

Warmarbeitsstahl



Deutsche
Edelstahlwerke

Member of Swiss Steel Group

Werkzeuge aus Warmarbeitsstahl	04
Deutsche Edelstahlwerke – die Experten für Warmarbeitsstahl	05
Prozesssicherheit von der Beratung bis zum Endprodukt	06
Technologie und Erfahrung – Ihr Garant für Premiumqualität	08
Umschmelzen nach Maß	09
Individuell abgestimmte Wärmebehandlung	09
Warmarbeitsstahl für die unterschiedlichsten Fertigungsverfahren	10
Übersicht Warmarbeitsstahl	11
Druckgießen	12
Eigenschaften und Anwendungen für Druckgussstahl	14
Stahl für das Druckgießen	15
Strangpressen	17
Eigenschaften und Anwendungen von Stahl für das Strangpressen	18

Stahl für das Strangpressen	19
Gesenkschmieden	20
Eigenschaften und Anwendungen von Schmiedestahl	22
Stahl für das Schmieden	23
Glasherstellung	25
Eigenschaften und Anwendungen von Stahl für die Glasverarbeitung	26
Stahl für die Glasverarbeitung	27
Rohrherstellung	28
Eigenschaften und Anwendungen von Stahl für die Rohrherstellung	30
Stahl für die Rohrherstellung	31
Werkstoffdatenblätter	33
Verarbeitungshinweise	60
Härtevergleichstabelle	72



Werkzeuge aus Warmarbeitsstahl

Die Bedeutung des Werkzeugstahls geht weit über allgemein geläufige Vorstellungen hinaus. Nahezu alle Gegenstände, mit denen wir täglich zu tun haben und die uns umgeben, werden mit Hilfe von Werkzeugstahl hergestellt.

Für Warmarbeitsstahl gibt es ein breites Verwendungsfeld. Aus ihm gefertigte Werkzeuge werden in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen eingesetzt.

Warmarbeitsstahl dient der spanlosen Formgebung von Werkstücken aus Eisen und Nichteisenmetallen und deren Legierungen bei höheren Temperaturen. Er wird sowohl für das Druckgießen, Strangpressen, Gesenkschmieden als auch für die Rohr- und Glasherstellung verwendet.

Während seines Einsatzes wird Warmarbeitsstahl überwiegend höheren Temperaturen von mehr als 200 °C ausgesetzt. Gefügeänderungen dürfen bei ihm nicht auftreten. Deshalb muss sein Gefüge hinreichend stabil und anlassbeständig sein.

Werkzeuge aus Warmarbeitsstahl unterliegen im Einsatz neben der Dauertemperatur auch einer wechselnden thermischen Belastung, die an den Kontaktflächen des Werkzeuges mit dem zu verarbeitenden Werkstoff auftritt.

Diese thermische Belastung, in Verbindung mit der Verschleißbeanspruchung durch Abrieb oder Schlag, stellt ganz bestimmte Anforderungen an den Warmarbeitsstahl. Die Hauptanforderungen sind hohe Anlassbeständigkeit, Temperaturwechselbeständigkeit, Warmfestigkeit, Warmzähigkeit und Verschleißwiderstand.

Alle Eigenschaften lassen sich aber nicht gleichzeitig und gleichwertig in einer Stahlsorte realisieren. Die teils erheblich wechselnden Beanspruchungen von Werkzeugart zu Werkzeugart sind nicht mit Stählen aus einem eng abgegrenzten Legierungsbereich zu erfüllen. Deshalb muss die Stahlauswahl nach den primären Beanspruchungskriterien des Werkzeuges erfolgen.

Die Verwendung von hochwertigem Warmarbeitsstahl ist deshalb entscheidend, um bei der späteren Produktion hohe Wirtschaftlichkeit und hohe Produktivität zu erzielen.

