Energie- und Ressourceneffizienz beim Presshärten

Frank Schieck

Fraunhofer
IWU

© Fraunhofer IWU

IWP WERKZEUGMASCHINEN UND PRODUKTIONSPROZESSE

Fraunhofer
IWU

Energie- und Ressourceneffizienz beim Presshärten

Gliederung

1. Spitzentechnologie-Cluster eniPROD
2. IHU-Presshärten von mehrfachgebogenen Rohren
3. Partielles Presshärten
4. Hochgeschwindigkeits-Scherschneiden HGSS
5. Modellprozesskette Presshärten

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Energie- und Ressourceneffizienz beim Presshärten

Gliederung

1. Spitzentechnologie-Cluster eniPROD
2. IHU-Presshärten von mehrfachgebogenen Rohren
3. Partielles Presshärten
4. Hochgeschwindigkeits-Scherschneiden HGSS
5. Modellprozesskette Presshärten

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

IWP WERKZEUGMASCHINEN UND PRODUKTIONSPROZESSE

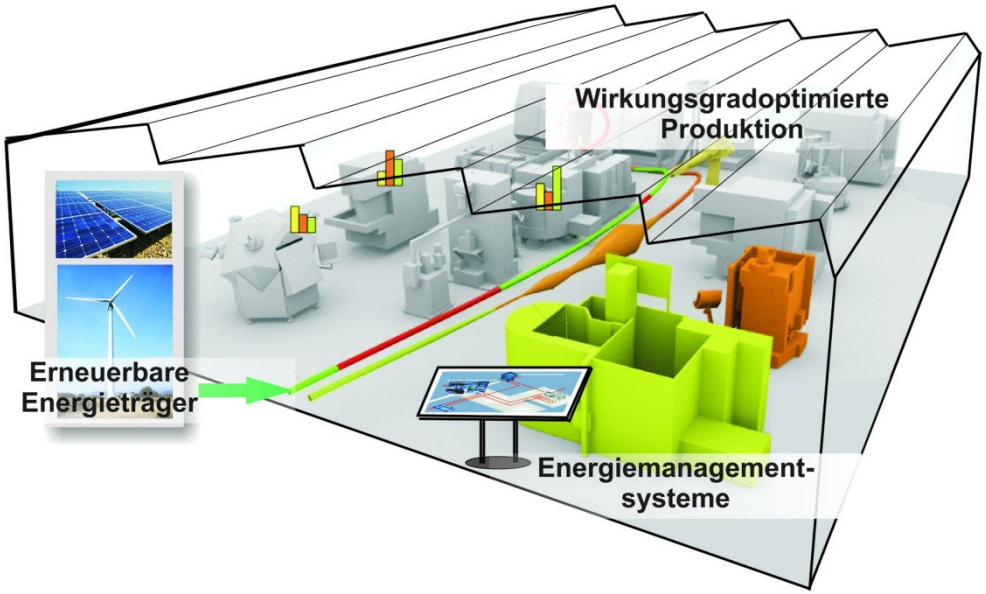
Fraunhofer IWU

Spitzentechnologiecluster eniPROD

Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik

Sprecher: PD Dr.-Ing. Welf-Guntram Drossel

- Gewinner der Landesexzellenzinitiative des Freistaats Sachsen
- Vision: Emissionsneutrale Produktion
- 16 Teilprojekte in sechs Handlungsfeldern
- Dauer: 2009 – 2014
- Partner: TU Chemnitz, Fraunhofer IWU
- www.eniprod.eu



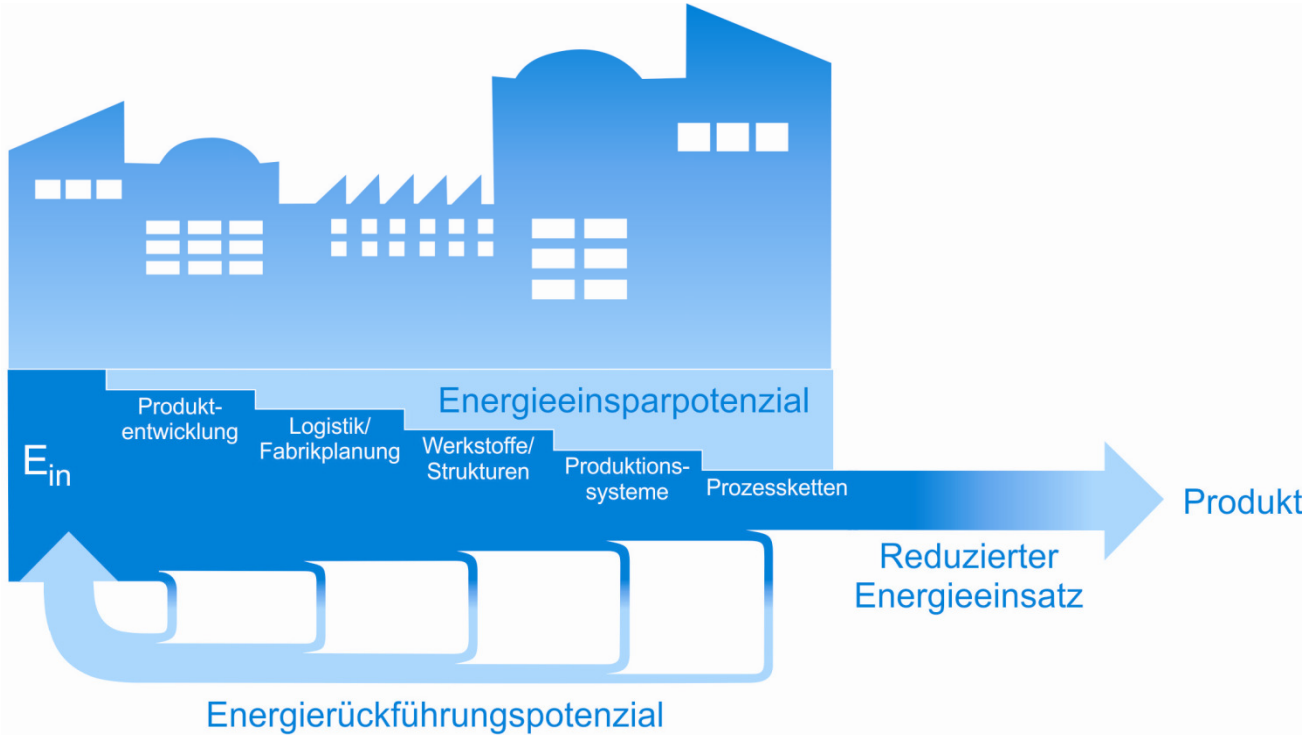
Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Spitzentechnologiecluster eniPROD

Vision

- Prozesse und Systeme für **Energieeinsparungen** in der Produktion > 30%
- **Effiziente Prozessketten** für eine nachhaltige Mobilität



Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Spitzentechnologiecluster eniPROD

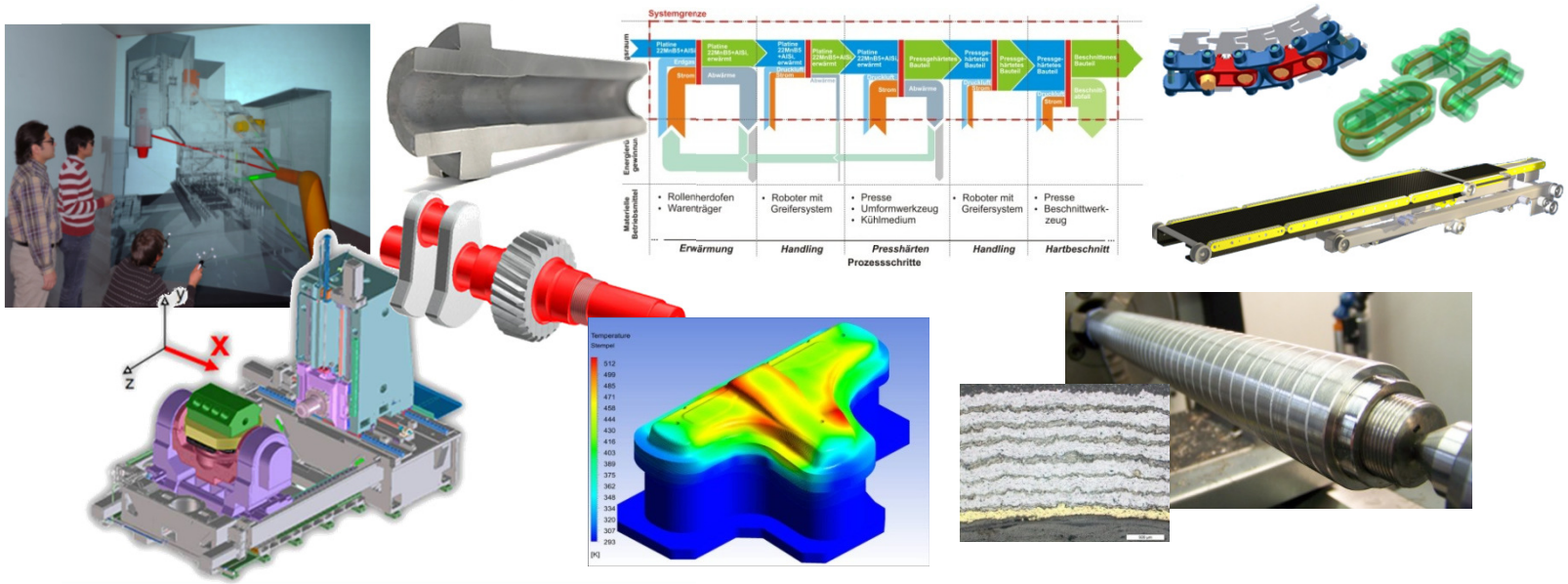
Clusterüberblick

eniPROD

Laufzeit: 2009 – 2014

Beteiligte: 85 Wissenschaftler

Virtuelle Produkt-entwicklung	Produktions-systeme	Prozesskette Powertrain	Prozesskette Zellstrukturen	Werkstoffe und Strukturen	Logistik und Fabrikplanung



Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

IWP WERKZEUGMASCHINEN UND PRODUKTIONSPROZESSE

Fraunhofer IWU

Energie- und Ressourceneffizienz beim Presshärten

Gliederung

1. Spitzentechnologie-Cluster eniPROD
2. IHU-Presshärten von mehrfachgebogenen Rohren
3. Partielles Presshärten
4. Hochgeschwindigkeits-Scherschneiden HGSS
5. Modellprozesskette Presshärten

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

IWP WERKZEUGMASCHINEN UND PRODUKTIONSPROZESSE

Fraunhofer IWU

Innenhochdruckumformen (IHU)-Presshärten von mehrfachgebogenen Rohren

Ausgangsituation:

- Adaption der Presshärtetechnologie auf das Innenhochdruck-Umformen erfolgreich umgesetzt

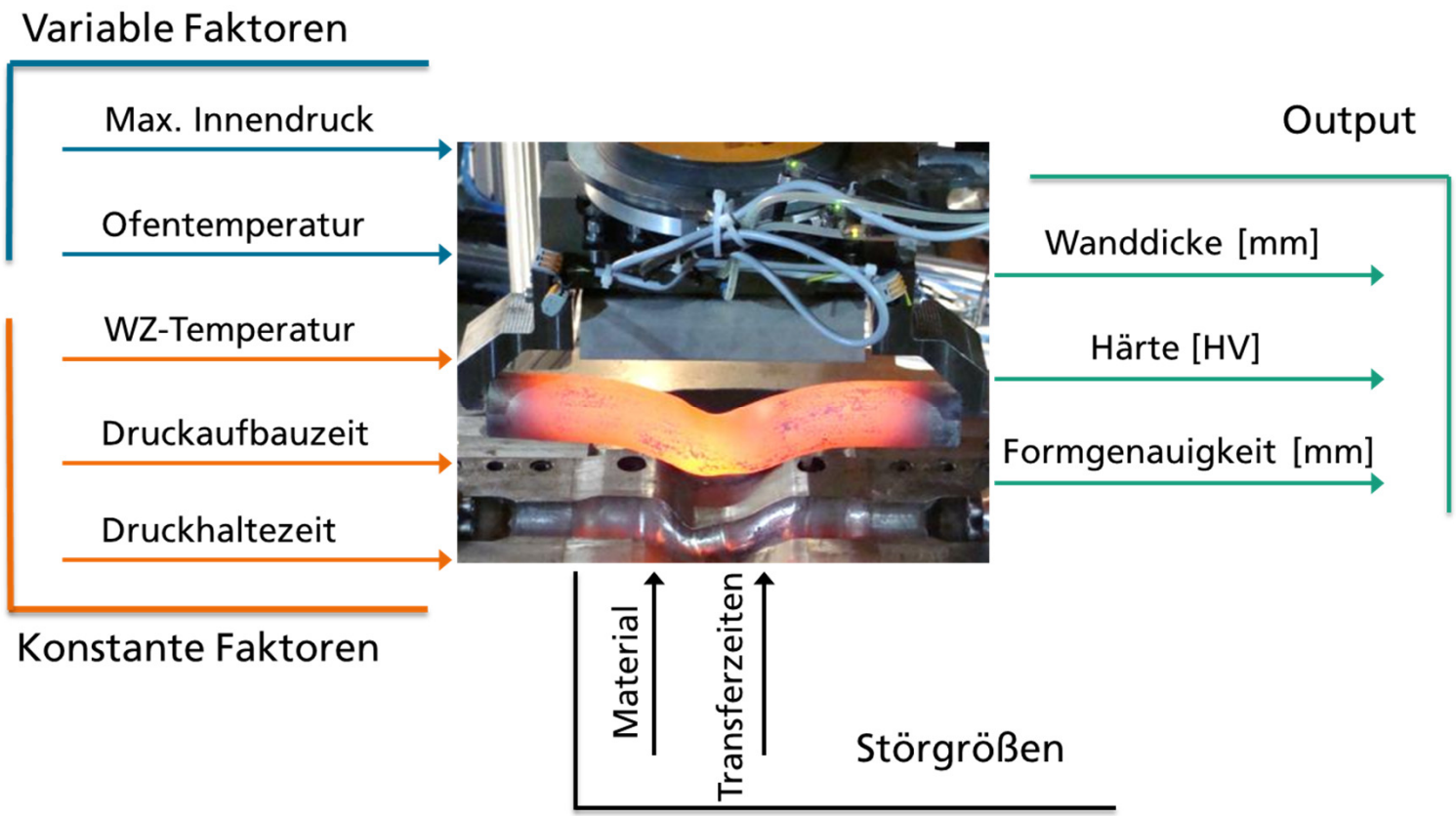
Offene Fragestellungen:

- Wie robust ist der IHU-Presshärteprozess mit Hinblick auf Serienfertigung?
- Wie wirkt sich die Bauteilkomplexität auf erzielbare Bauteileigenschaften aus?
- Wie reproduzierbar sind elementare Bauteileigenschaften wie Festigkeit und Formgenauigkeit?

Archivierungsangaben

Innenhochdruckumformen (IHU)-Presshärten von mehrfachgebogenen Rohren

Bestimmung qualitätsbestimmender Prozessparameter und Einflussgrößen

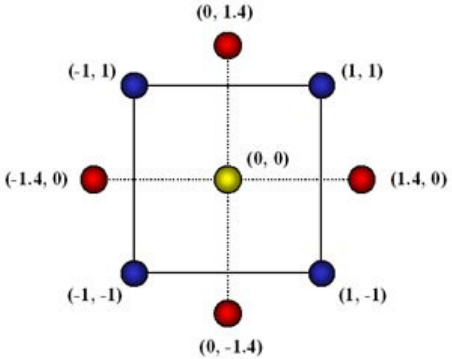


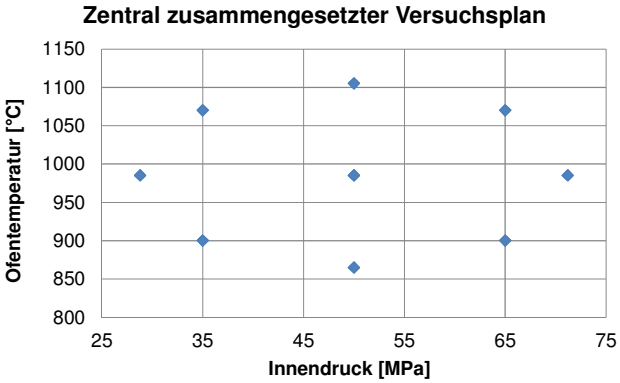
Archivierungsangaben

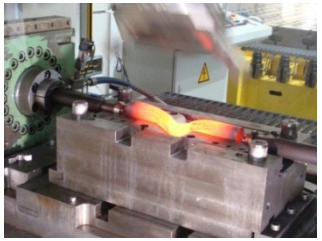
Innenhochdruckumformen (IHU)-Presshärten von mehrfachgebogenen Rohren

Versuchsplanung und -durchführung

- Ofentemperaturen 865; 900; 985; 1070; 1105 °C + [820 °C]
- Umformdruck 28,8; 35,0; 50,0; 65,0; 71,0 MPa
- Konstante Druckaufbauzeit = 1 s / Konstante Druckhaltezeit = 3 s
- Werkzeug-Temperatur zwischen 25 °C und 50 °C







