

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

ADVANCED MATERIALS PROCESSING AND MICROFABRICATION

Presshärten, Wärmeleitfähigkeit und Innenhochdruckumformen

Struktur

1. Vorüberlegungen: Werkstoffe im Automobilbau
2. Fertigungsleichtbau durch Presshärten
3. Fertigungsleichtbau durch Innenhochdruckumformen
4. Zusammenfassung & weiterführende Literatur
5. Überprüfungsfragen

1. Vorüberlegungen: Werkstoffe im Automobil

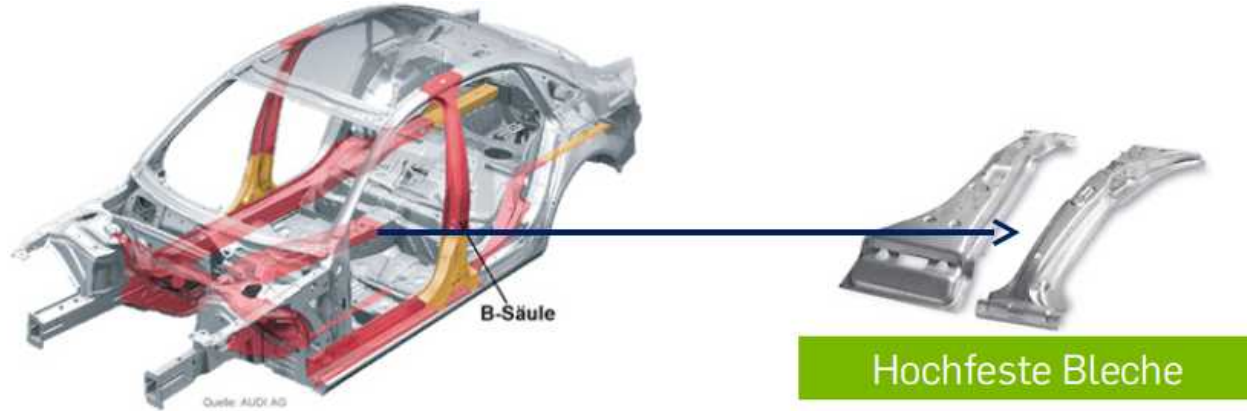
- Stoffleichtbau:
 - Einsatz von Werkstoffen mit geringerer Dichte
 - Höherfeste Stähle, Aluminium, Magnesium, Titan, Kunststoffe
 - 100 kg Gewichtseinsparung => 0,3 - 0,6 l Kraftstoffeinsparung
- Formenleichtbau:
 - konstruktiv günstige Gestaltung der Bauteile, Dickenreduktion, Festigkeitserhöhung
 - Beanspruchungsgerechte Auslegung => Multimaterialmix
- Fertigungsleichtbau:
 - Einbezug der Fertigungstechnologie
 - z.B. Fügen von Multimaterialsystemen

2. Fertigungsleichtbau: Konzepte für die Umformung

Verwendung höherfester Bleche

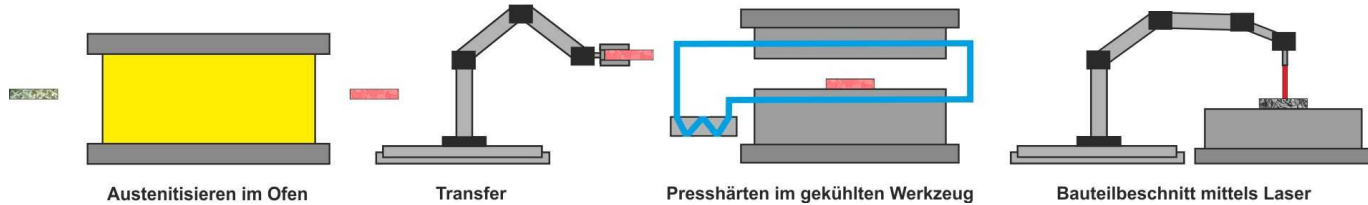
- Kaltumformung
 - Ohne Vorwärmung
- Halbwarmumformung
 - Vorwärmung ohne vollständige Gefügeumwandlung
- Warmumformung:
 - Vorwärmung in den austenitischen Zustand
 - langsame Abkühlung => weich
 - schnelle Abkühlung => hart
- Verzugsproblematik beim Abschrecken von geformten Blechen?

