzierung durch verminderten Mess- und Versuchsaufwand

Modellbeschreibung

Simulation des Festwalzens

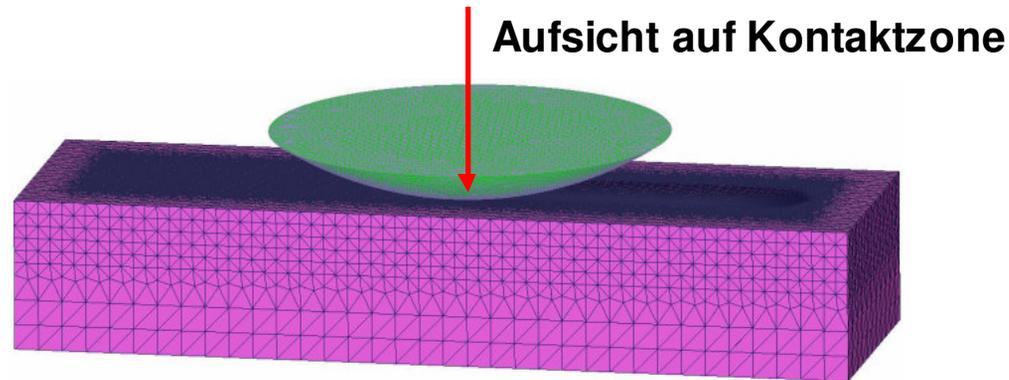


Modellrandbedingungen:

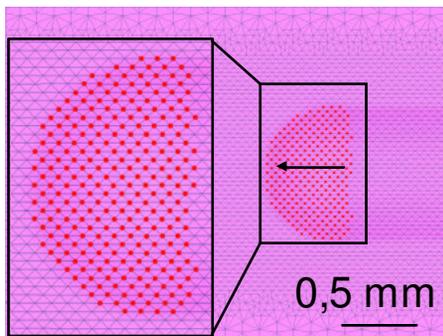
Modelltyp:	FEM	Walzkraft:	250-1000 N
Verfahren:	implizit	Walzgeschw.:	30 m/min
Elementtyp:	Tetraeder	Werkstoff:	Ti 6Al 4V
Elementanzahl	200.000	Werkstück:	elastisch-plastisch
Kugeldurchm.:	6 mm	Verfestigungsmodell:	isotrop
Kugleigenschaften:	ideal starr, reibungsfrei	Fließkurven:	aus Druckversuch