Archivierungsangaben

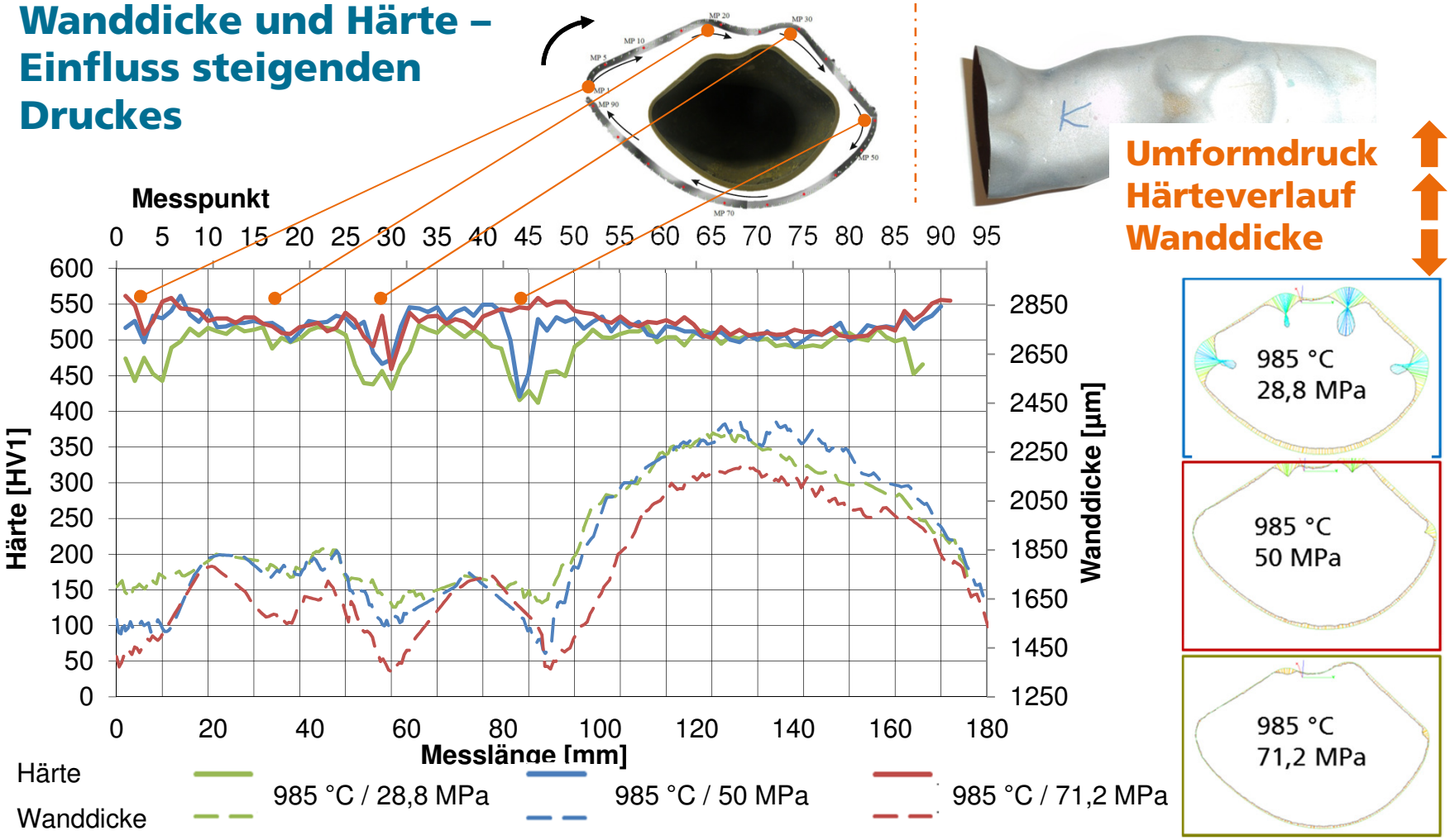
© Fraunhofer IWU

Mitglied

Fraunhofer IWU

Innenhochdruckumformen (IHU)-Presshärten von mehrfachgebogenen Rohren

Wanddicke und Härte – Einfluss steigenden Druckes

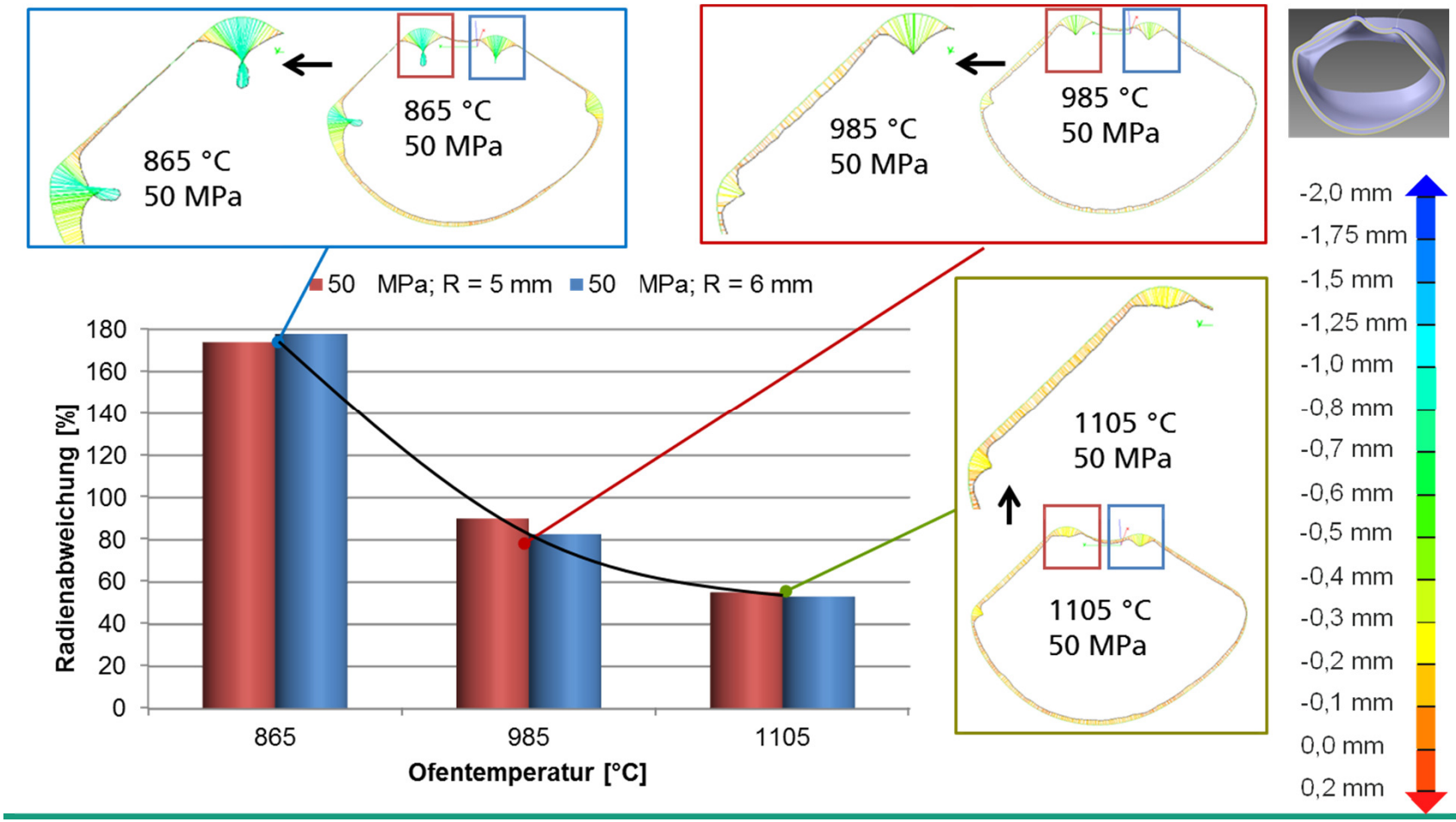


Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Innenhochdruckumformen (IHU)-Presshärten von mehrfachgebogenen Rohren

Formgenauigkeit am Radius - Einfluss steigender Temperatur



Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Mitglied
EFB
IWP
Fraunhofer IWU

Energie- und Ressourceneffizienz beim Presshärten

Gliederung

1. Spitzentechnologie-Cluster eniPROD
2. IHU-Presshärten von mehrfachgebogenen Rohren
3. Partielles Presshärten
4. Hochgeschwindigkeits-Scherschneiden HGSS
5. Modellprozesskette Presshärten

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Grundlagenuntersuchungen zum partiellen Presshärten

Anforderung:

- Herstellung gradierter Bauteileigenschaften mit minimiertem Kosten- und Fertigungsaufwand

Lösungsansatz:

- partielles Presshärten im Umformwerkzeug

Offene Fragestellungen:

- Ermittlung und Einstellung optimierter, lokal verschiedener thermo-mechanischer Parameter im Umformwerkzeug
- Einflüsse durch Werkzeugwerkstoff und Werkzeugbeschichtung
- Übertragbarkeit von Simulationsergebnissen und Modellversuchen auf Serienbauteile

?

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

eni PROD

IWP WERKZEUGMASCHINEN UND PRODUKTIONSPROZESSE

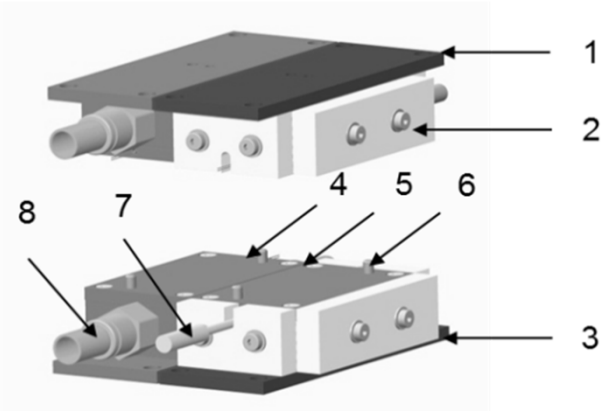
Fraunhofer IWU

Grundlagenuntersuchungen zum partiellen Presshärten

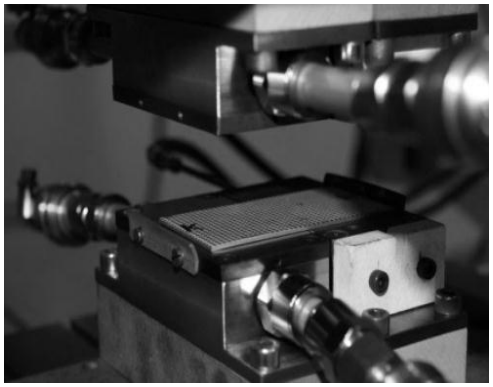
Einfluss unterschiedlicher Temperaturfelder im Umformwerkzeug