2. Fertigungsleichtbau: Presshärten - Hintergrund

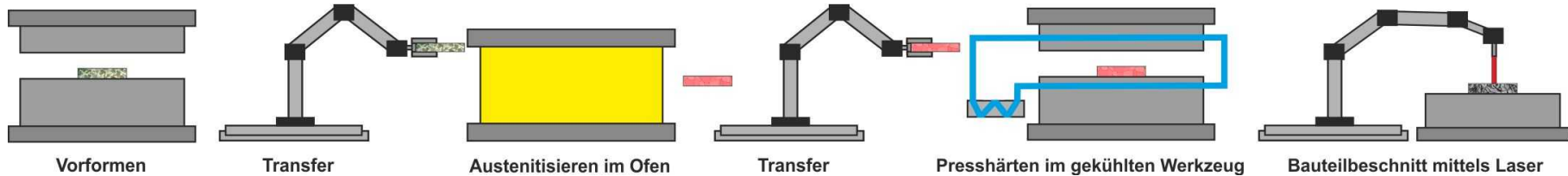


VW-Golf 7 – Produktion:
<https://www.youtube.com/watch?v=9oXsUo8soNM>

2. Fertigungsleichtbau: Presshärten - Verfahrensvarianten

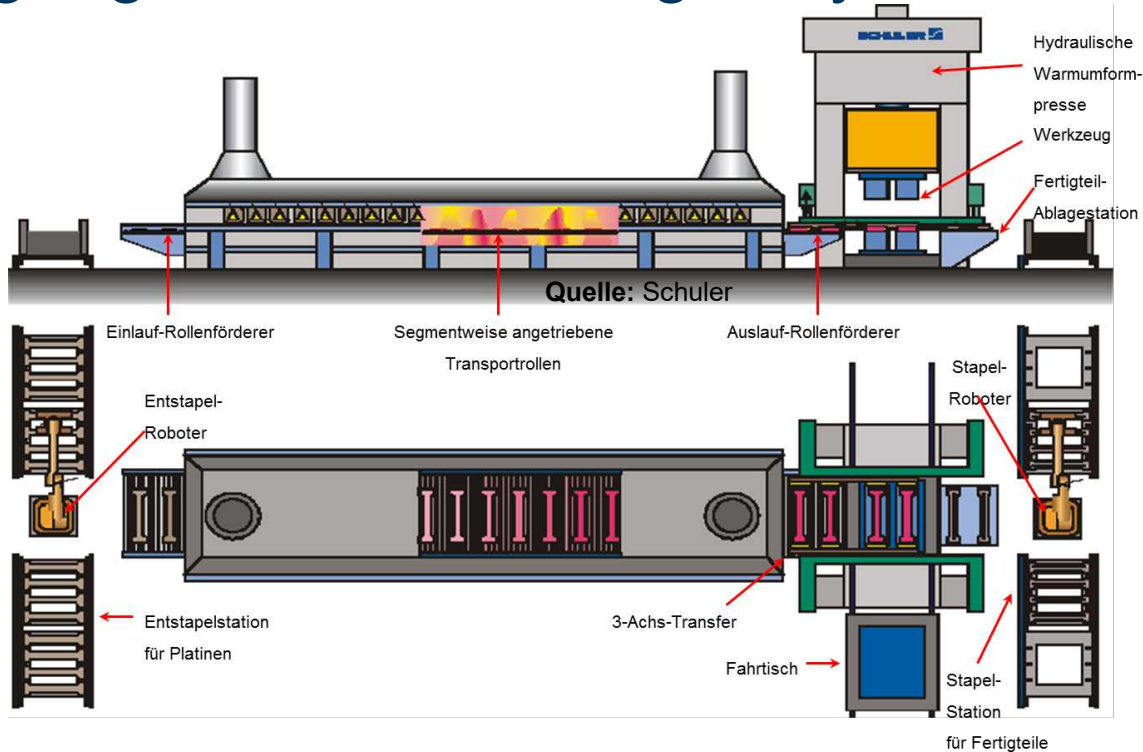


Direktes Presshärten



Indirektes Presshärten

2. Fertigungsleichtbau: Anlagenlayout zum Presshärten



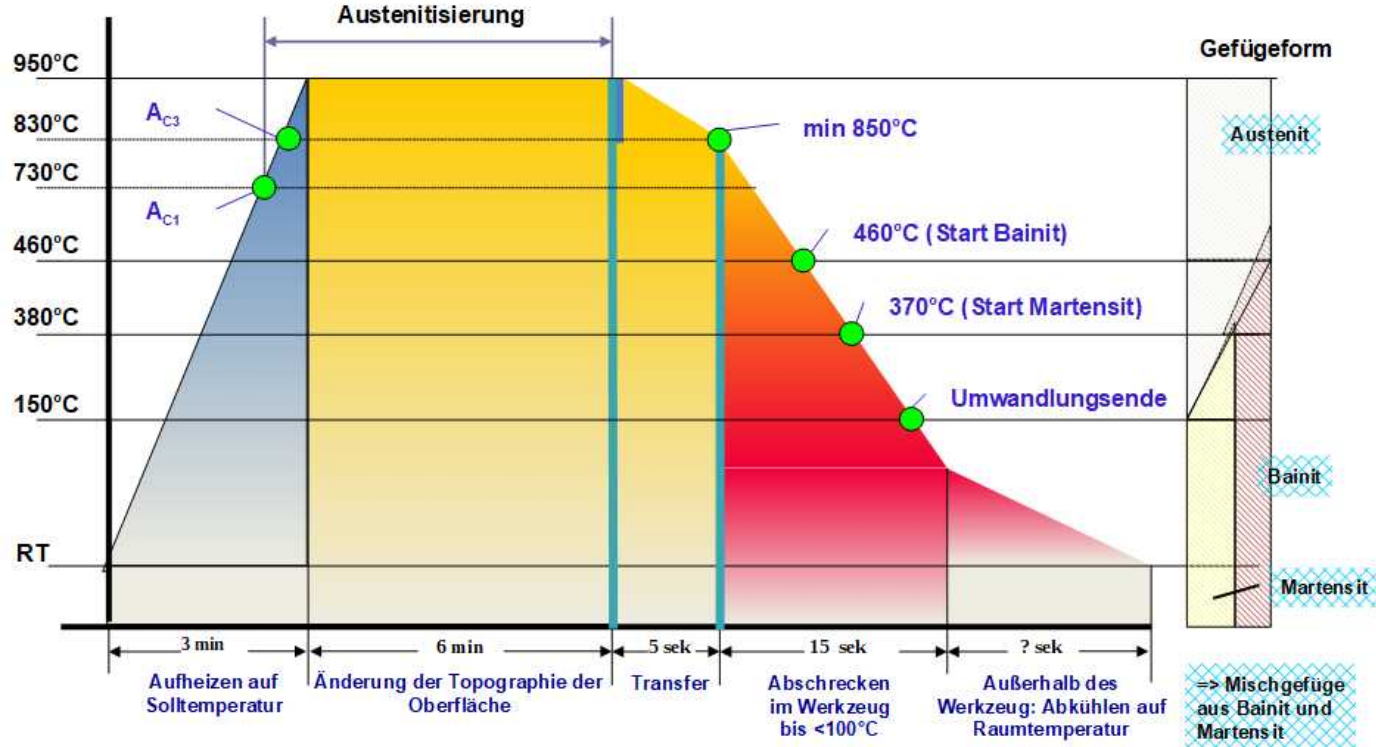
Quelle: Schuler

2. Fertigungsleichtbau: Presshärten – Blechwerkstoffe

Werkstoff	Hersteller	C	Si	Mn	Cr	B
22Mn5	Allgemein (z.B. Salzgitter AG)	0,24	0,23	1,2	0,14	0,002
Usibor 1500-P	Arcelor	0,23	0,23	1,21	0,12	0,003
MWB1500+AS	TKS	0,25	0,4	< 1,4	Cr+Mo= 0,5	0,005
BTR 165	Benteler	0,23	0,24	1,26	0,14	0,002