Ergebnisse - Ansicht auf Kontaktzone

Simulation des Festwalzens

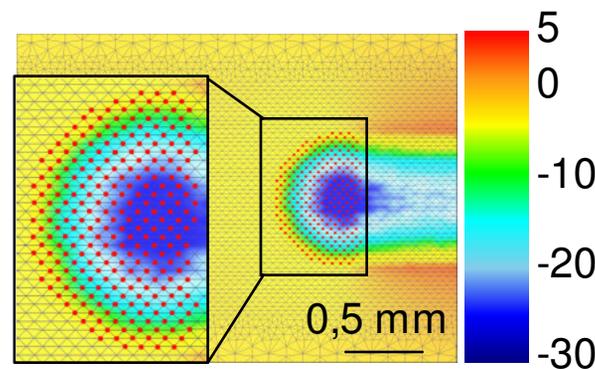


Kontaktzone

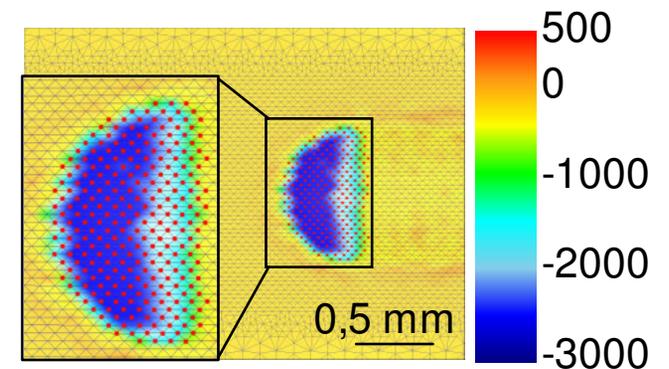


● = Kontakt

Verschiebungen in z / μm



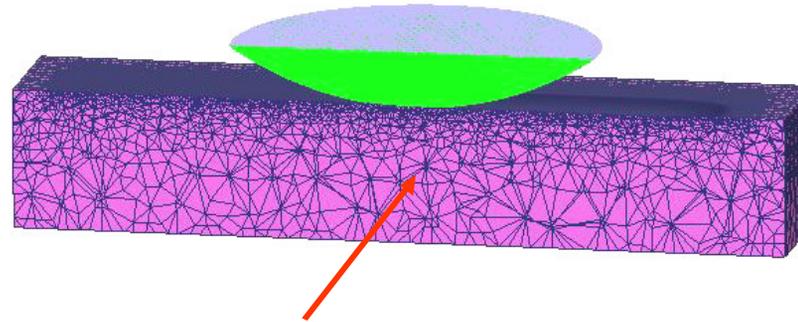
Spannungen in z / MPa



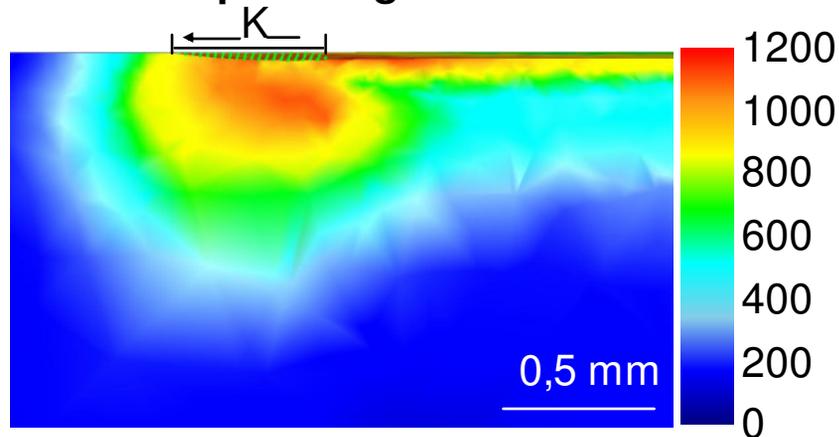
Ergebnisse - Ansicht im Längsschnitt

Simulation des Festwalzens

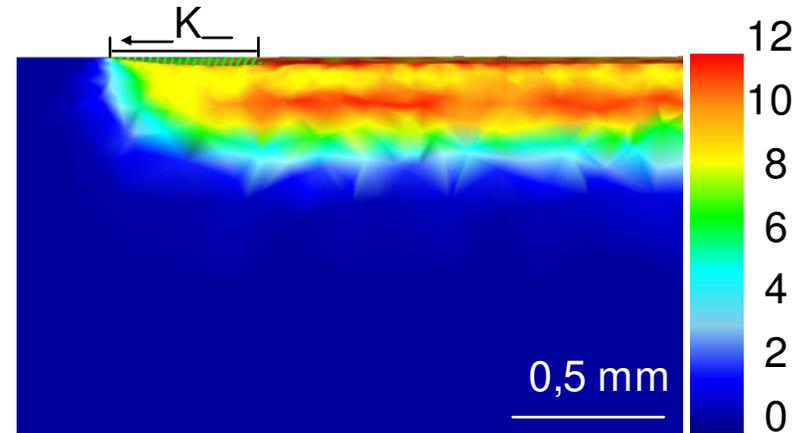
Ansicht Längsschnitt



effektive Spannungen nach v. Mises / MPa



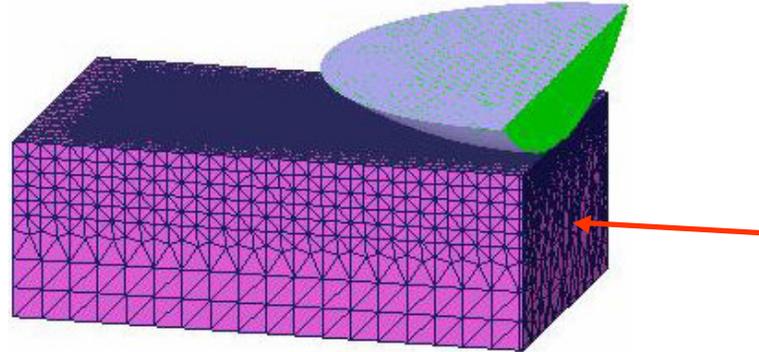
effektive pl. Dehnungen nach v. Mises / %



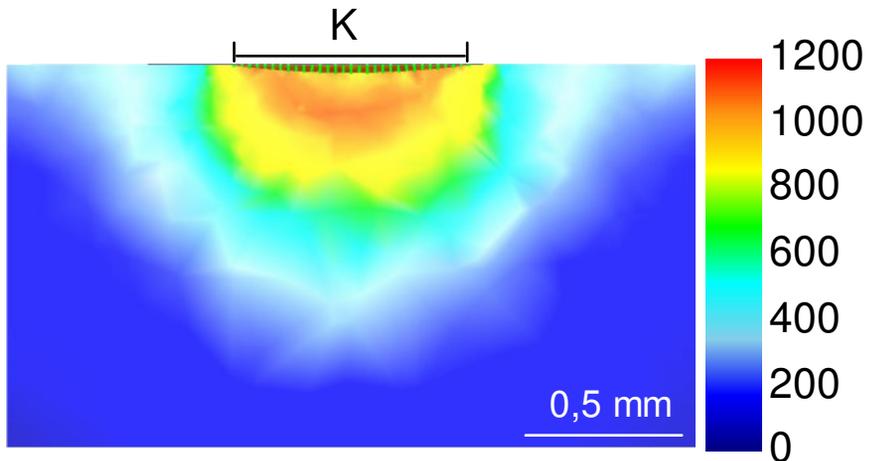
Ergebnisse - Ansicht im Querschnitt

Simulation des Festwalzens

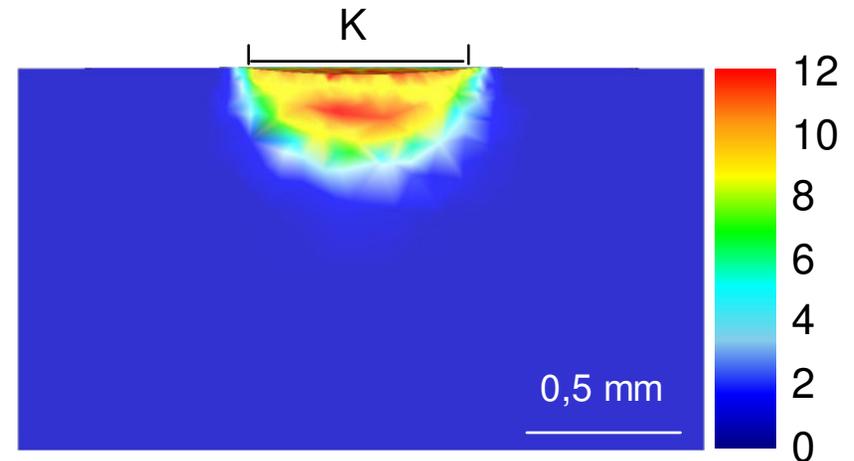
Ansicht Querschnitt



effektive Spannungen nach v. Mises / MPa



effektive pl. Dehnung nach v. Mises / %



Quelle: WZL

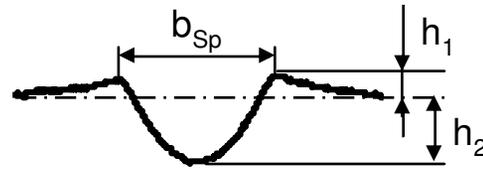
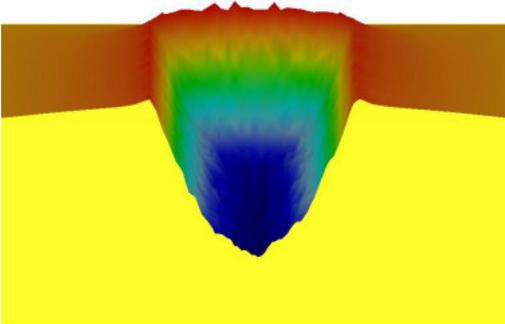
... damit alles glatt geht