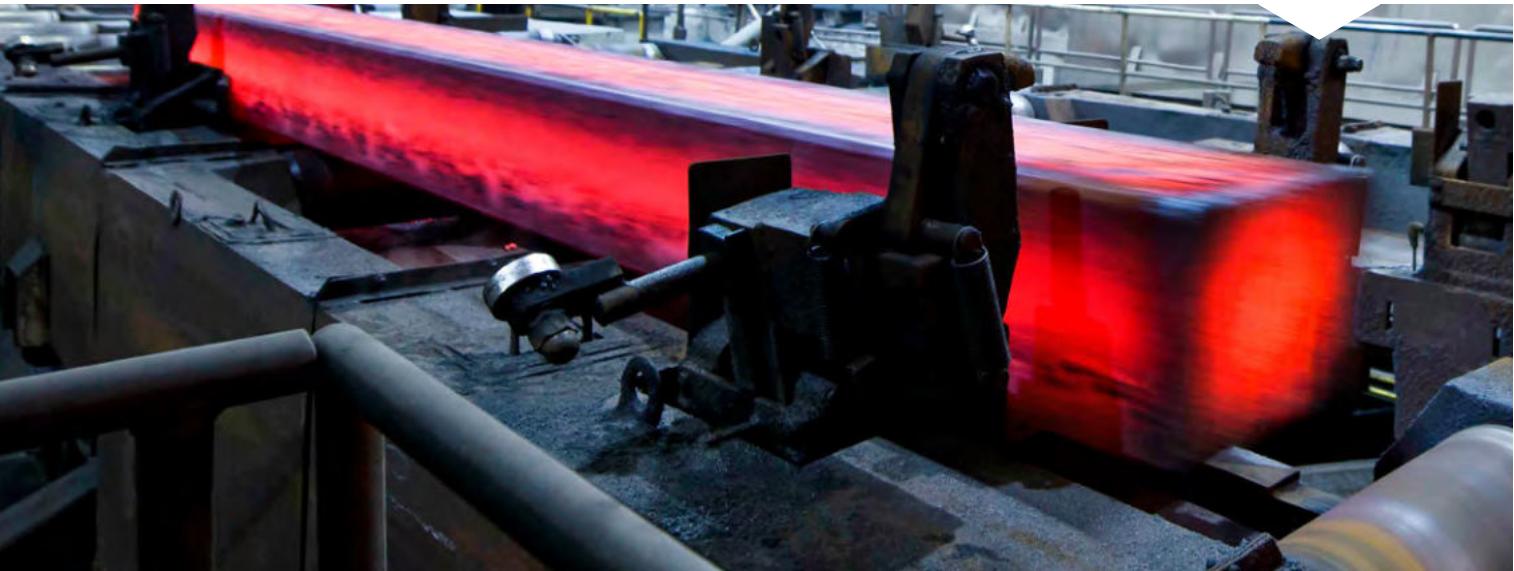


Deutsche Edelstahlwerke – die Experten für Warmarbeitsstahl

Warmarbeitsstahl der Deutschen Edelstahlwerke zeichnet sich durch höchste Lebensdauer aus und kann individuell auf die unterschiedlichsten Anforderungen an das jeweilige Werkzeug bzw. an das Verarbeitungsverfahren abgestimmt werden. Durch den Einsatz modernster Technologie erfüllt Warmarbeitsstahl der Deutschen Edelstahlwerke höchste Anforderungen hinsichtlich:

- » Anlassbeständigkeit
- » Temperaturwechselbeständigkeit
- » Warmfestigkeit und Warmzähigkeit
- » Warmverschleißwiderstand
- » Widerstand gegen Erosion, Hochtemperaturkorrosion und Oxidation
- » Zerspanbarkeit
- » Geringer Klebeneigung

Um sowohl Werkzeugbauern als auch Verarbeitern, Herstellern und industriellen Anwendern die für ihre Anforderungen optimalen Voraussetzungen zu bieten, reicht die Dienstleistung der Deutschen Edelstahlwerke weit in den Bereich der kunden- und anwendungsspezifischen Beratung und Produktentwicklung hinein.



Prozesssicherheit von der Beratung bis zum Endprodukt.

An Werkzeuge aus Warmarbeitsstahl werden je nach Anwendung sehr unterschiedliche Anforderungen gestellt. Um diese optimal zu realisieren, hat die richtige Auswahl und Behandlung des Stahls entscheidenden Einfluss auf die Qualität und Wirtschaftlichkeit der Produktion.