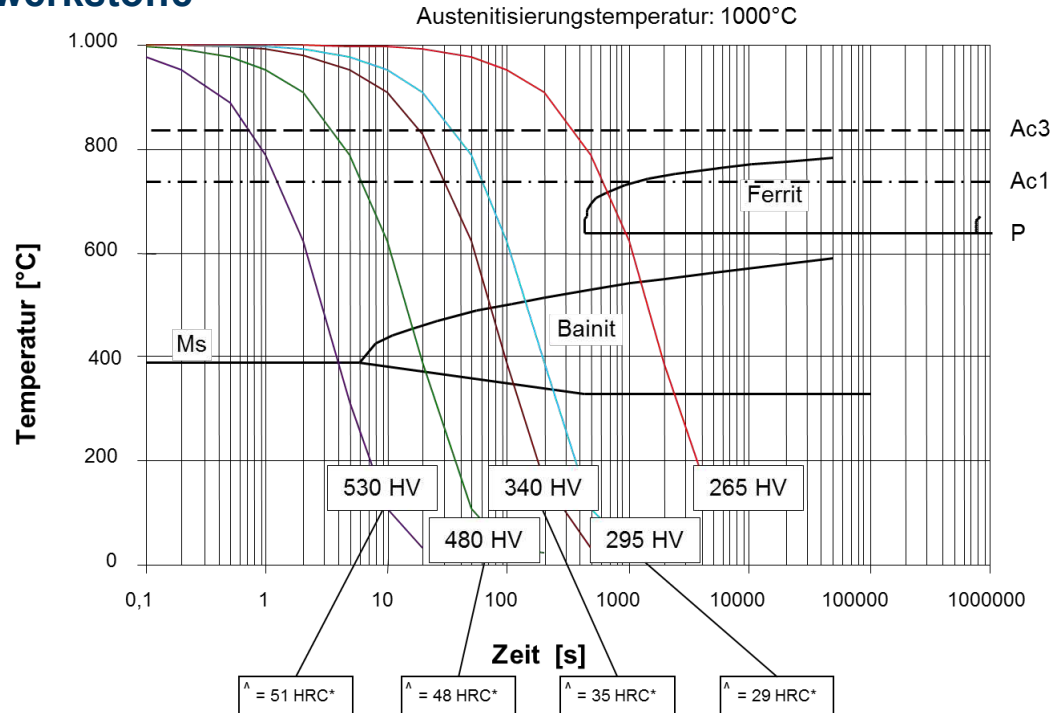
Gehalte der Legierungselemente in Ma.-%

2. Fertigungsleichtbau: Presshärten – Temperaturführung



2. Fertigungsleichtbau: Presshärten

ZTU der Blechwerkstoffe



2. Fertigungsleichtbau: Presshärten

Anwendungsbeispiel Karosserie: VW-Passat



Quelle: Volkswagen

2. Fertigungsleichtbau: Presshärten

Anwendungsbeispiel PKW-Stoßfänger



Lieferzustand

$$R_{p0,2} = 480 \text{ MPa}$$

$$R_m = 556 \text{ MPa}$$

$$R_{p0,2} / R_m = 0,86$$

$$A_{50} = 22,7 \%$$

$$A_g = 9,9 \%$$



Nach Warmumformung

$$R_{p0,2} = 1174 \text{ MPa}$$

$$R_m = 1459 \text{ MPa}$$

$$R_{p0,2} / R_m = 0,80$$

$$A_{50} = 6,7 \%$$

$$A_g = 4,3 \%$$

Quelle: ThyssenKrupp Stahl

2. Fertigungsleichtbau: Presshärten

Anforderungen an den Werkzeughstoff



- Hohe Abschreckwirkung
- Reduzierung der thermischen Belastung
- Höhere Produktivität

- Ausreichende mechanische Eigenschaften
- Hohe Wärmeleitfähigkeit

2. Fertigungsleichtbau: Presshärten

Gängige Werkzeugstähle

Werkstoff	Wärmeleitfähigkeit	Verwendung
40CrMnMo7	~40 W/mK	Kunststoff-Formstahl, IHU-Werkzeuge
X38CrMoV5-3	27-37 W/mK	Strangpress- und Druckgusswerkzeuge
HTCS-130 (≈ X31MoW3-2)	50-60 W/mK	Spritzguss- und Druckgusswerkzeug, Warmumformwerkzeuge
HTR (≈ X32WCrMoV4-2-1)	33-35 W/mK	Kokillenguss-, Druckguss-, Strangpress-, Warmumformwerkzeug
WP7V (≈ X50CrMoV7-2-2, alle mit reduziertem Mn und Si)	26-31 W/mK	Gesenke, Scherenmesser, Lochstempel, Druck- und Profilrollen

2. Fertigungsleichtbau: Presshärten

Anforderungen an den Werkzeugstoff

- Gebrauchseigenschaften
 - Härte, Zähigkeit, Druck- und Zugfestigkeit
 - Temperaturbeständigkeit
 - Warmverschleißwiderstand
 - Thermoschockbeständigkeit
 - Geringe Neigung zur Adhäsion, Eignung für Gegenmaßnahmen
 - Wärmeleitfähigkeit
- Fertigungseigenschaften
 - Gute Gieß- und Umformbarkeit
 - Sehr gute Spanbarkeit (Kühlbohrungen)

2. Fertigungsleichtbau: Exkurs

Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit aus Temperatur, Dichte und Wärmekapazität