Plastische Verformung: Vergleich Simulation - Realität

Simulation des Festwalzens

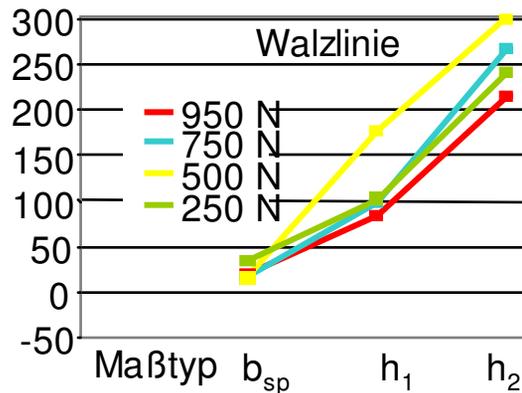
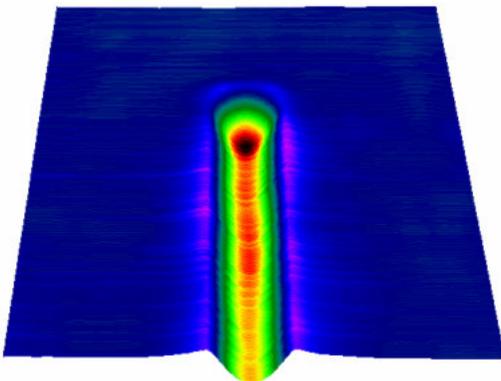
Simulation



Walzkraft/N	b_{sp}/mm	h_1/mm	h_2/mm
250	0,46	0,77	7,10
500	0,64	2,94	13,60
750	0,77	3,50	20,00
950	0,87	4,90	23,50

Realität

Abweichungen der Simulation zur Realität / %



Walzkraft/N	b_{sp}/mm	h_1/mm	h_2/mm
250	0,34	0,38	1,14
500	0,55	1,06	3,38
750	0,66	1,76	5,44
950	0,73	2,65	7,46