Versuchsaufbau

- Probenabmessung: L 80 mm x B 40 mm
- Prüfmaschine: Universalprüfmaschine Inspekt 150 kN
- Austenitisierung: 900 °C für 6 min
- Umformtemperaturen T_u: 700 °C
- Flächenpressung / Anpresszeit: 32 MPa / 10 sec
- Werkzeugtemperaturen T_{wz1} / T_{wz2} : RT / 300 °C; 400 °C; 500 °C; 600 °C



1 Aufspannplatte Stempel
2 Isolationsmaterial
3 Aufspannplatte Matrize
4 kaltes Werkzeugsegment WZ1
5 Isolationsmaterial
6 warmes Werkzeugsegment WZ2
7 Heizelement
8 Kühlkanäle



Modellwerkzeug - CAD-Modell und Zusammenbau

Archivierungsangaben

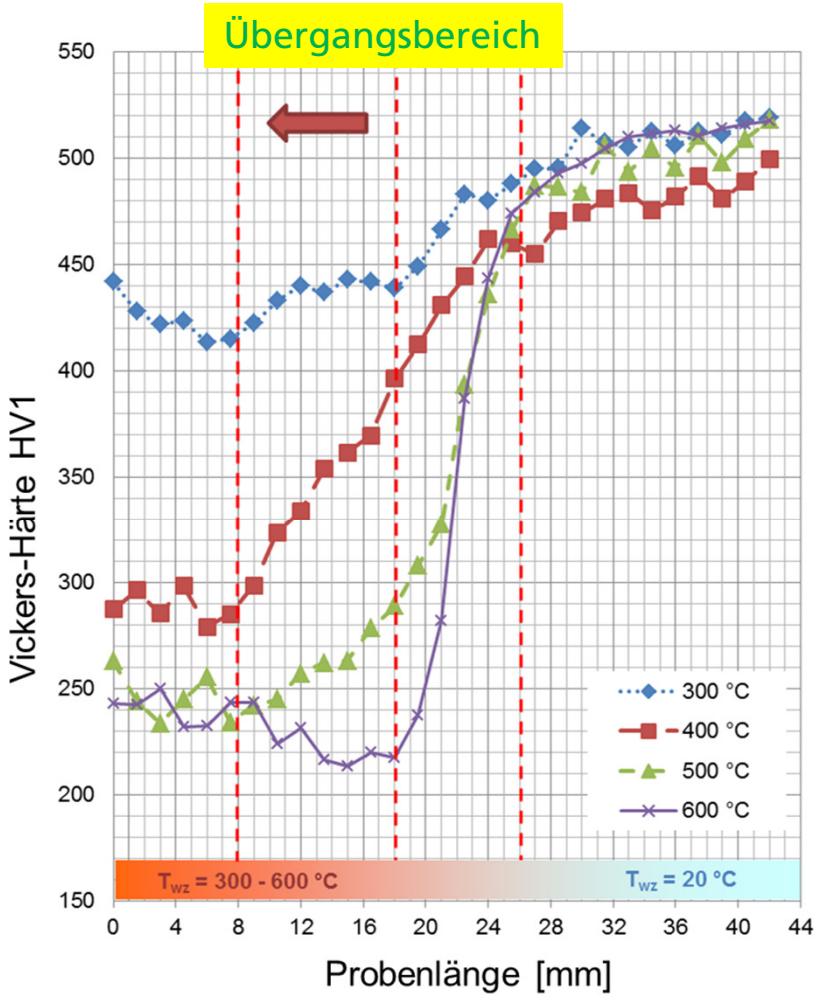
© Fraunhofer IWU

Grundlagenuntersuchungen zum partiellen Presshärten

Einfluss unterschiedlicher Temperaturfelder im Umformwerkzeug

Versuchsergebnisse

- steigende Werkzeugtemperatur
  - Abnahme Mikrohärte
  - größerer Übergangsbereich
- Versuchsparameter **Flächenpressung** und **Haltezeit** kaum Einfluss auf Mikrohärte und Übergangsbereich



Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Grundlagenuntersuchungen zum partiellen Presshärten

Einfluss der Werkzeugbeschichtung

Werkzeug-beschichtung	CrVN	ZrO_2/Y_2O_3 (80/20)	WC-Co 88/12
Aufbau / Schichtdicke	5,8 µm Substrat	80 µm Substrat	120 µm Substrat
Verfahren	PVD (reaktives Magnetronsputtern)	atmosphärisches Plasmaspritzen (APS)	Hochgeschwindigkeits-flammspritzen (HVOF)
Eigenschaften	■ 2000 – 2400 HV ■ positiver Einfluss der Vanadiumoxidschicht auf Reibungskoeff.	■ 1500 - 1800 HV ■ wärmeisolierend (Wärmeleitfähigkeit von ca. 2 W/mK) ■ bei Stoßbelastungen nur dünne Schichten einsetzbar ■ gute Thermoschock-beständigkeit	■ 1200-1400HV ■ hohe Verschleiß-beständigkeit ■ schlagbeständig

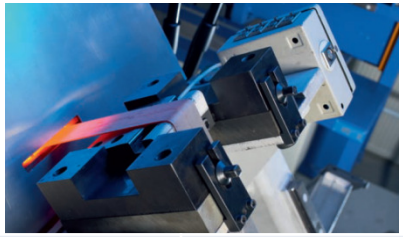
Referenzwerkstoff:

unbeschichteter Werkzeugstahl Böhler W360 isobloc (Härte: 56,6 HRC / 620 HV)

Archivierungsangaben

Grundlagenuntersuchungen zum partiellen Presshärten

Einfluss der Werkzeugbeschichtung auf die Reibung



Versuchsergebnisse

- Vergleich der Reibungskoeffizienten
- taktile Verschleißprofilmessung auf Ziehkanten
- Messung der Blechrauheit nach dem Versuch

Parameter	Wert
Ziehgeschwindigkeit:	50 mm/s
Flächenpressung:	20 N/mm²
Ofentemperatur:	938 °C
Austenitisierungsdauer:	8 min
Ziehkantenstarttemperatur:	20 °C

	unbes.	CrVN	ZrO_2/Y_2O_3 (spritzrau)	ZrO_2/Y_2O_3 (geschl.)	WC-Co 88/12 (spritzrau)	WC-Co 88/12 (geschliffen)
μ	0,38	0,38	0,41	**0,43**	0,38	0,39
Profilhöhe [μm]	10	**bis zu 75**	**80**	7	**30**	10
Blechrauheit Rz [μm]	11,9	9,5	14,4	**19,6**	**25,7**	9,5

bestes Gesamtergebnis

*Blechrauheit 22MnB5-Lieferzustand: Rz 6,3 [μm]

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

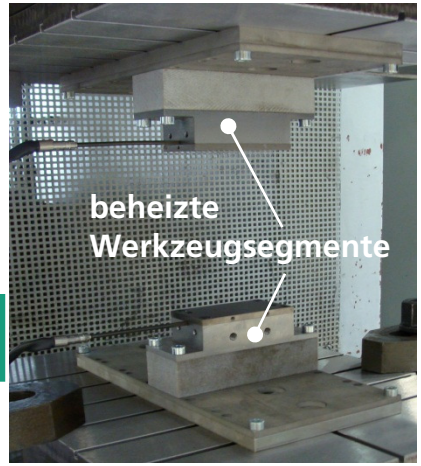
Grundlagenuntersuchungen zum partiellen Presshärten

Einfluss der Werkzeugbeschichtung auf den Wärmeübergang

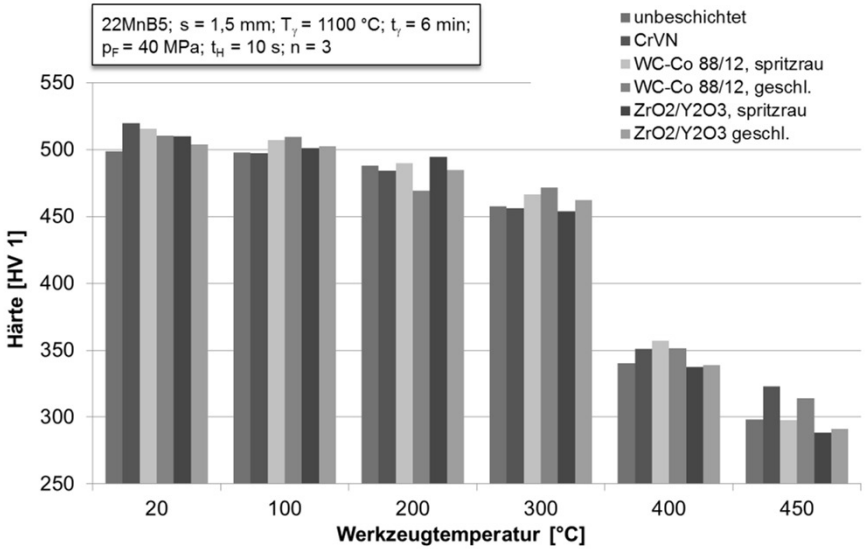
Abkühlversuche mit Gradierungswerkzeug (T_{WZ}=25–450 °C)