$$\lambda(T) = a(T) \cdot \rho(T) \cdot c_p(T)$$



Laser-Flash



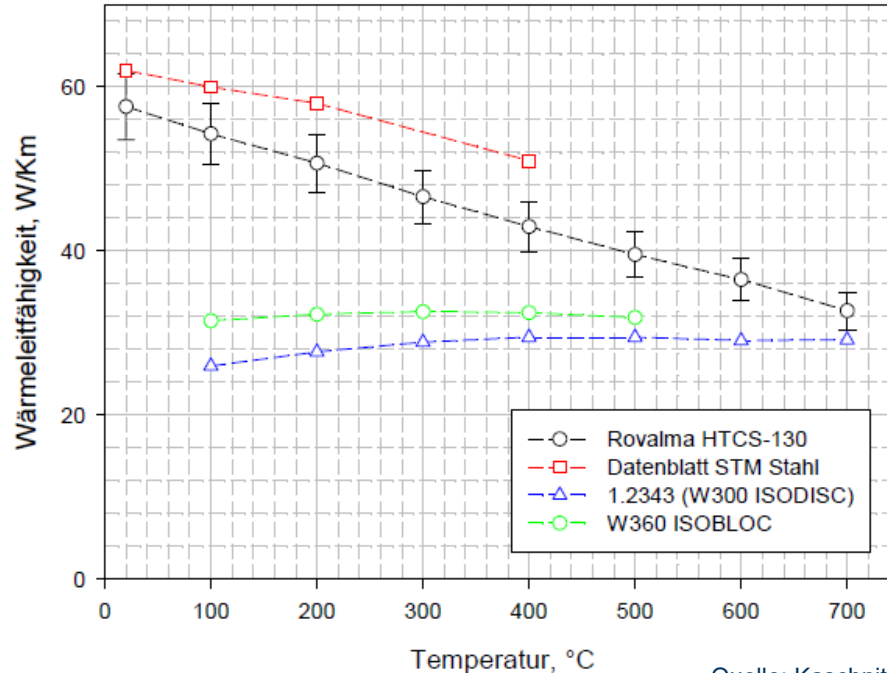
Dilatometer



DSC

2. Fertigungsleichtbau: Wärmeleitfähigkeit

Bei erhöhter Temperatur



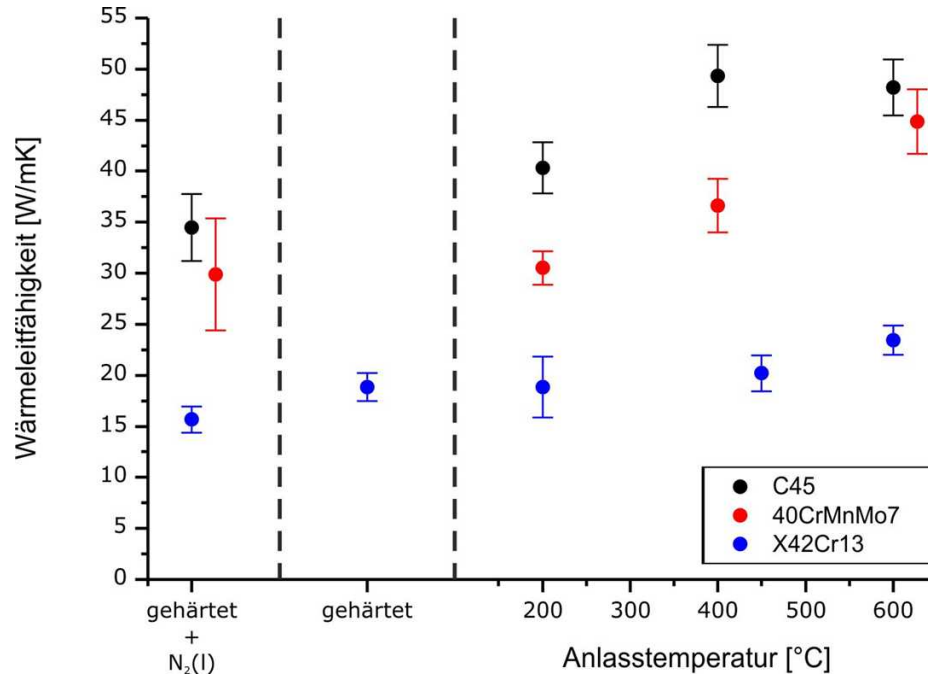
1.2343=X38CrMoV5-1

W360 = X50CrMoV5-3-1

Quelle: Kaschnitz: Einfluss thermophysikalischer Daten auf die Simulation, 2010

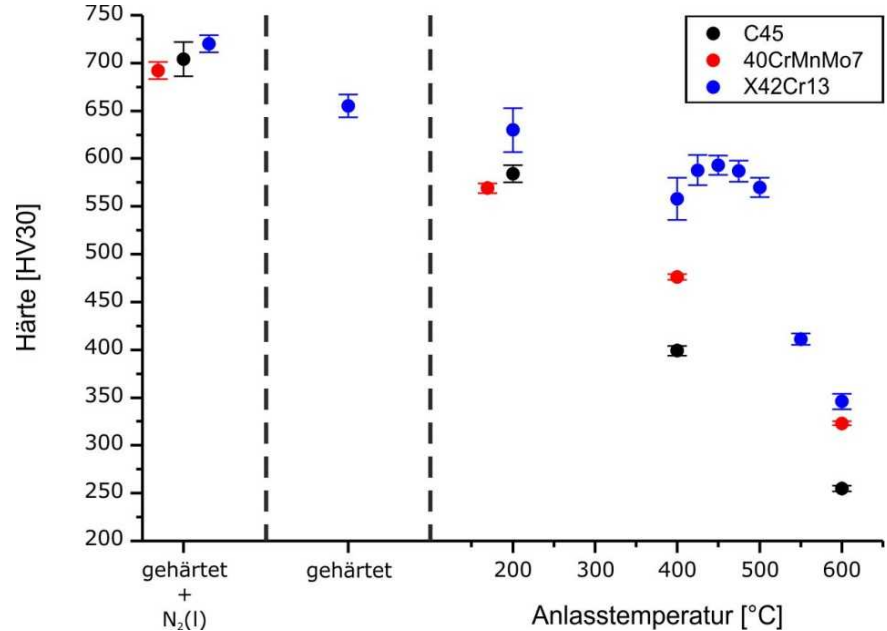
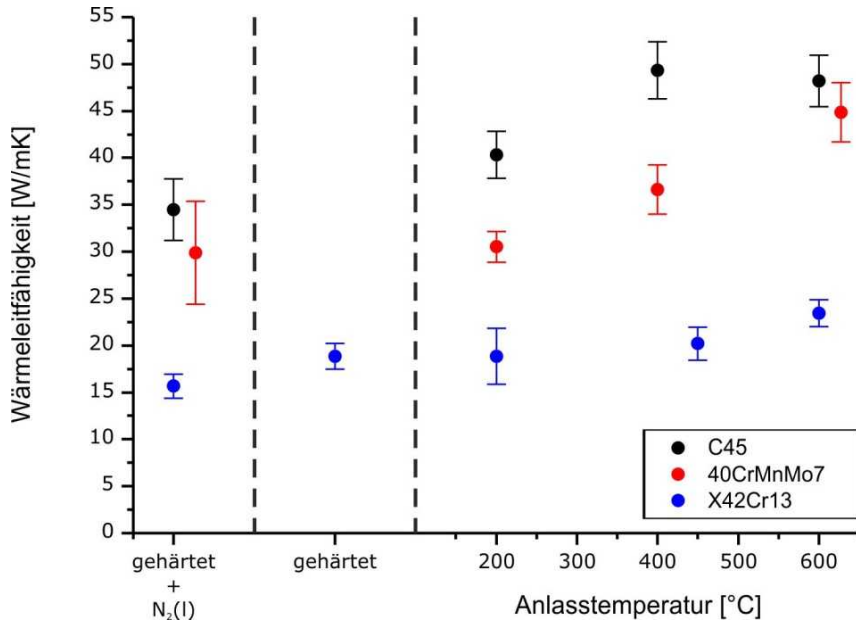
2. Fertigungsleichtbau: Wärmeleitfähigkeit

Einfluss der Wärmebehandlung



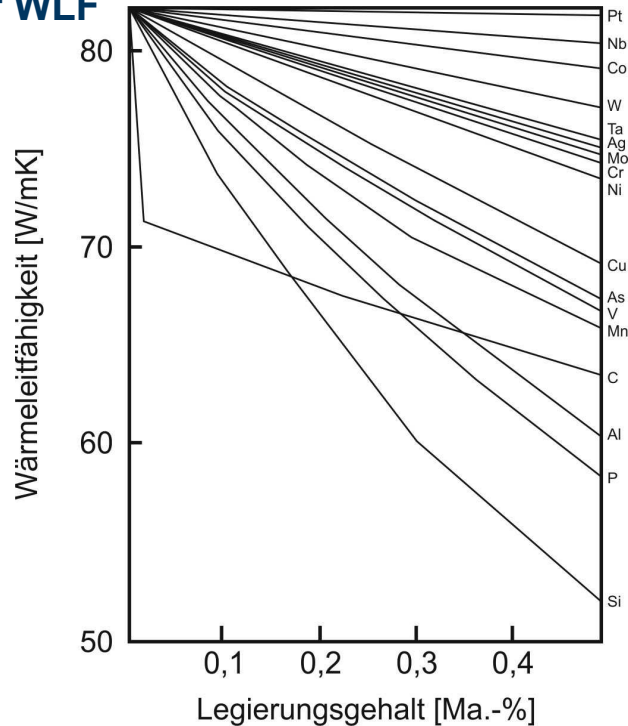
2. Fertigungsleichtbau: Wärmeleitfähigkeit & Härte

Einfluss der Wärmebehandlung



2. Fertigungsleichtbau: Wärmeleitfähigkeit

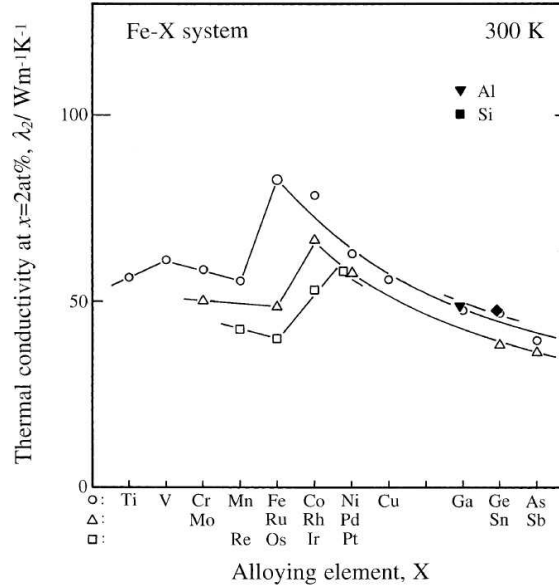
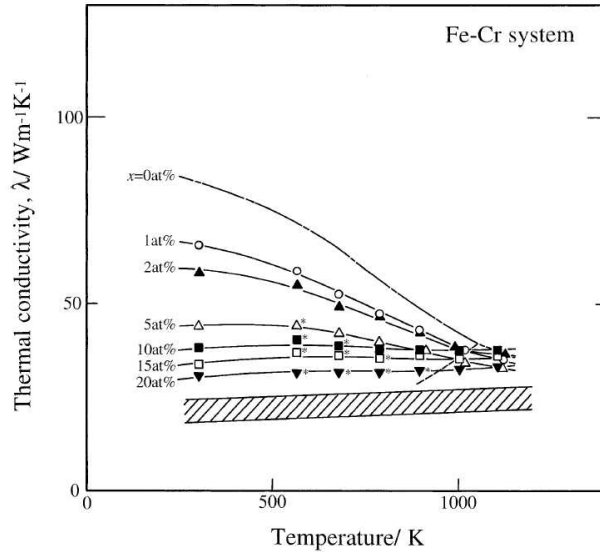
Elementeinfluss auf WLF