Quelle: WZL

... damit alles glatt geht





ECOROLL® AG
WERKZEUGTECHNIK

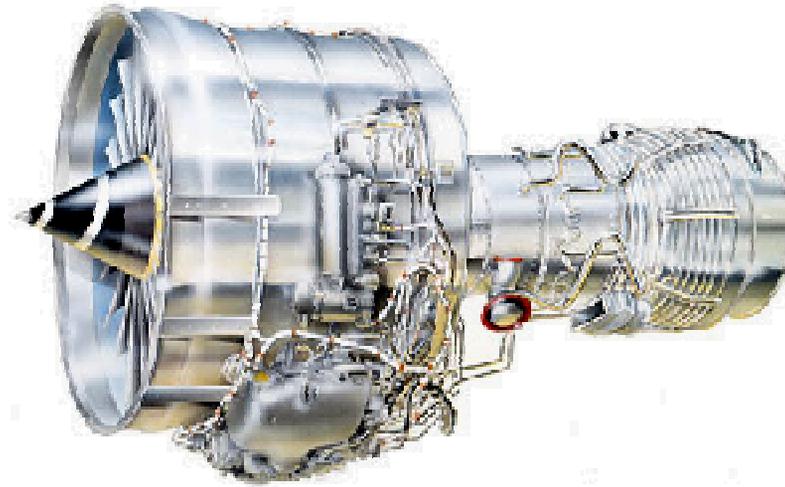
Deep Rolling of Turbine Components



... damit alles glatt geht



Deep Rolling of Turbine Components



... damit alles glatt geht



Hydrostatic Tool System

Deep Rolling of Turbine Components



Pump

High Pressure Hose

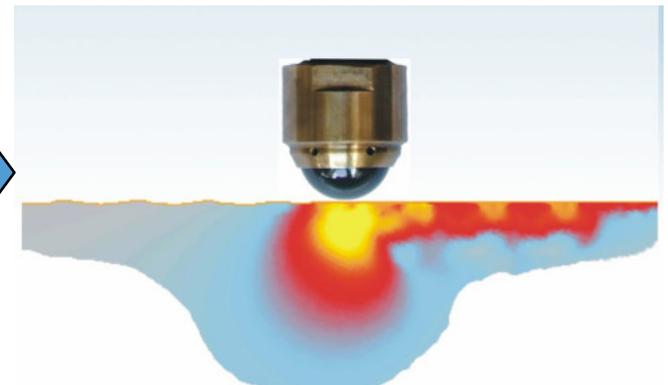


Tool



Following System

Cold Work
Compressive
Residual stress
Smooth Surface



Workpiece

... damit alles glatt geht

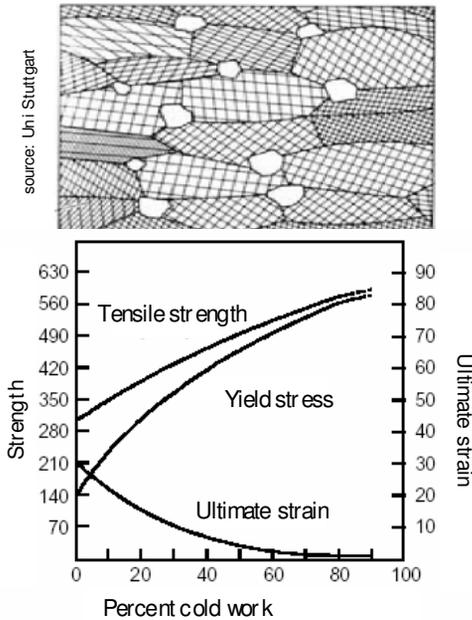


Advantages of the deep rolled surface

Deep Rolling of Turbine Components

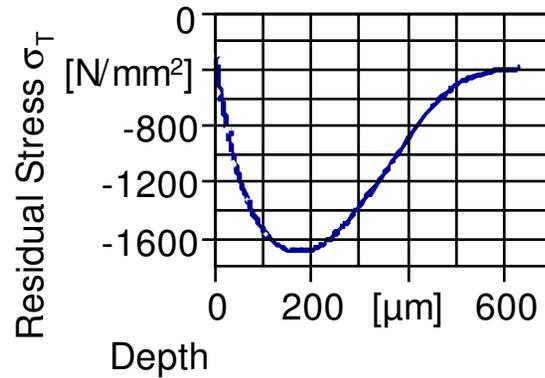
DEEP ROLLING

Cold Work



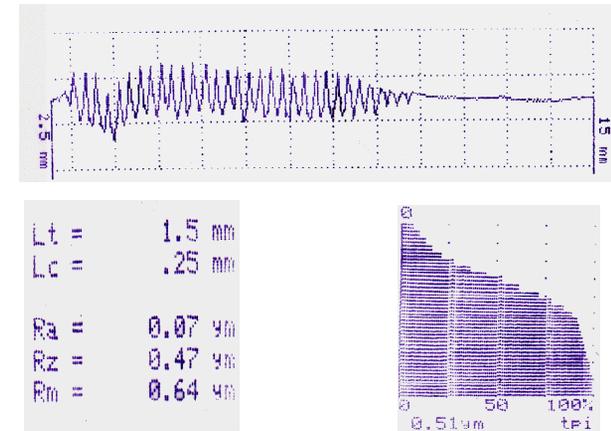
- dislocated nano-structure
- increase of hardness
- extended fatigue life also at elevated temperatures.