Technische Beratung

Wir bieten Ihnen kompetente Beratung von der Auswahl des besten Stahls über Fragen der Wärmebehandlung bis hin zur Neuentwicklung spezifischer Werkzeugstähle. Unser Know-how und die technische Beratung bedeuten für Sie größtmögliche Sicherheit für die Produktion von Anfang an. So lassen sich im Vorfeld alle Faktoren optimal abstimmen und Produktionskosten minimieren.

Unsere Techniker und Werkstoffspezialisten stehen aber auch dann mit Rat und Tat zur Verfügung, wenn Standzeitprobleme bei Werkzeugen auftreten. Durch Schadensanalysen und Werkstoffprüfungen sind sie in der Lage, Erkenntnisse für eine schnelle und nachhaltige Schadensbehebung zu liefern.

Bearbeitung und Service

Unser leistungsstarkes Team sowie hochmoderne Werkzeugmaschinen gewährleisten die notwendige Flexibilität und Schnelligkeit, um nahezu jede Kundenanforderung zu realisieren. So kann gewalzter oder geschmiedeter Stabstahl nach dem Richten geschält bzw. gedreht, druckpoliert und angefast werden. Vierkant- bzw. Rechteckformate werden gefräst oder geschliffen. Rotationssymmetrische Teile bis zu 22 Tonnen Stückgewicht werden auf modernen Walz- und Schmiedeaggregaten hergestellt und auf Dreh-, Schleif- und Fräsmaschinen bearbeitet. Im Werk Witten werden Produkte des Werkzeug- und Formenbaus mit modernsten Maschinen computergesteuert gefertigt.

Die Produkt- und Fertigungspalette der Deutschen Edelstahlwerke reicht vom vorgefrästen Block über Präzisionsflach- und Präzisionsvirkantstahl bis hin zu fertigen Formteilen mit Stückgewichten bis zu 40 Tonnen. Auf Wunsch werden Formteile bis auf 0,3 mm an die Fertigkontur vorgearbeitet. Auch anspruchsvolle Sonderprodukte, wie fertig bearbeitete und verchromte Dornstangen für die Herstellung von nahtlosen Rohren, gehören zu unserem vielseitigen Lieferprogramm.

Qualität

Um eine gleichbleibende und reproduzierbare Qualität zu garantieren, stützen wir uns auf unser aktives und zertifiziertes Managementsystem nach ISO 9001, ISO/TS 16949, ISO 14001, AS 9100KTA 1401 und desweiteren auf unsere akkreditierten Prüflaboratorien nach ISO/IEC 17025. Von der Erschmelzung bis zum Abguss, von der Innen-, Oberflächen- und Identitätskontrolle in den Walzwerks- und Schmiedeadjustagen bis hin zu mechanisch-technologischen Prüfungen von Proben werden alle Fertigungsabläufe überwacht, kontrolliert und gesteuert. Dass sich unsere Kunden auf diese Qualität verlassen können, beweisen sowohl alle wichtigen Zulassungen der Automobilindustrie (CNOMO, GM, Ford) als auch die bedeutender Institutionen wie VDG, DGM und NADCA.

Thermoschockbeständigkeit

Die Fähigkeit eines Stahls, wiederholt ablaufende Temperaturveränderungen ohne Oberflächenschäden zu verkraften, ist insbesondere bei Warmarbeitsstahl gefordert. Die optimale Thermoschockbeständigkeit und Zähigkeit wird durch höhere Legierungszusätze erreicht. Um dies zu gewährleisten und optimal aufeinander abzustimmen, gibt es unser Labor des Prüfwesens. Dort wird die thermische Belastung auf

einer speziell entwickelten Thermoschockanlage simuliert. Innerhalb von Sekunden wird hier Stahl einer Temperaturveränderung von weit über 500 °C ausgesetzt. Die Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen fließen kontinuierlich bei der Entwicklung und Herstellung unseres Warmarbeitsstahls mit ein.