Olejniov: "Thermal conductivity of pure iron", Teplofiz. Vys. Temp., Vol. 19 (1981), No. 3, p. 533-542

2. Fertigungsleichtbau: Wärmeleitfähigkeit

Elementeinfluss auf WLF



Yoshihiro Terada et al.: "Effects of Alloying Additions on Thermal Conductivity of ferritic Iron", ISIJ International, Vol. 42 (2002), No. 3, pp. 322-324

2. Fertigungsleichtbau: Presshärten

mit segmentierten Umformwerkzeugen

- Grundkörper: z.B. GG25
- Werkstoff: 1.2379 / 1.2382
CP4M®/GP4M®/CP4MPLUS
- Härten: 58 - 62 Hrc
(Beschichtung ist möglich)
- Vorteil: schnelle Verfügbarkeit, Reparatur freudig, Flexibilität, Vakuumhärtung, reduzierte HSC-Bearbeitung, Beschichtungsmöglichkeiten,
- Nachteil: begrenzte Abmessungen, großer Zerspanungs- und Fertigungsaufwand, Anschneiden von Seigerungsbereichen, Segmentstöße, Blechteilqualität, etc.



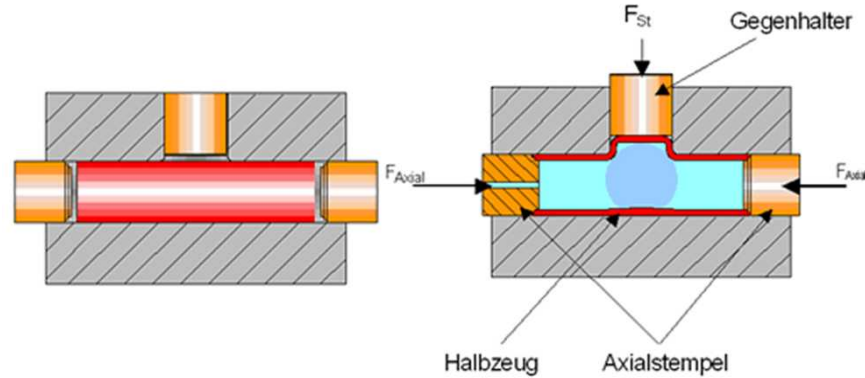
3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