- Werkzeugrauheit (Rz 1 – 19,8)
- Werkzeugbeschichtung bei untersuchten Schichtdicken (5,8 – 120 mm)
- Flächenpressung (40 – 66 MPa)

kein Einfluss auf finale Werkstückhärte



Gradierungswerkzeug



Kontaktplatten mit Y2O3/ZrO2

Archivierungsangaben

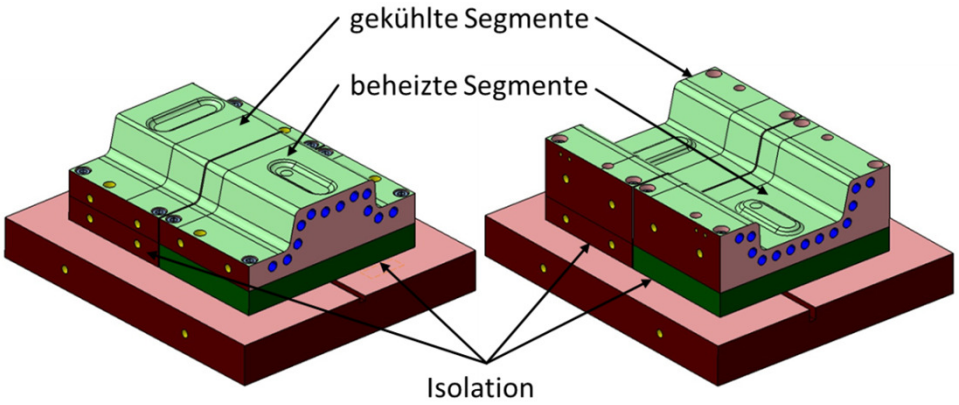
© Fraunhofer IWU

Grundlagenuntersuchungen zum partiellen Presshärten

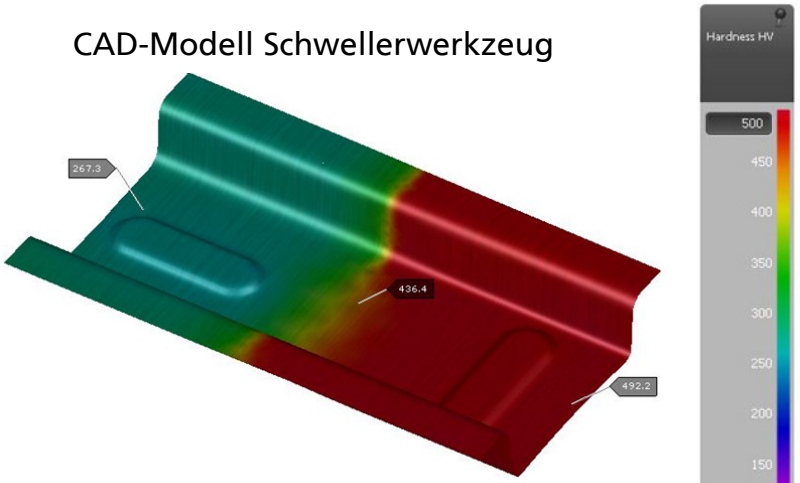
Übertragung auf ein seriennahes Bauteil - Werkzeugauslegung

Übertragung der Ergebnisse

- Konstruktion eines Technologiewerkzeug: Schweller-Gradierungswerkzeug
- Umformsimulation + Vorhersage Materialeigenschaften in AutoForm R5
- Abgleich Simulationsergebnisse mit realen, pressgehärteten Bauteilen



CAD-Modell Schwellerwerkzeug



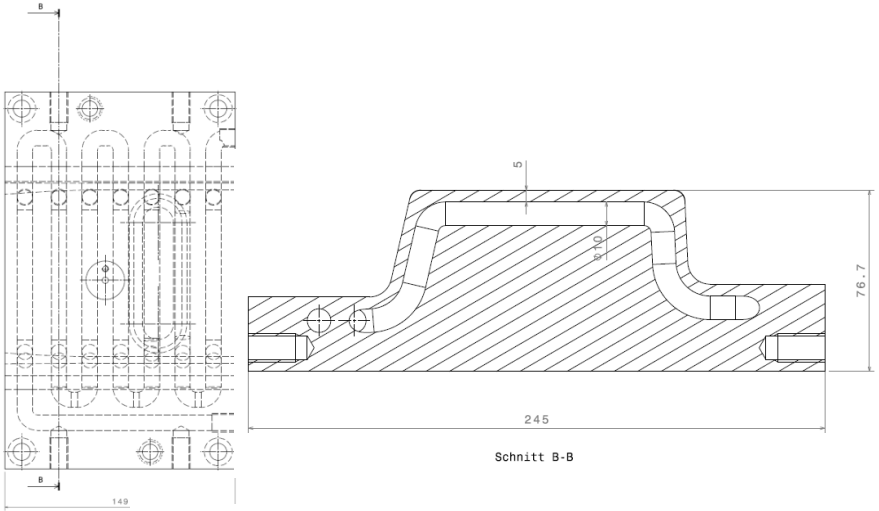
Umformsimulation Schwellerwerkzeug

Archivierungsangaben

Grundlagenuntersuchungen zum partiellen Presshärten

Übertragung auf ein seriennahes Bauteil - Werkzeugauslegung

Fertigung des Versuchswerkzeuges „segmentierter Schweller“



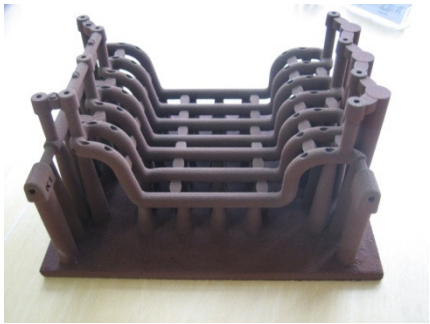
Kanalstruktur

Kühleinsatz:

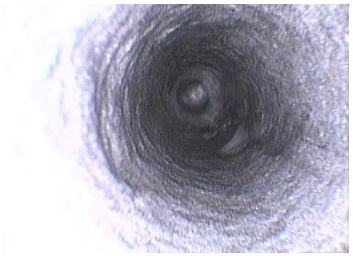
- Gussbauweise EN-GJV 400
- Herstellung Kanalstruktur gesinterte Gusskerne („Kroning“ Werkstoff)
- Fertigung Fa. ACTech / WZB Schmutzler

Heizeinsatz:

- Stahlbauweise mit integrierten insgesamt 25 Stk. elektrischen Heizpatronen
- Einsatz Stempel 12 Stk., Matrize 13 Stk. MIME14025G hotrod® 12.5x160 1000W 230V, Fa. Hotset



Gesinterter Gusskern



Endoskopie der Kühlkanäle

Archivierungsangaben

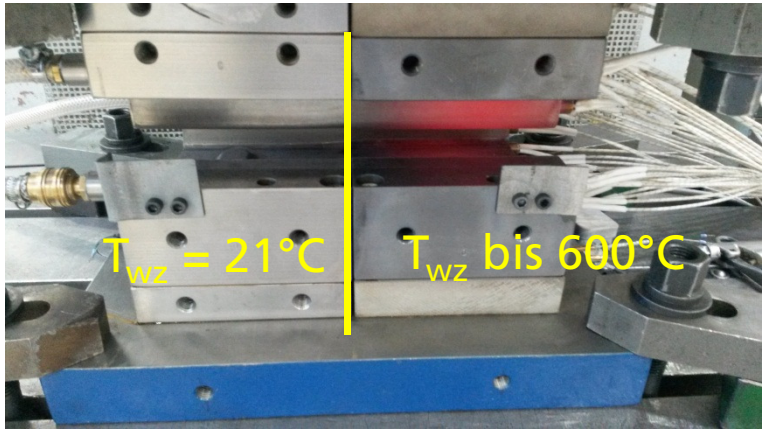
© Fraunhofer IWU

Grundlagenuntersuchungen zum partiellen Presshärten

Experimentelle Untersuchungen am Versuchswerkzeug segmentierter Schweller

Versuchsdurchführung:

- Variation der Temperatur am Heizeinsatz entsprechend Versuchsprogramm
- konstante thermische Bedingungen am Kühleinsatz



Auswertung der Bauteileigenschaften

- Härteverlauf, insbesondere in der Übergangszone in Abhängigkeit des Werkzeugtemperaturfeldes
- Maßgenauigkeit in Abhängigkeit des Werkzeugtemperaturfeldes
- aktuelle Durchführung von Versuchen → Versuchswerkzeug „Schweller“, Auswertung der Bauteilqualität

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Energie- und Ressourceneffizienz beim Presshärten

Gliederung

1. Spitzentechnologie-Cluster eniPROD
2. IHU-Presshärten von mehrfachgebogenen Rohren
3. Partielles Presshärten
4. Hochgeschwindigkeits-Scherschneiden HGSS
5. Modellprozesskette Presshärten

Archivierungsangaben

Hochgeschwindigkeits-Scherschneiden (HGSS)

Anforderung:

- mechanischer Beschnitt pressgehärteter und hochfester Stähle sowie geschlossener Profile als kostengünstige und energieeffiziente Alternative zum Laserbeschnitt

Lösungsansatz:

- Ausnutzung von Geschwindigkeitseffekten bei Schneidgeschwindigkeiten ab ca. 3 m/s beim HGSS

Offene Fragestellungen:

- Anwendbarkeit auf hoch- und höchstfeste Stähle
- Anwendbarkeit auf geschlossene Profile
- erreichbare Schnittkantenqualität und deren Reproduzierbarkeit
- Übertragbarkeit auf Serienanwendungen

?