Umfangreiches Lager- und Lieferprogramm

Die Deutschen Edelstahlwerke liefern individuelle Maße ab Lager und mit kurzen Lieferzeiten. Mit der breiten Palette der Werkzeugstähle erfüllen wir lückenlos jede Qualitätsanforderung. Zudem stehen ständig rund 10.000 Tonnen Werkzeugstähle in mehreren tausend Abmessungen zur Verfügung. Natürlich stellen wir auch alle Spezialprodukte her, die als Vormaterial für die Herstellung von Werkzeugen benötigt werden.

Stahlerzeugung aus einer Hand

Von der Beratung über die Stahlerzeugung, von der Veredelung durch Wärmebehandlung sowie der individuellen Anarbeitung des Stahls bis hin zur weltweiten Lieferung garantieren wir unseren Kunden Maßarbeit aus einer Hand. Damit sie mit jedem Werkzeug und jedem Verarbeitungsverfahren stets das gleiche Maß an Präzision erzielen.

Weltweite Verfügbarkeit

Egal, wo auf dem Globus der ausgewählte Stahl benötigt wird, über das Distributionsnetz der Swiss Steel Group garantieren die Deutschen Edelstahlwerke Lieferzuverlässigkeit, Schnelligkeit und stets gleichbleibend hohe Qualität.



Technologie und Erfahrung – Ihr Garant für Premiumqualität

Die eigene Stahlerzeugung in unseren modernen Stahlwerken ist die Basis für die Reinheit und Homogenität unserer Werkzeugstähle. Durch präzise legierungs- und verfahrenstechnische Vorgaben in Erschmelzung, Formgebung und Wärmebehandlung werden genau definierte Eigenschaften erzielt.

Werkzeugstahl der Deutschen Edelstahlwerke wird in 130-Tonnen-Elektrolichtbogenöfen erschmolzen.

Anschließend erfolgt die analytische Feinabstimmung im Pfannenofen, bevor der Stahl vor dem Abguss vakuumiert wird.

Zum Vergießen der metallurgisch fertig behandelten Schmelzen kommen bei den Deutschen Edelstahlwerken, je nach Abmessung des Endproduktes, zwei Gießverfahren zur Anwendung: das Bogen- und optimierte Vertikalstranggießverfahren oder – für große Schmiedearbeitstücke – das Blockgussverfahren.

Umschmelzen nach Maß

Für Werkzeugstähle, an die besonders hohe Ansprüche hinsichtlich Homogenität, Zähigkeit und Reinheitsgrad gestellt werden, stehen bei den Deutschen Edelstahlwerken mehrere Elektro-Schlacke-Umschmelzöfen (ESU) und Lichtbogen-Vakuumöfen (LBV) zur Verfügung.

Die Entscheidung, welches der Verfahren das geeignetste ist, wird durch die gewünschte Qualität definiert, die der umgeschmolzene Stahl erreichen soll. Mit dem Elektro-Schlacke-Umschmelzverfahren wird ein deutlich besserer sulfidischer Reinheitsgrad gegenüber nicht umgeschmolzenem Stahl erzielt. Beim Lichtbogen-Vakuumverfahren wird dagegen besonders der oxidische Reinheitsgrad verbessert.

Individuell abgestimmte Wärmebehandlung

Die Deutschen Edelstahlwerke blicken auf jahrzehntelange Tradition und Erfahrung in allen Bereichen der Wärmebehandlung zurück. Darauf aufbauend können wir die gesamte Produktionskette – von der Stahlerzeugung über die Anarbeitung bis zur Veredelung durch Wärmebehandlung – aus einer Hand und in den wichtigsten Märkten der Welt anbieten. So schaffen wir die Voraussetzungen für optimale Werkzeugqualität.

In unseren weltweit vorhandenen Härtereien stehen uns neben Vakuum-Härteöfen auch Schutzgasanlagen und Plasmanitrieranlagen für thermochemische Behandlungen zur Verfügung. Computergesteuerte Prozessabläufe von der Wareneingangskontrolle bis zum fertigen wärmebehandelten Produkt ermöglichen jederzeit eine Reproduzierbarkeit der Wärmebehandlung.