Hydroforming



3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

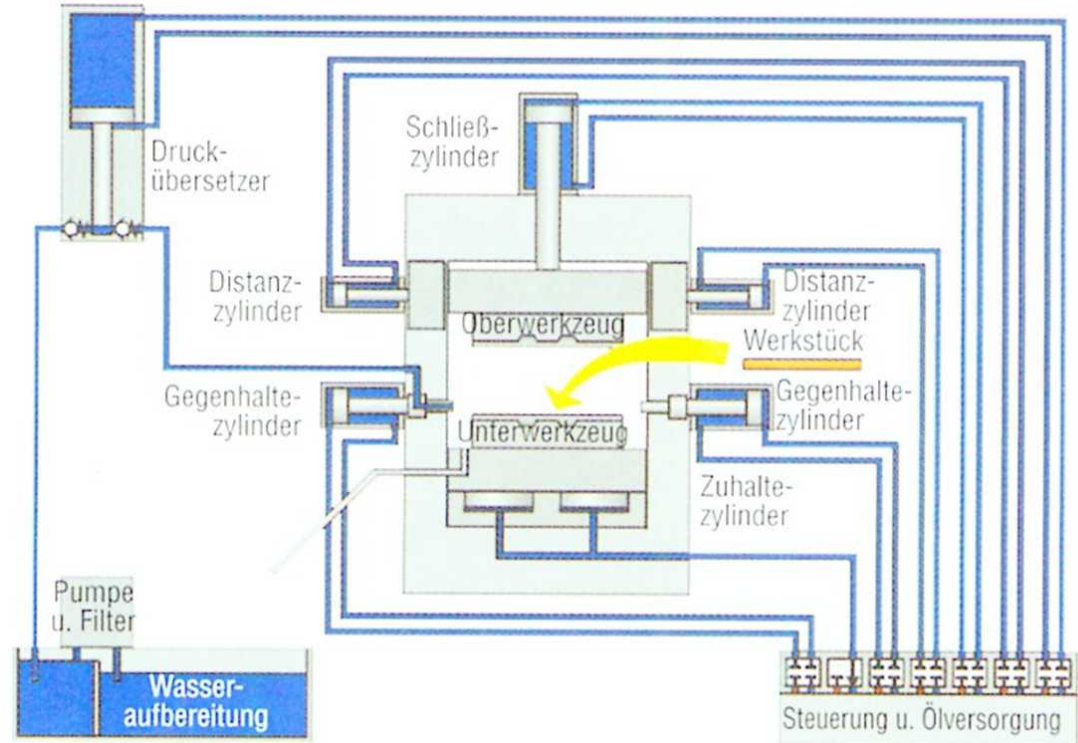
Schematische Darstellung



3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

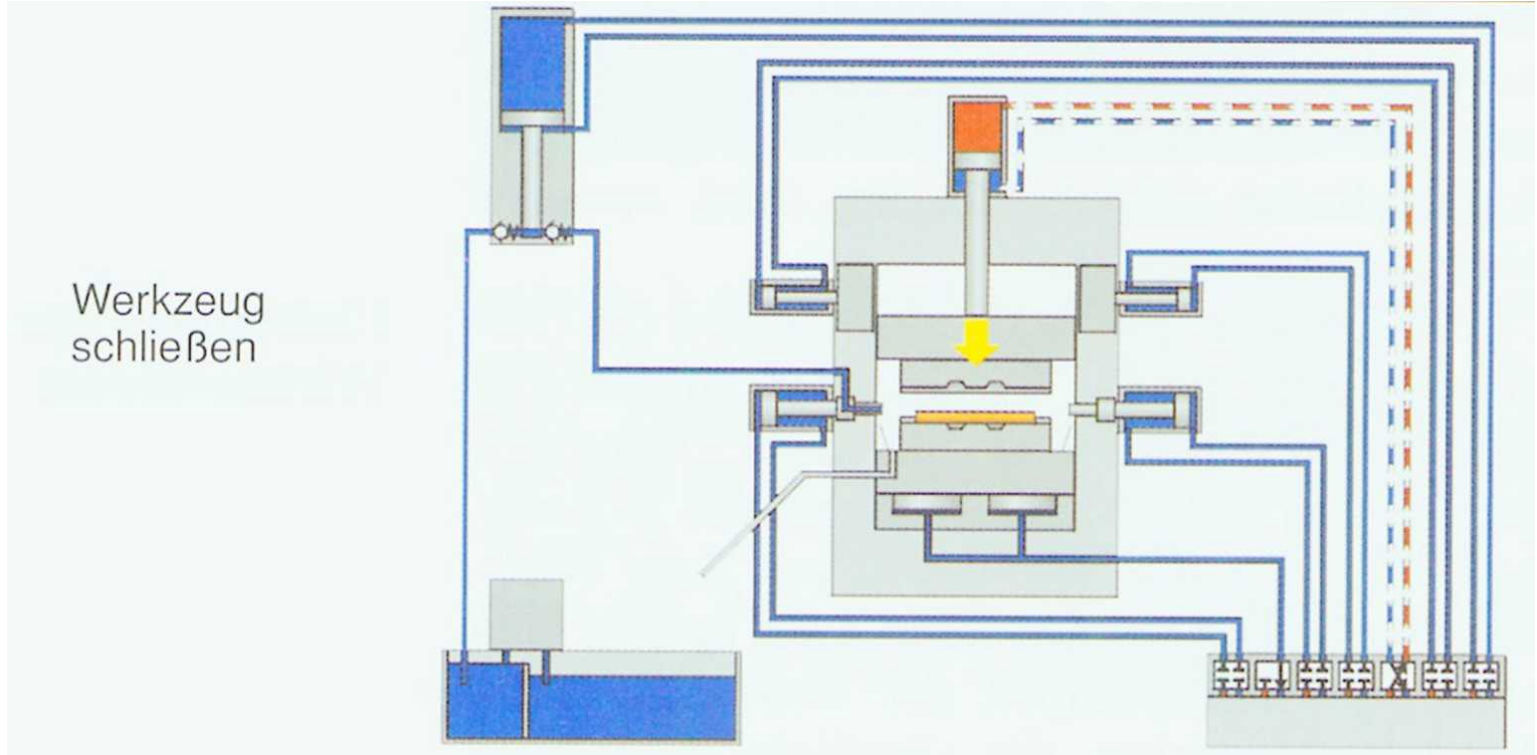
Ablauf

Werkstück
einlegen



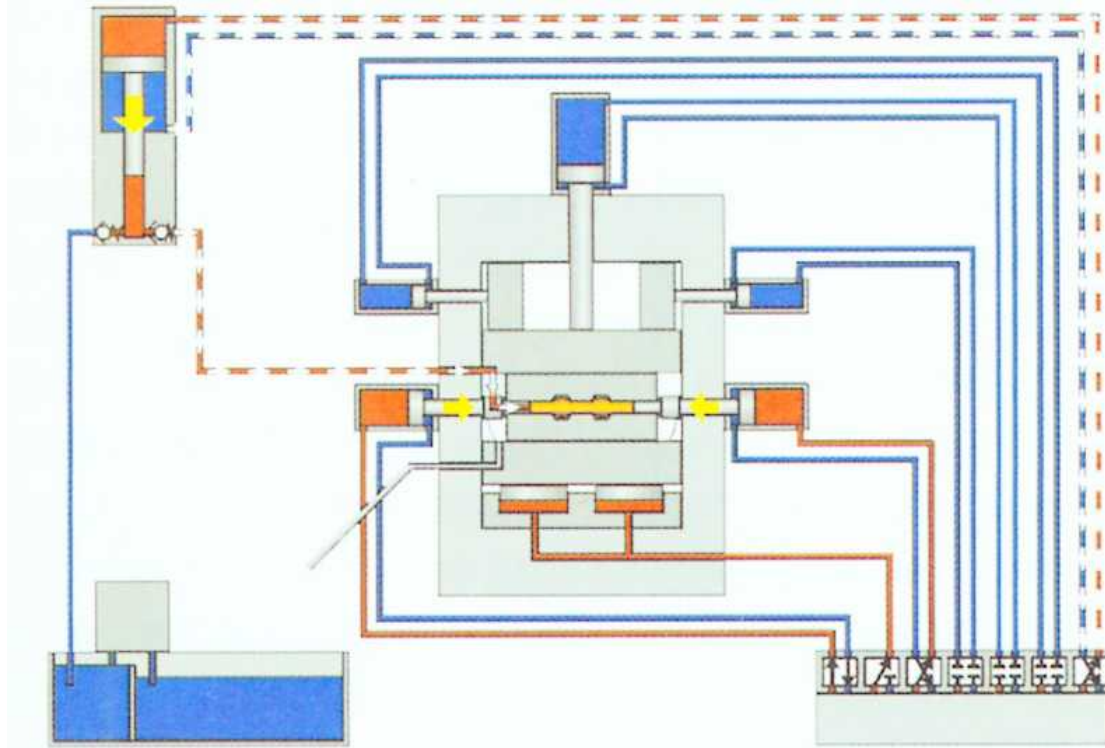
3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