Compressive Residual Stress



- reduced crack growth
- increase of fatigue strength

Smooth Surface



- improved sliding properties
- reduced micro notches

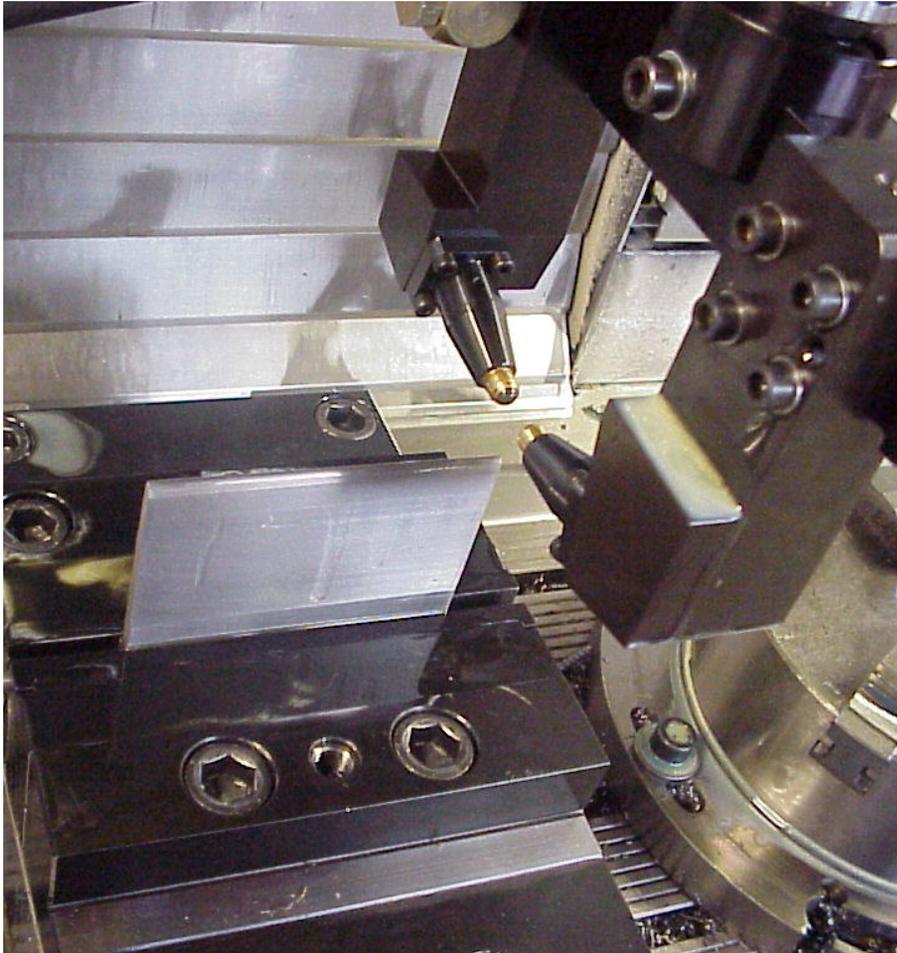
... damit alles glatt geht



Deep Rolling of Fan / Compressor Blades

Deep Rolling of Turbine Components

1st generation 2- Point HG tool for thin-walled parts



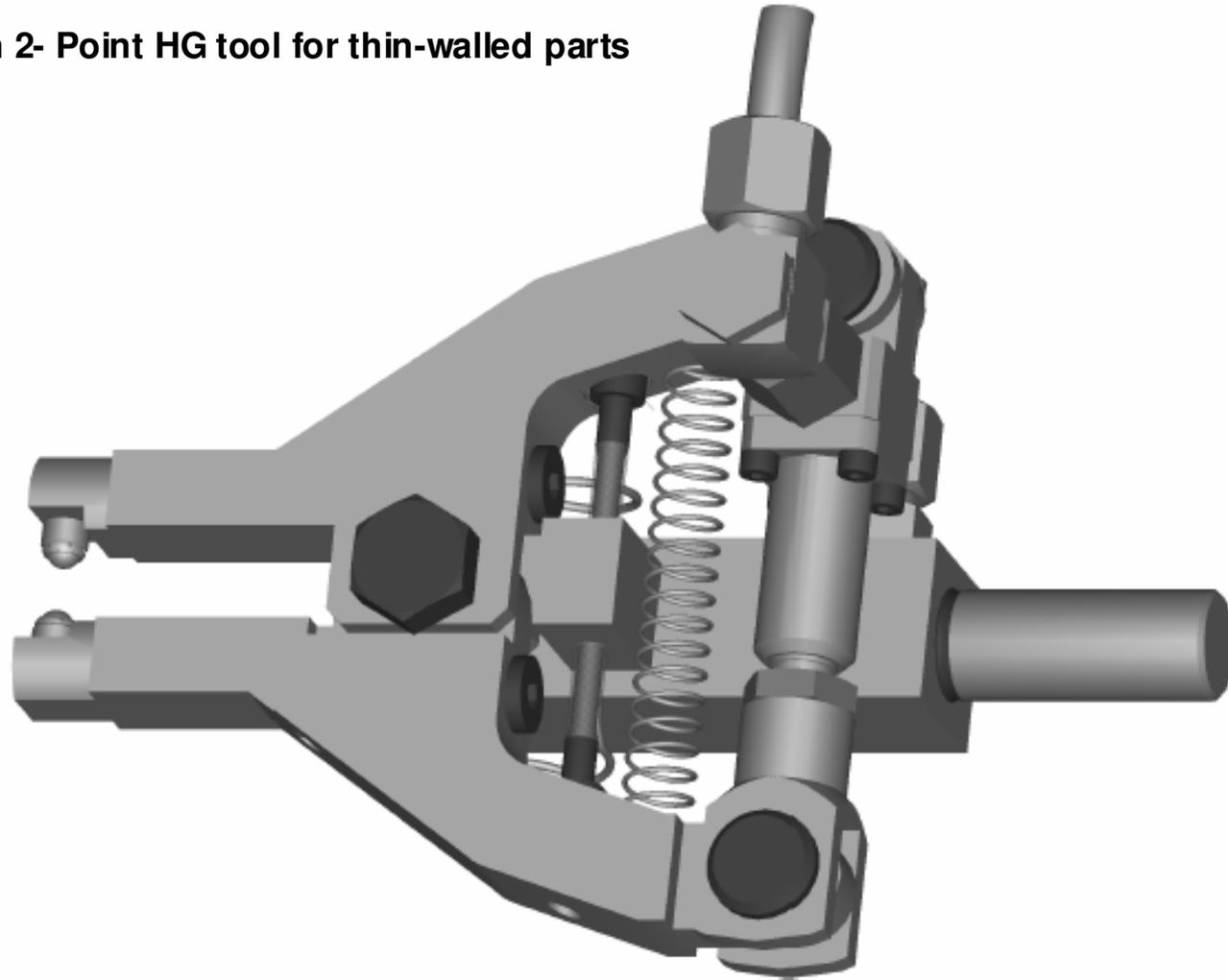
... damit alles glatt geht



Deep Rolling of Fan / Compressor Blades

Deep Rolling of Turbine Components

2nd generation 2- Point HG tool for thin-walled parts



... damit alles glatt geht



Deep Rolling of small diameter drilled holes

Deep Rolling of Turbine Components

2- Point HG tool for small diameter drilled holes



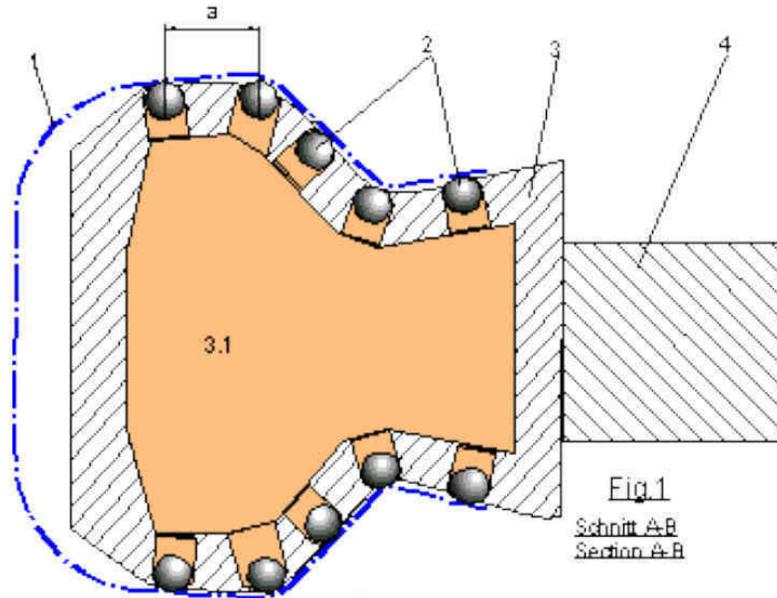
... damit alles glatt geht



Deep Rolling of Turbine Wheel

Deep Rolling of Turbine Components

Multi-Point HG Tool for efficient Deep Rolling of Dove-Tail and Fir-Tree Slots



patented tool concept
prototype tool in preparation

... damit alles glatt geht



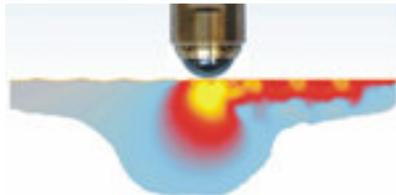
Comparison Deep Rolling ↔ Shot Peening

Deep Rolling of Turbine Components

Deep Rolling	Shot Peening	Laser Shock Peening	Autofrettage	Hammering	Induction Hardening	Case Hardening
--------------	--------------	---------------------	--------------	-----------	---------------------	----------------

Deep Rolling

- + Higher depth of penetration
- + Residual Stress dependent on rolling force
- + Hydraulic or spring loaded rolling force
- + Easy-to-Use / reliable process
- + Fast
- + Applicable in one setting after cutting
- + Access to bores and cavities
- + Applicable on all machine tools
- Predominantly for regular shapes



Shot Peening

- + Good for irregular shapes
- Small grains
- Irregular in shape and size
- Rough surface
- Compressive stress depends on impact and coverage
- Influenced by 12 parameters
- Difficult to reproduce
- Special equipment required
- Only to handle by specialists
- Time consuming
- high transport costs
- Long lead time
- Difficult in cavities