Unser Kunden-Plus

Durch ein von uns entwickeltes Präzisionshärteverfahren in der Schutzgasanlage sind wir in der Lage, den Verzug schlanker Bauteile, wie z. B. Leisten, auf ein Minimum zu reduzieren.



Warmarbeitsstahl für die unterschiedlichsten Fertigungsverfahren

Die Funktionalität des Warmarbeitsstahls ist durch die chemische Zusammensetzung, die Herstellungstechnologie und die Wärmebehandlung definiert. Die richtige Auswahl und Verwendung des Warmarbeitsstahls bedeutet für die Anwender eine erhebliche Kosteneinsparung und größere Produktionssicherheit.

Die Deutschen Edelstahlwerke liefern für alle Fertigungsverfahren optimalen Warmarbeitsstahl. Um höheren Anforderungen gerecht zu werden, bedarf es einer speziellen Wärmebehandlung. Diese Stähle liefern die Deutschen Edelstahlwerke mit dem Zusatz EFS (extrafeine Struktur).

Für allerhöchste Anforderungen werden diese Stähle zusätzlich umgeschmolzen. Sie sind dann mit dem Zusatz Superclean bzw. Ultraclean gekennzeichnet.

Auf den nächsten Seiten werden neben den Verfahren und Anwendungsbereichen auch die entsprechenden und wichtigsten Stahlqualitäten der Deutschen Edelstahlwerke vorgestellt. Im Einzelnen sind das die folgenden Umformverfahren und dafür empfohlene Stähle:

- » Druckgießen
- » Strangpressen
- » Schmieden
- » Glasverarbeitung
- » Rohrherstellung

Übersicht Warmarbeitsstahl

Marke	Druck-gießen	Strang-pressen	Schmieden	Glasver-arbeitung	Rohrher-stellung
Formadur® 2083 Superclean				●	
Thermodur® 2329		●			
Thermodur® 2342 EFS					●
Thermodur® 2343 EFS	●	●	●		●
Thermodur® 2343 EFS Superclean	●	●	●		
Thermodur® 2344 EFS	●	●	●	●	●
Thermodur® 2344 EFS Superclean	●	●	●	●	
Thermodur® 2365 EFS	●	●	●		
Thermodur® 2367 EFS	●	●	●		
Thermodur® 2367 EFS Superclean	●	●	●		
Cryodur® 2709	●				
Thermodur® 2714		●	●		
Thermodur® 2740					●
Thermodur® 2782 Superclean				●	
Thermodur® 2787				●	
Thermodur® 2787 Superclean				●	
Thermodur® 2999 EFS Superclean	●		●		
Thermodur® E 38 K Superclean	●	●	●		

Stähle für Hilfs- und Aufbauwerkzeuge

Formadur® 2312	●	●	●		
Cryodur® 2379	●		●		
Formadur® 2738	●				
Cryodur® 2842	●				

Druckgießen

Druckgießen ist eines der wirtschaftlichsten Fertigungsverfahren in der Gießereiindustrie, das für hohe Maßgenauigkeit und Gleichmäßigkeit in großer Serie steht.

Bei diesem Verfahren wird flüssiges Metall mit hoher Geschwindigkeit in einen Formhohlraum gepresst. Die Druckwirkung, unter der das flüssige Metall selbst in engste Querschnitte der Gießform strömt, ist maßgebend für die konturgenaue Formwiedergabe, die zu den besonderen Vorteilen des Druckgießens zählt.

Um kurze Zykluszeiten zu erreichen und gleichzeitig die thermische Beanspruchung der Druckgießform zu minimieren, werden Druckgussteile überwiegend dünnwandig konstruiert. Die Druckgießform unterliegt im Gießbetrieb hohen mechanischen und thermischen Beanspruchungen. Der Formstandzeit kommt deshalb in der Praxis eine besondere Bedeutung zu.