Ablauf



3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

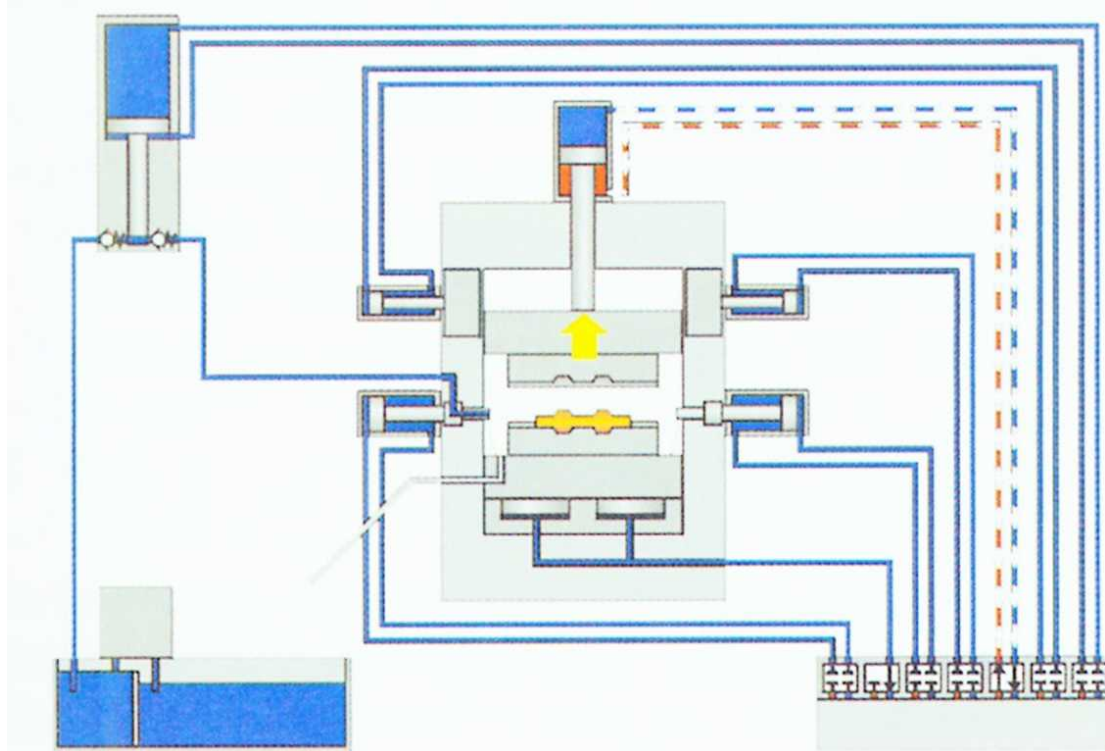
Ablauf



Werkstück
umformen

3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

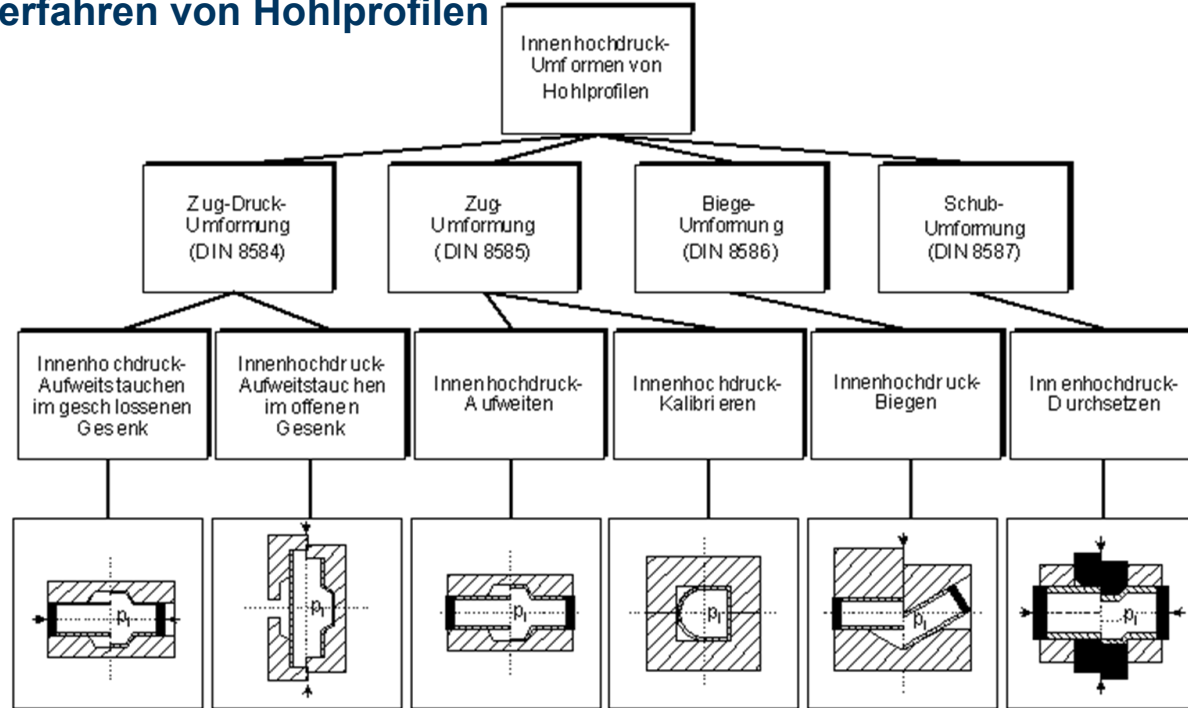
Ablauf



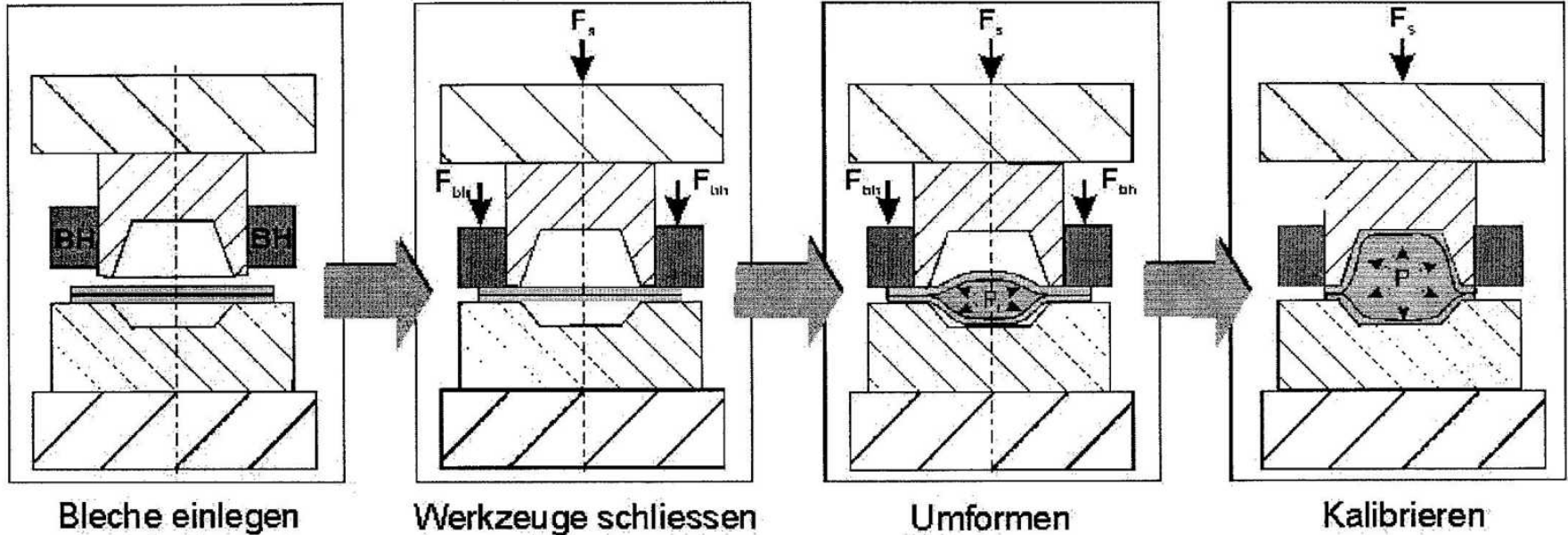
Werkzeug
öffnen

3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

Gliederung der Verfahren von Hohlprofilen



3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU) von Doppelblechen



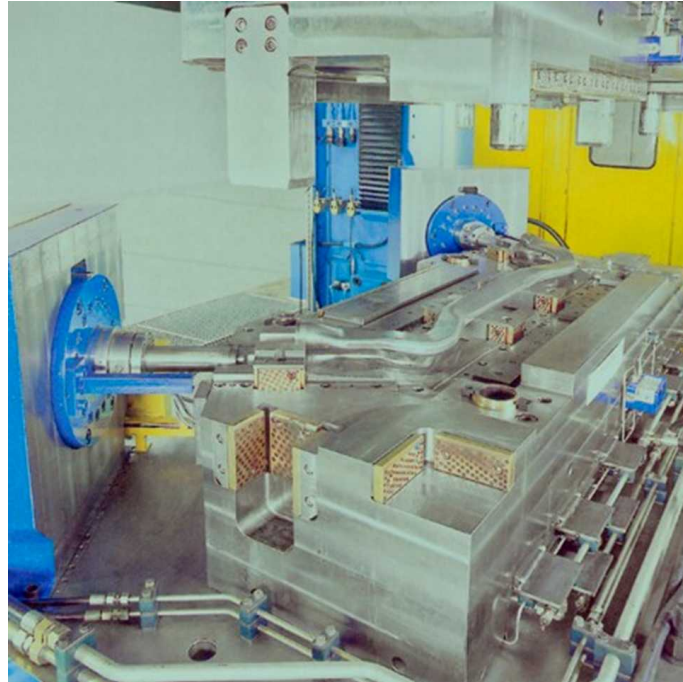
3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