... damit alles glatt geht

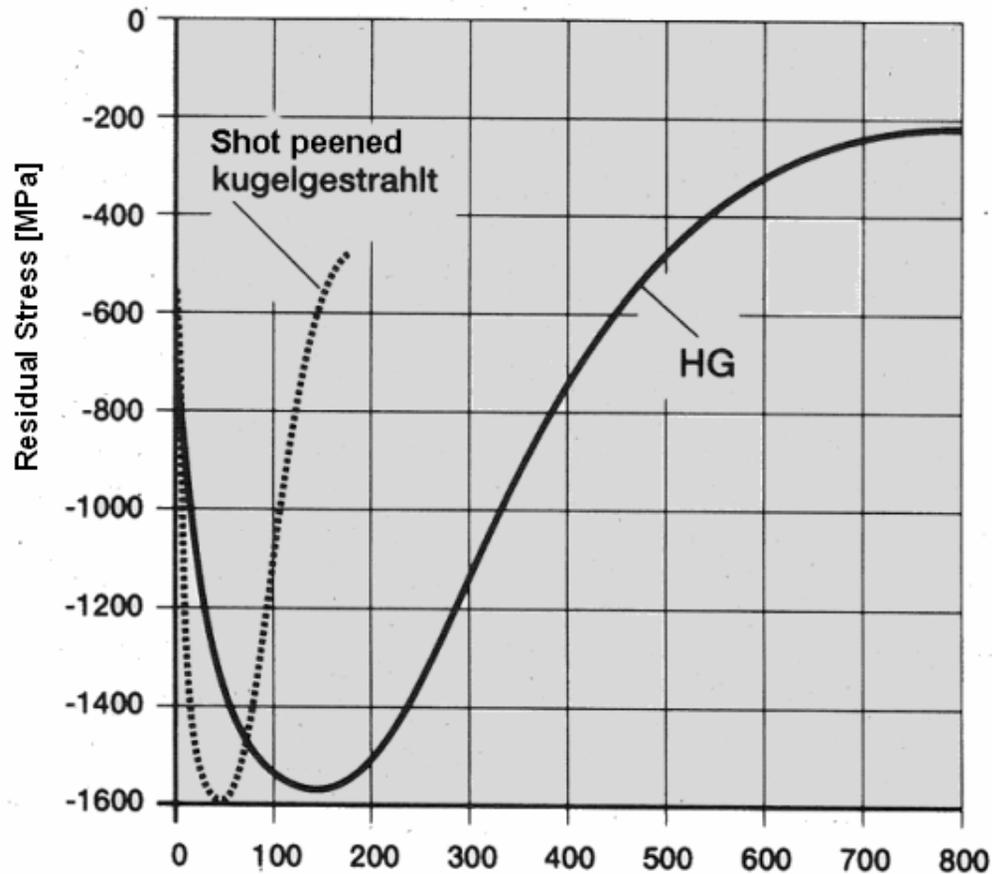


Comparison Deep Rolling \Leftrightarrow Shot Peening

Deep Rolling of Turbine Components

Deep Rolling	Shot Peening	Laser shock Peening	Autofrettage	Hammering	Induction Hardening	Case Hardening
--------------	--------------	---------------------	--------------	-----------	---------------------	----------------

Residual Stress after Shot Peening / Deep Rolling
with ECOROLL HG6-Tool (Steel 600 HV)



... damit alles glatt geht

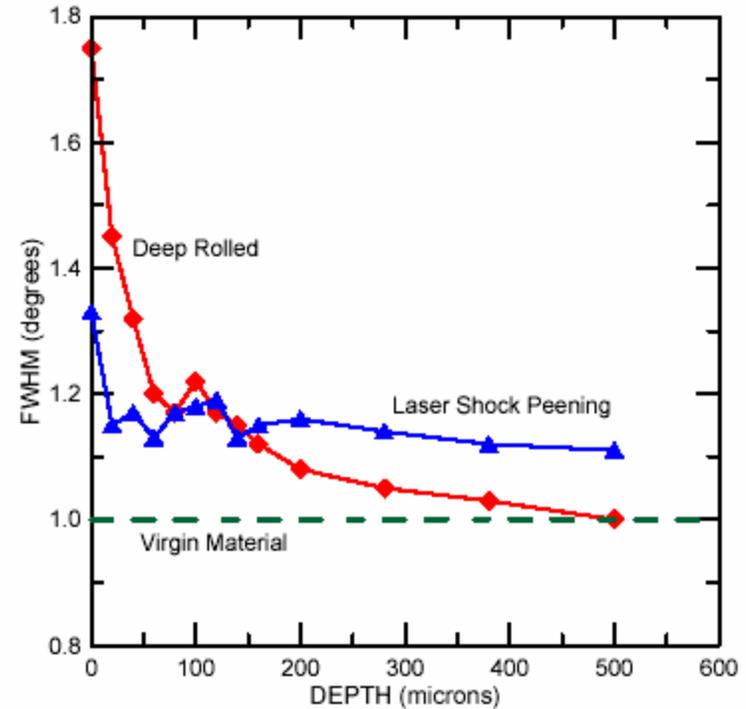
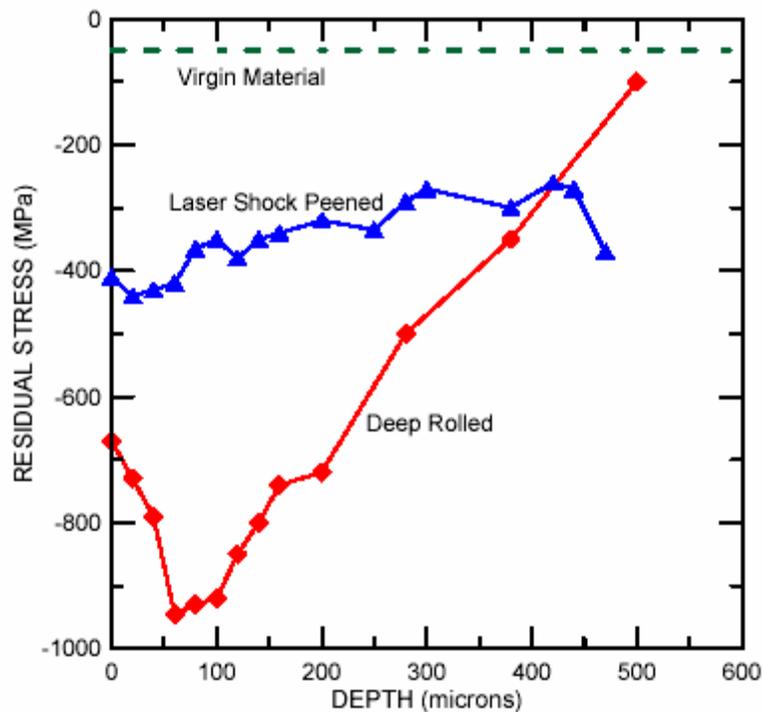