Diese Haltbarkeit der Druckgießform ist entscheidend von der Qualität des Warmarbeitsstahls, seiner Herstellung und der Wärmebehandlung abhängig. Die sorgfältige Auswahl des richtigen Stahls und das gezielte Aussteuern der individuellen Legierung haben deshalb entscheidende Auswirkungen auf die Qualität, Sicherheit und Lebensdauer des Druckgießwerkzeuges.

Da die Temperaturunterschiede und Wechselintervalle beim Druckgießen sehr hoch und – je nach Metall – auch sehr unterschiedlich sind, steht für den Druckgießer die Temperaturwechselbeständigkeit des Warmarbeitsstahls an oberster Stelle.

Insgesamt muss sich der Stahl durch folgende Eigenschaften auszeichnen:

- » Hohe Temperaturwechselbeständigkeit
- » Hohe Warmfestigkeit
- » Hohe Warmzähigkeit
- » Hohe Wärmeleitfähigkeit
- » Hoher Warmverschleißwiderstand
- » Hohe Druckfestigkeit

Egal welches Material auf welcher Maschine verarbeitet werden soll, bei den Deutschen Edelstahlwerken erhalten Sie Hochleistungsstahl, der weltweit Maßstäbe für Warmarbeitsstahl setzt.

Unser Plus für Werkzeugbauer

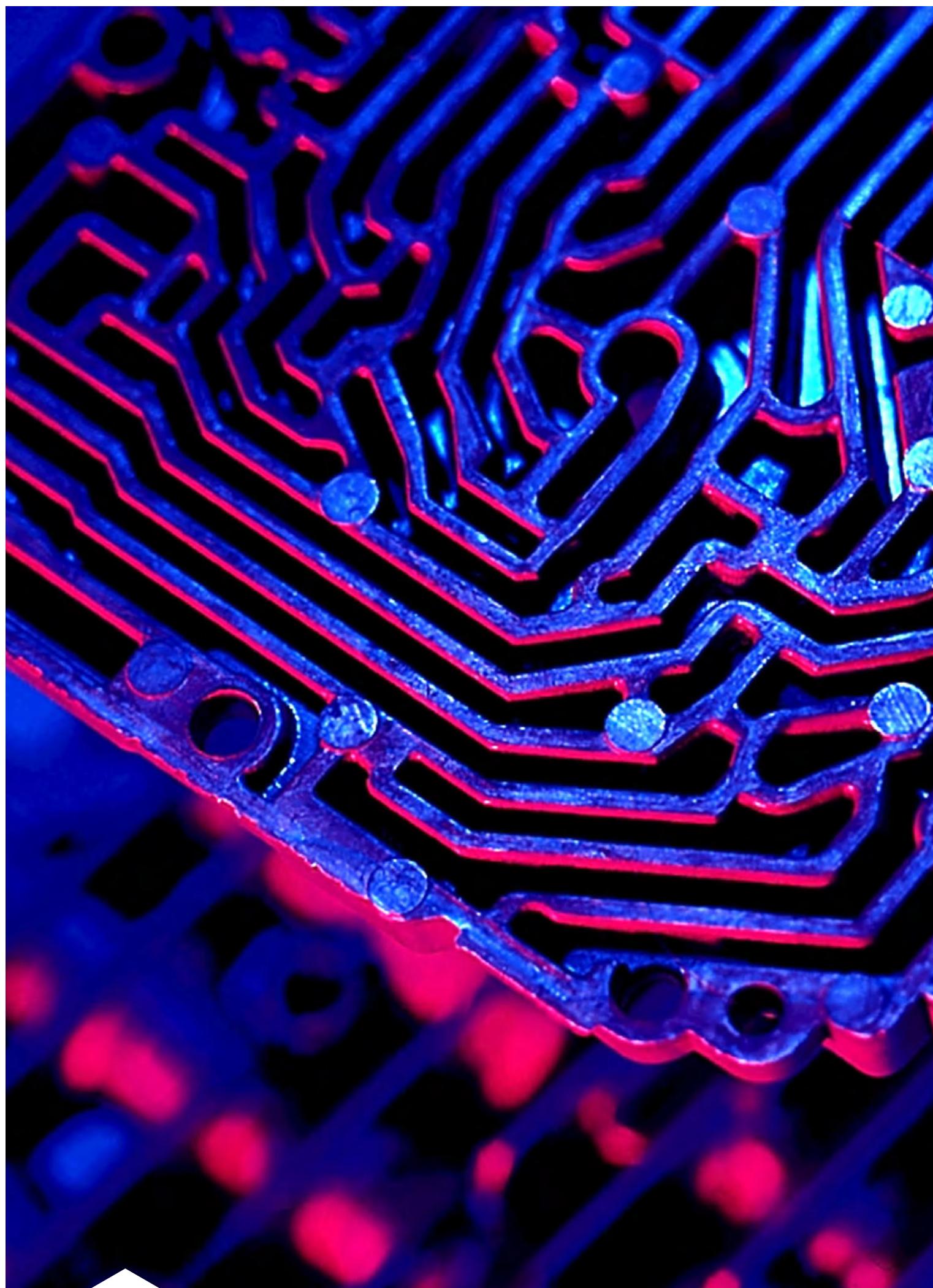
- » Termintreue
- » Gleichmäßige Qualität
- » Wirtschaftliche Zerspanbarkeit
- » Einfache Wärmebehandlung
- » Gute Reparaturschweißbarkeit
- » Kompetente Beratung
- » Kurze Lieferzeiten