Gefertigte Teile



3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

Serienwerkzeug für Fahrzeugkomponenten



3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

Karosserieteile auf Basis von IHU-Komponenten



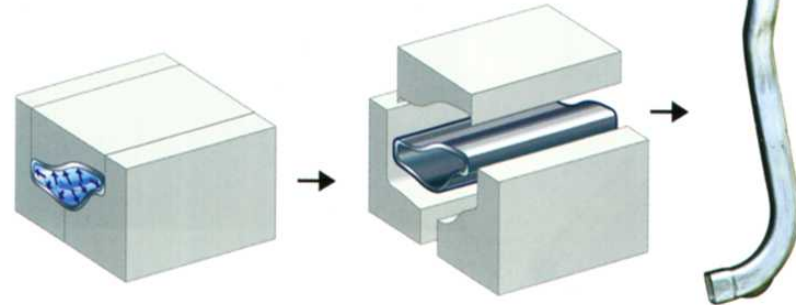
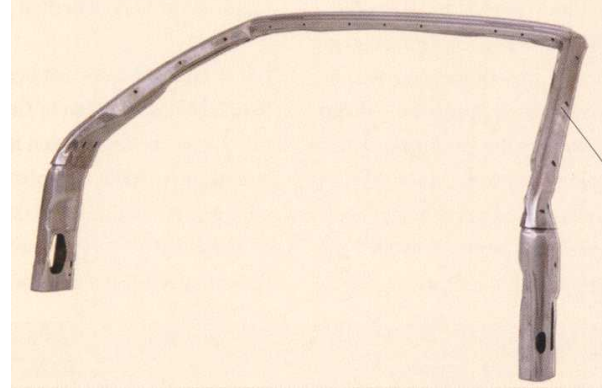
3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

Anwendungen im Automobil



3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

Anwendungen im Automobil



Zusammenfassung

- Es wird zwischen Stoff-, Formen- und Fertigungsleichtbau unterschieden.
- Das Presshärten vereint Aspekte aller drei Leichtbauarten.
- Es wird zwischen dem direkten und dem indirekten Presshärten unterschieden.
- Pressgehärtet werden heutzutage Blechplatinen mit typischen Stärken von $< 1,5\text{mm}$
- Gängigster Presshärtestahl ist 22MnB5: Niedrige Kosten, günstiges Umwandlungsverhalten durch das Legieren mit B und Mn (vgl. „Bainit“).
- Für Presshärte-Werkzeuge sind besondere Eigenschaften gefordert, u.a. hohe WLF.
- WLF von Fe-Legierungen u.a. abhängig von Zusammensetzung, Temperatur und Wärmebehandlungszustand. Merke: Die WLF ist keine Stoffkenngröße, die alleine aus der Zusammensetzung abzuleiten ist !
- IHU ermöglicht die Fertigung komplexer (Leichtbau-) Strukturen.
- Wirkmedien üben Druck von innen auf ein meist rohrförmiges Ausgangsmaterial aus.
- Äußere Kontur des Bauteils wird durch die Werkzeughälften vorgegeben.
- Wichtig für Verfahrensauslegung: Grenz-Formänderungskurven.
- IHU besonders geeignet für Metalle mit hoher Duktilität.

Überprüfungsfragen

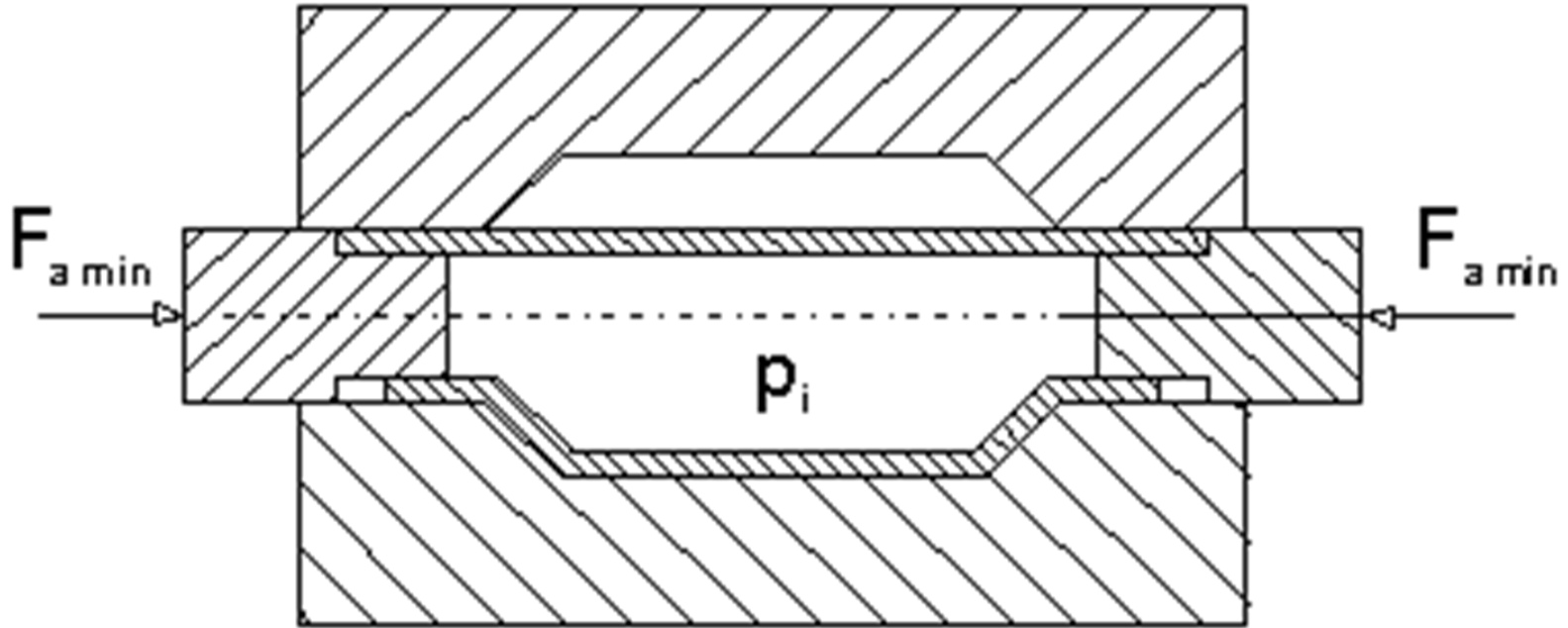
1. Wie können Werkstoffe für ihre Eignung als Leichtbauwerkstoff beurteilt werden?
2. Was sind die Vorteile des Presshärtens gegenüber einer Kaltumformung martensitischer Blechwerkstoff?
3. Welche Anforderungen werden durch das direkte Presshärten an den Werkzeugwerkstoff gestellt?
4. Wie unterscheiden sich das direkte und das indirekte Presshärten?
5. Nennen Sie Vor- und Nachteile einer Halbwarmumformung, z.B. an einem Anwendungsbeispiel der Fa. Sona BLW.
6. Vergleichen Sie qualitativ die RT-Wärmeleitfähigkeit der Stähle X20Cr13 und C15 jeweils in einem gehärteten, nicht angelassenen Zustand! Was ändert sich durch eine einmalige Anlassbehandlung dieser Stähle bei 650°C für 1h?
7. Beschreiben Sie das Innenhochdruckumformen! Wodurch werden die durch IHU bearbeitbaren Werkstoffe begrenzt?
8. Können Sie sich eine Kopplung der Prozesse „Presshärten“ und „IHU“ vorstellen? Diskutieren Sie dies im Detail!
9. Nennen Sie jeweils zwei Vor- und Nachteile segmentierter Umformwerkzeuge.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und Ihre Mitarbeit !

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Weber
Fakultät für Maschinenbau
Lehrstuhl Werkstofftechnik
Universitätsstr. 150, IC 03-319
D-44801 Bochum

3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

Aufweiten im geschlossenen Werkzeug



3. Fertigungsleichtbau: Innenhochdruckumformung (IHU)

Aufweiten im geschlossenen Werkzeug