Archivierungsangaben

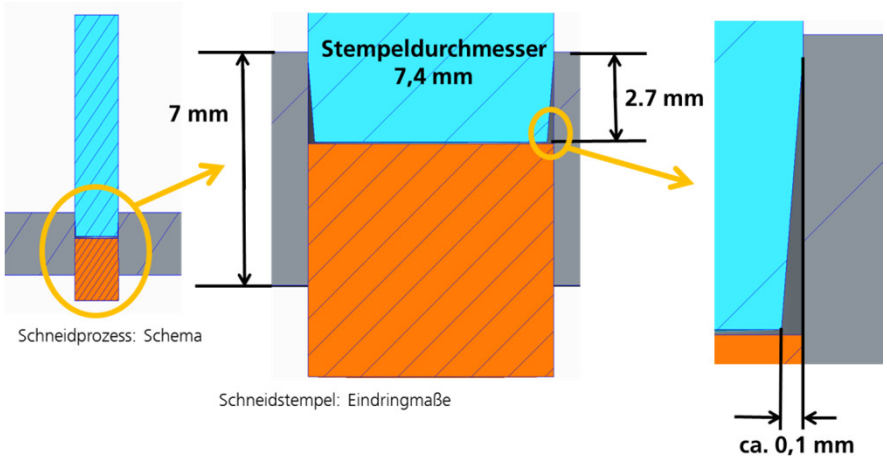
© Fraunhofer IWU

Hochgeschwindigkeits-Scherschneiden HGSS

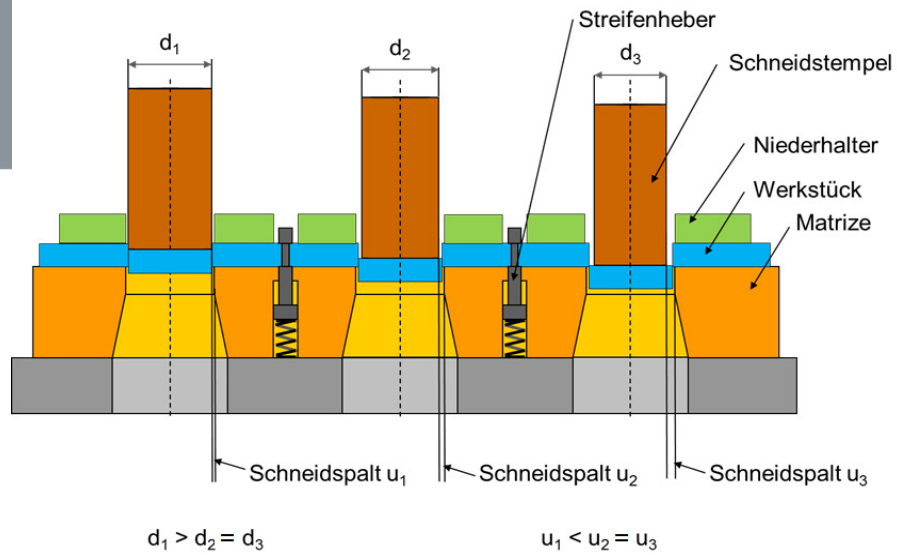
Hoch- und höchstfeste Stählen

Versuchsaufbau

- Schema: HGSS mit „Anschneiden“ (CAD)



Schema: HGSS mit „Anschneiden“ (CAD)



Schema: HGSS mit „Anschneiden“ im Folgeschnitt (CAD)

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

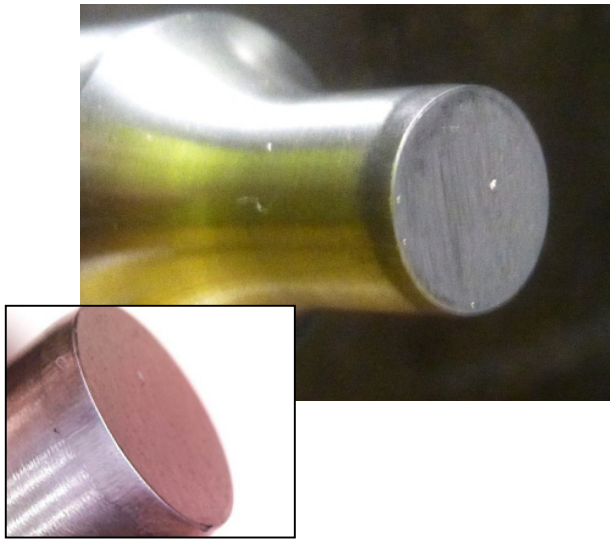
Hochgeschwindigkeits-Scherschneiden HGSS

Hoch- und höchstfeste Stählen

Versuchsergebnisse

- Rissinitiierung bei HGSS auf Matrizenseite
- Reduzierung / Minimierung der Stempelklemmkräfte möglich
  - **keine** Anzeichen für **adhäsiven** und **abrasiven Verschleiß** am Schaft des Schneidstempels aufgrund minimaler Eindringtiefe
- signifikante **Standmengenerhöhungen möglich**
- Ausstoßen des Butzen im Folgeschnitt (16.01.2014 zum Patent angemeldet)
- augenscheinlich keine Anzeichen von Materialermüdung

„konventionelles“ HGSS, Stempelversagen



HGSS mit „Anschneiden“ nach 1300 Hub

Archivierungsangaben

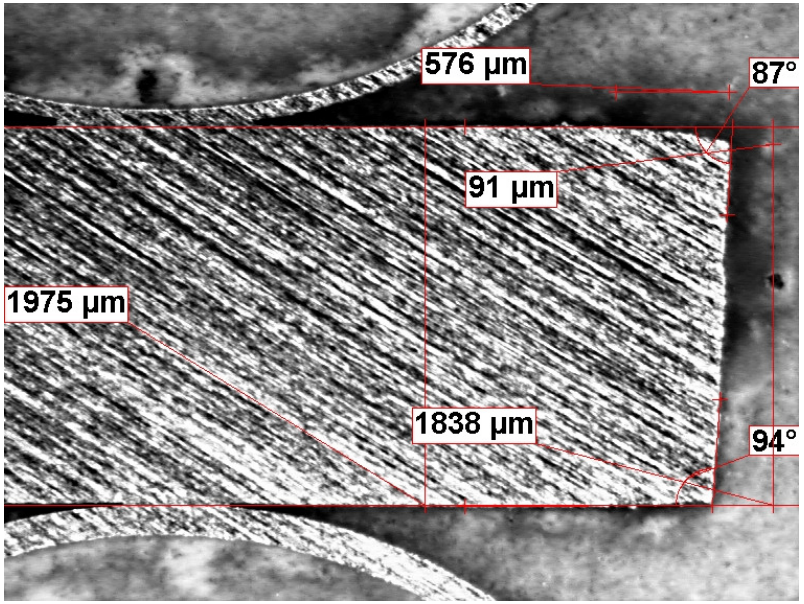
© Fraunhofer IWU

Scherschneiden versus HGSS bei pressgehärteten Stählen

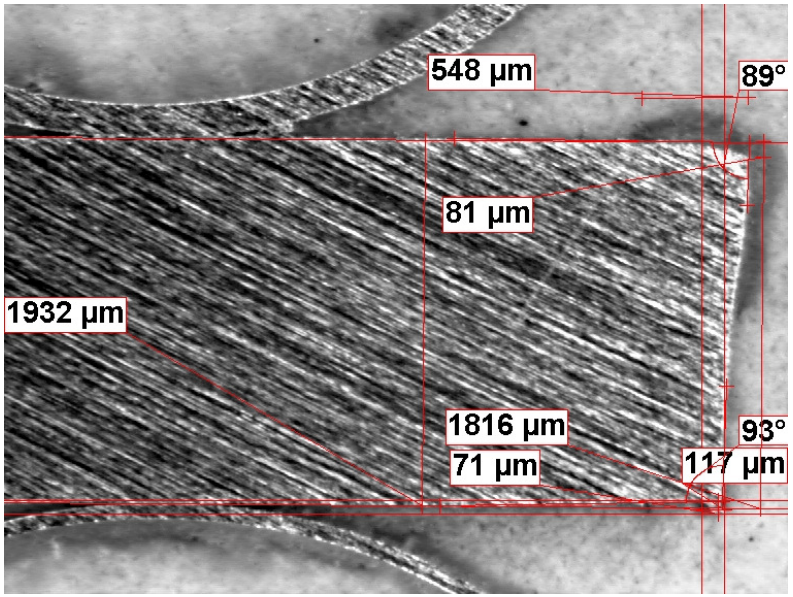
Referenzuntersuchungen konventionelles Scherschneiden