Comparison Laser Shock Peening \Leftrightarrow Deep Rolling

Deep Rolling of Turbine Components

Deep Rolling	Shot Peening	Laser Shock Peening	Autofrettage	Hammering	Induction Hardening	Case Hardening
--------------	--------------	---------------------	--------------	-----------	---------------------	----------------

Ti-6Al-4V



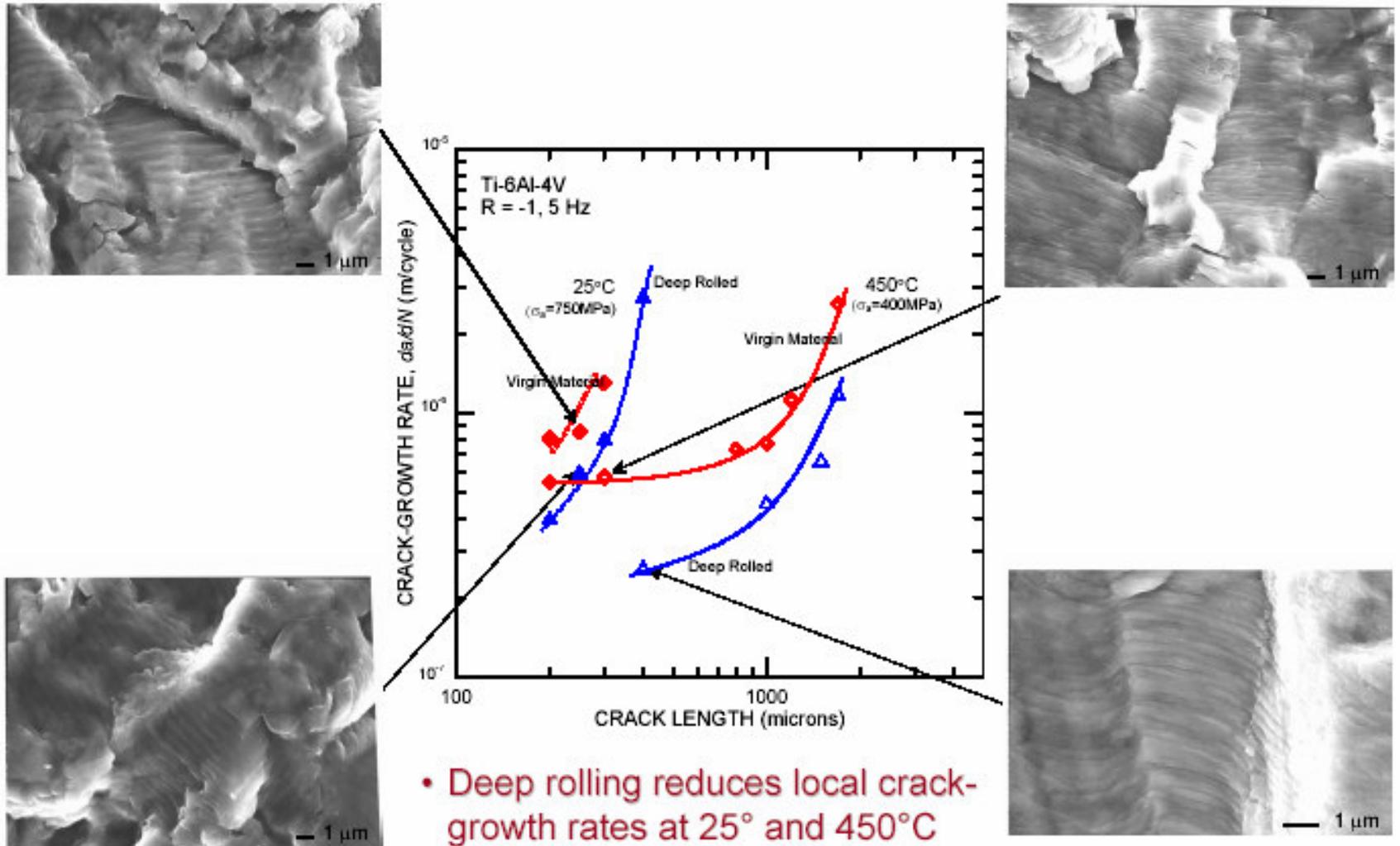
Source:
R.K.Nalla
I.Altenberger
U.Noster
B.Scholtes
R.O. Ritchie