Auswertung der Schnittflächenqualität

22MnB5 (2,0 mm): 10,0 % Schneidspalt



v_S = 25 mm/s



v_S = 100 mm/s

Archivierungsangaben

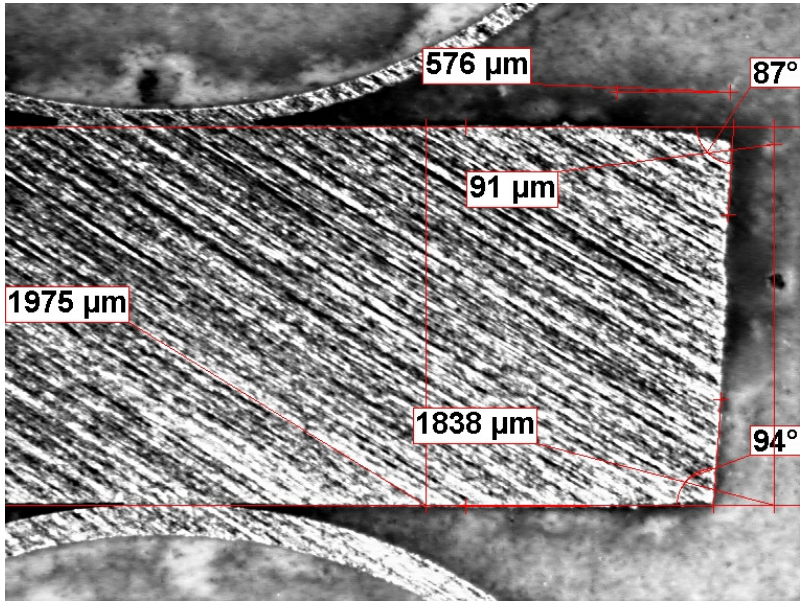
© Fraunhofer IWU

Scherschneiden versus HGSS bei pressgehärteten Stählen

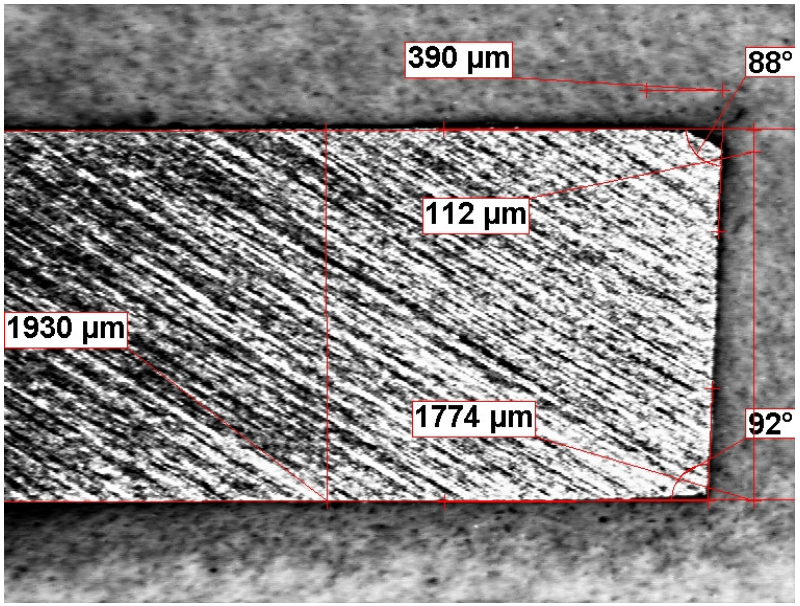
Referenzuntersuchungen konventionelles Scherschneiden

Auswertung der Schnittflächenqualität

22MnB5 (2,0 mm): 3,0 % Schneidspalt



v_S = 25 mm/s



v_S = 100 mm/s

Archivierungsangaben

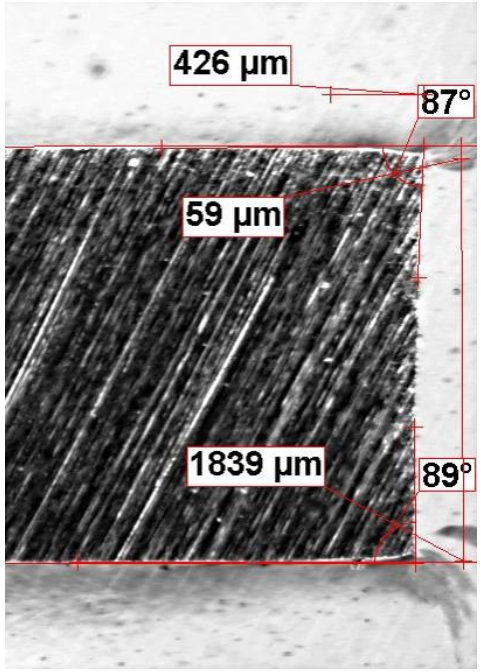
© Fraunhofer IWU

Scherschneiden versus HGSS bei pressgehärteten Stählen

Untersuchungen zum HGSS

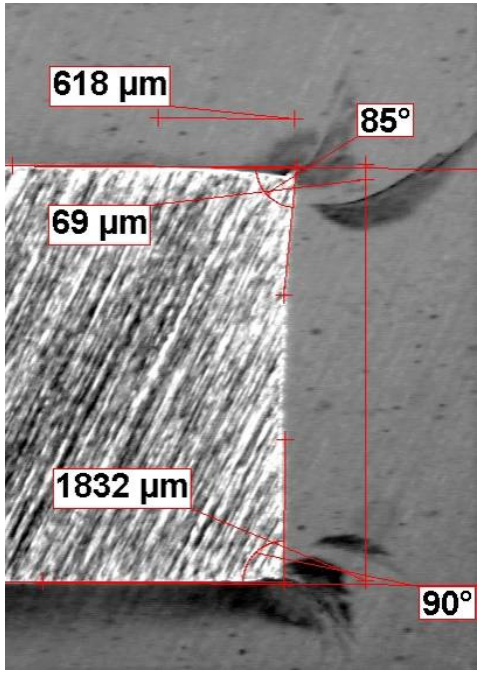
Auswertung der Schnittflächenqualität

22MnB5 (2,0 mm): 10,0 % Schneidspalt



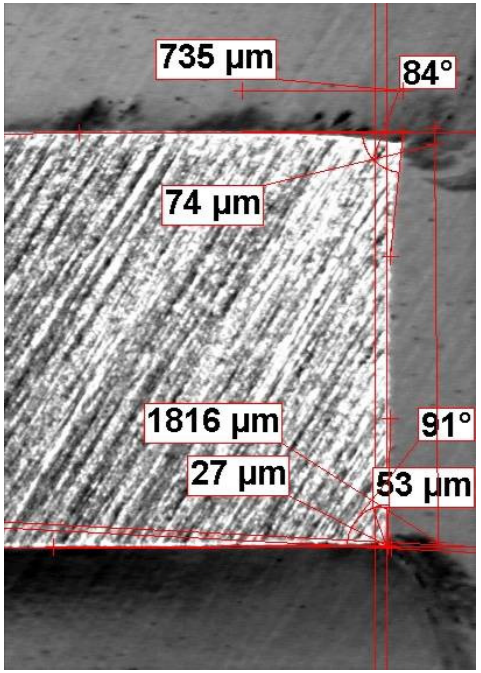
E = 1700 J

(v = 4,7 m/s)



E = 4000 J

(v = 7,2 m/s)



E = 7000 J

(v = 9,6 m/s)

Archivierungsangaben

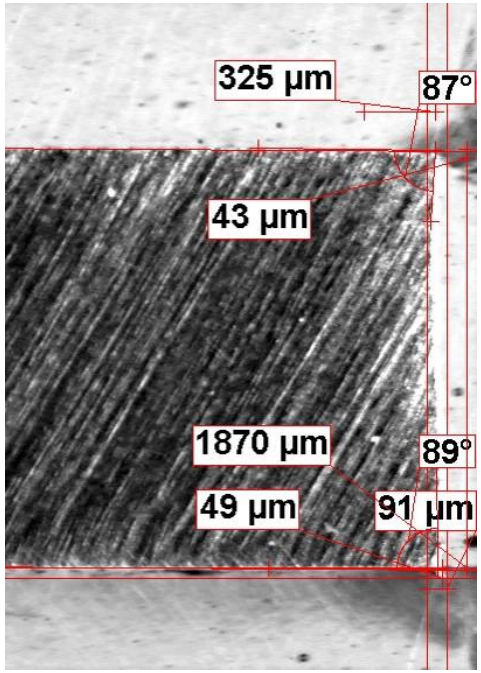
© Fraunhofer IWU

Scherschneiden versus HGSS bei pressgehärteten Stählen

Untersuchungen zum HGSS

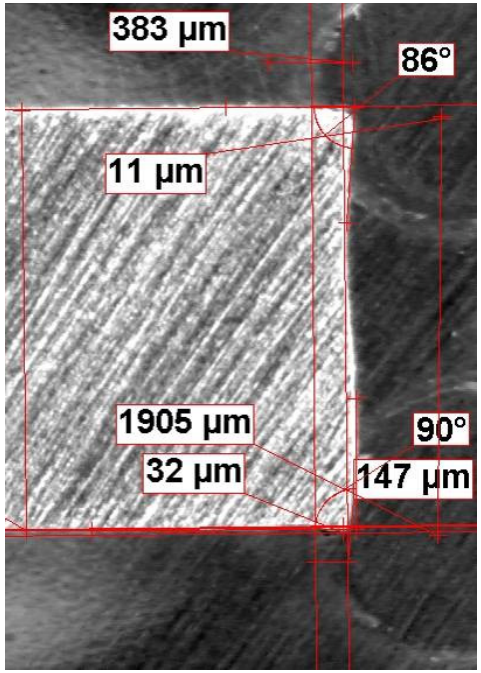
Auswertung der Schnittflächenqualität

22MnB5 (2,0 mm): 3,0 % Schneidspalt



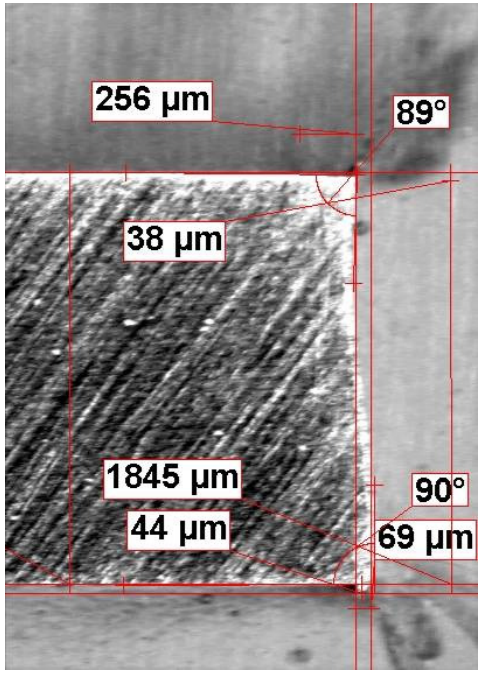
E = 1700 J

(v = 4,7 m/s)



E = 4000 J

(v = 7,2 m/s)



E = 7000 J

(v = 9,6 m/s)

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Scherschneiden versus HGSS bei pressgehärteten Stählen

Effekte durch HGSS

- beste **Schnittflächenqualitäten** bei Anwendung hoher Schneidgeschwindigkeiten (deutlich besser als beim konventionellen Scherschneiden)
- signifikante Abnahme der **Bauteildeformation** (Kanteneinzugshöhe und -breite) bei Verringerung des Schneidspaltes
- kaum **Gratbildung**, max. 3 % der Blechdicke
- geringe Abweichungen von der **Idealkontur** bei 22MnB5 im Bereich der Trennfläche (HGSS-typisch leicht sichelförmige Bruchflächenzone)

Archivierungsangaben

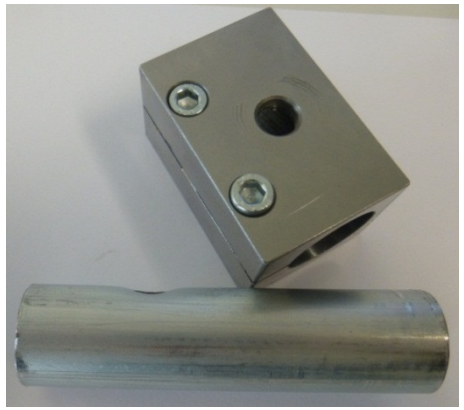
© Fraunhofer IWU

HGSS bei Rohren und geschlossenen Profilen

Versuchsaufbau zum matrizenlosen Lochen

- Bolzensetzgerät mit modifiziertem Kolben = Schneidstempel Ø 8,37 mm
- matrizenloses Schneiden
- Schneidgeschwindigkeit: 50,2 m/s
- Halbzeug - Rohre
  - Durchmesser Ø25 – 55 mm
  - Wandstärken 2,0 – 3,0 mm
  - Materialien
    - S355 (St 52)
    - Kupferlegierung und
    - rost- und säurebeständiger Stahl (1.4509)
- Halbzeuge mittels Rohrspanner vorgespannt

Versuchsaufbau zum HGSS



Rohr mit Rohrspanner

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

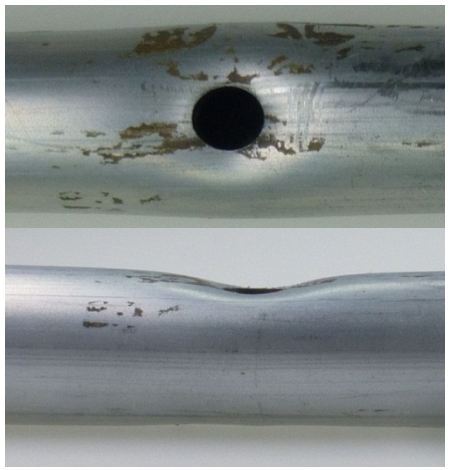
HGSS bei Rohren und geschlossenen Profilen

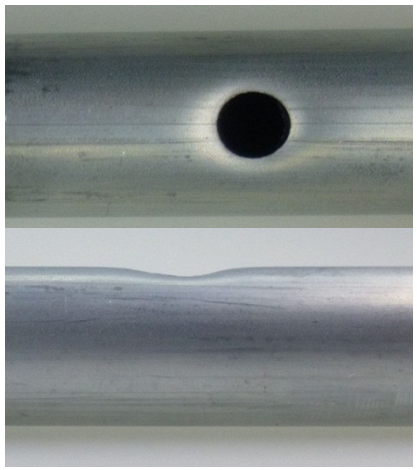
Versuchsergebnisse beim matrizenlosen Lochen

Effekte durch Einsatz von Rohrspannern

- unabhängig des Rohrwerkstoffes verringert sich die Deformation des Rohrquerschnitts durch das HGSS um bis zu **75 %**
- Reduzierung der Einzugsbreite- und höhe an der Schnittstelle durch die verbesserte Stützwirkung mit Rohrspanner
- weitere Verringerung der Bauteildeformation bei:
  - steigenden Wanddicken im Verhältnis zum Durchmesser
  - steigender Werkstofffestigkeit und sinkender Bruchdehnung
  - Erhöhung der Schneidgeschwindigkeit auf 70,2 m/s

ohne Rohrspanner





mit Rohrspanner

rost- und säurebeständiger Stahl (1.4509)

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Energie- und Ressourceneffizienz beim Presshärten

Gliederung

1. Spitzentechnologie-Cluster eniPROD
2. IHU-Presshärten von mehrfachgebogenen Rohren
3. Partielles Presshärten
4. Hochgeschwindigkeits-Scherschneiden HGSS
5. Modellprozesskette Presshärten

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Prozesskette Presshärten

© Fraunhofer IWU

Netzwerk Presshärten

NETZWERK PRESSHÄRTEN

Ideen und Ziele

- Zusammenführung geeigneter Markt- und Forschungsakteure
- Etablierung einer dauerhaften Technologieplattform
- Kontinuierliche Weiterentwicklung des Verfahrens
- Erschließung neuer Anwendungsfelder
- Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der beteiligten KMU
- Unterstützung der effizienten Markteinführung des Verfahrens Presshärten

Eigeninitiative des Fraunhofer IWU in Zusammenarbeit mit:

- Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse IWP
- Verbundinitiative Maschinenbau Sachsen VEMAS

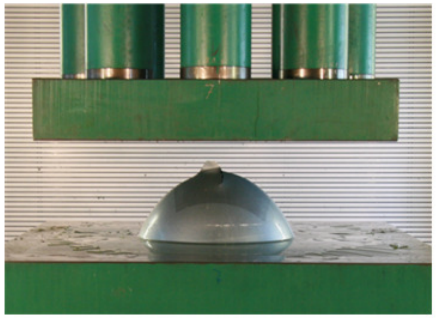
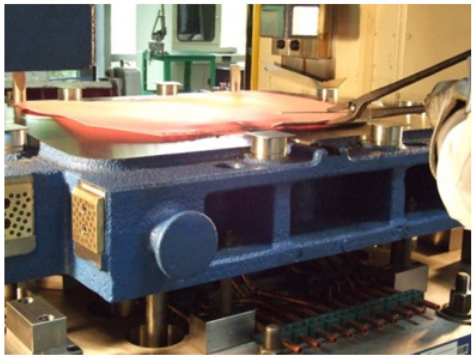
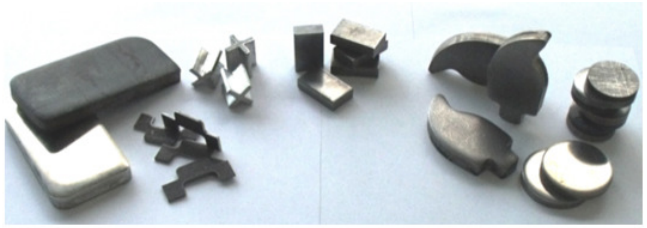
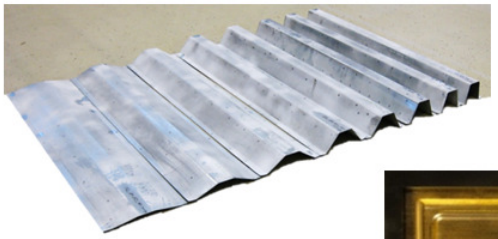
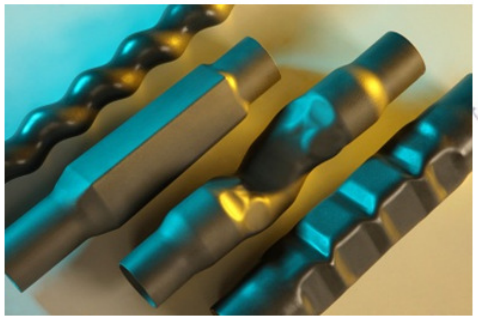
Kontakt

- www.presshaerten.de

Archivierungsangaben

VE.MAS innovativ IWP WERKZEUGMASCHINEN UND PRODUKTIONSPROZESSE Fraunhofer IWU

Danke für die Aufmerksamkeit!

© Fraunhofer IWU

IWP WERKZEUGMASCHINEN UND PRODUKTIONSPROZESSE

Fraunhofer IWU