... damit alles glatt geht



Comparison Laser Shock Peening \Leftrightarrow Deep Rolling

Deep Rolling of Turbine Components



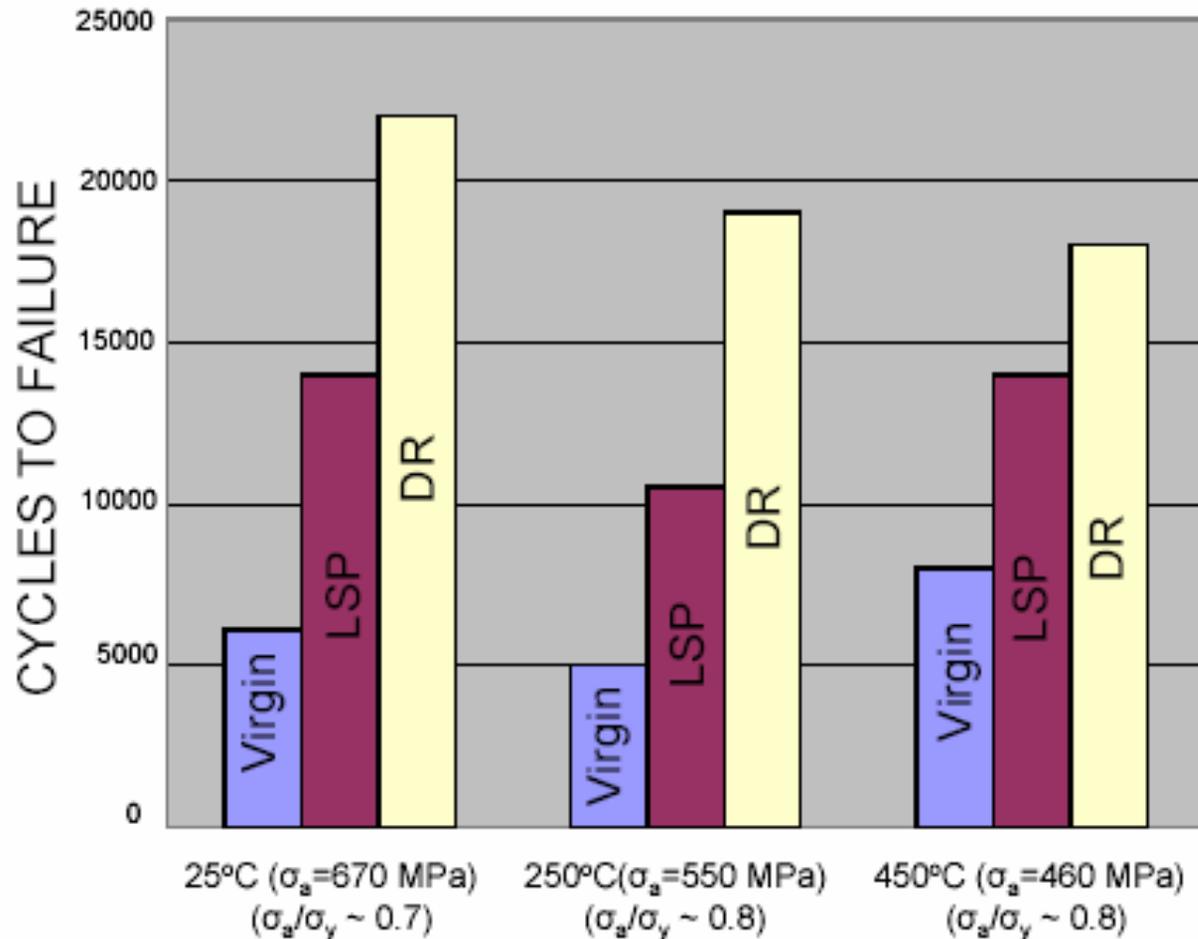
Source:
R.K.Nalla
I.Atenberger
U.Noster
B.Scholtes
R.O. Ritchie

... damit alles glatt geht



Comparison Laser Shock Peening \Leftrightarrow Deep Rolling

Deep Rolling of Turbine Components



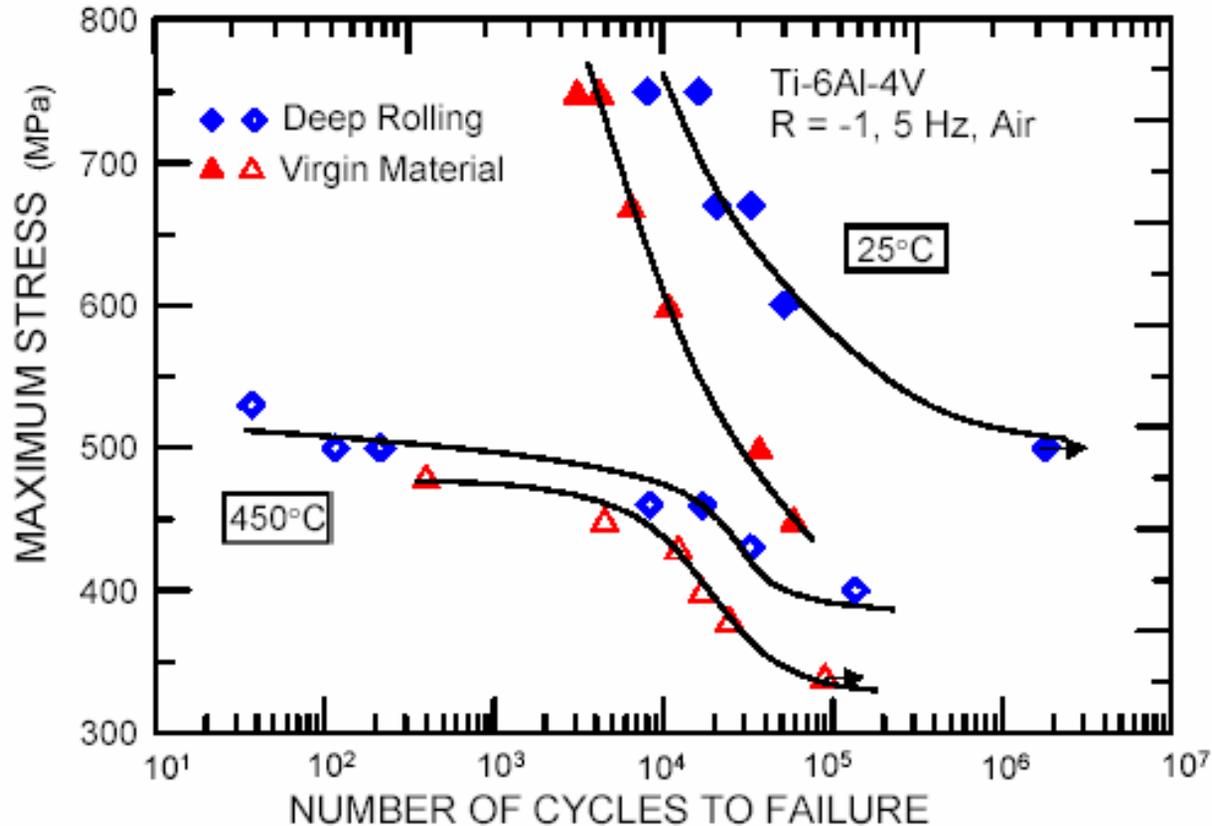
Source:
R.K.Nalla
I.Altenberger
U.Noster
B.Scholtes
R.O. Ritchie

... damit alles glatt geht



Comparison Laser Shock Peening \Leftrightarrow Deep Rolling

Deep Rolling of Turbine Components



- Deep rolling markedly increases fatigue lifetimes at 25°C
- Main effect seen in the HCF regime
- Effect is reduced, but still significant, at 450°C ($T/T_m \sim 0.4$)

Source:
R.K.Nalla
I.Altenberger
U.Noster
B.Scholtes
R.O. Ritchie

... damit alles glatt geht