Unser Plus für Druckgießer

- » Hohe Lebensdauer
- » Geringe Werkzeug- und Stückkosten
- » Gute Warmrissbeständigkeit
- » Geringer Reparaturaufwand
- » Gute Reparaturschweißbarkeit
- » Weniger Werkzeugwechsel
- » Technische Beratung
- » Formstabilität

Unser Plus für Anwender

- » Hohe Lebensdauer
- » Geringe Teilekosten
- » Reproduzierbare Qualität der Druckgussteile
- » Technische Beratung



Eigenschaften und Anwendungen für Druckgussstahl

Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Verschleißwiderstand	Zähigkeit	Warmrissbeständigkeit	Wärmeleitfähigkeit
Thermodur® 2343 EFS Superclean	●	● ●	●	●
Thermodur® 2344 EFS Superclean	● ●	●	●	●
Thermodur® 2365 EFS Superclean	● ●	●	● ●	● ● ●
Thermodur® 2367 EFS Superclean	● ●	● ●	● ●	● ●
Thermodur® 2885 EFS	● ●	●	● ●	● ● ●
Thermodur® 2999 EFS Superclean	● ● ● ●	●	● ● ●	● ● ●
Thermodur® E 38 K Superclean	●	● ● ●	●	●

Stahlauswahl für Formenrahmen und für die mit dem Metall in Berührung kommenden Teile von Druckgießformen

Werkzeug für Al/Al-, Zn/Sn-, Pb-Legierungen	Marke	Härte im Einbauzustand in HRC (Anhaltswerte)
Formrahmen	Cryodur® 1730 Formadur® 2312	(ca. 650 N/mm²) (ca. 1000 N/mm²)
Formeinsatz, Schieber, Kern	Thermodur® 2343 EFS Superclean Thermodur® 2344 EFS Superclean Thermodur® 2367 EFS Superclean Thermodur® E 38 K Superclean	44 – 48 44 – 46 44 – 46 44 – 48
Mundstück, Gießkammer	Thermodur® 2343 EFS Superclean Thermodur® 2344 EFS Superclean Thermodur® 2367 EFS Superclean	44 – 48 44 – 46 44 – 46
Auswerfer	Thermodur® 2344 EFS Superclean	44 – 48

Stahlauswahl für Formenrahmen und für die mit dem Metall in Berührung kommenden Teile von Druckgießformen

Werkzeug für Cu/Cu-Legierungen	Marke	Härte im Einbauzustand in HRC (Anhaltswerte)
Formrahmen	Formadur® 2312	(ca. 1000 N/mm²)
Formeinsatz, Schieber, Kern	Thermodur® 2365 EFS Superclean Thermodur® 2367 EFS Superclean Thermodur® 2885 EFS Thermodur® 2999 EFS Superclean	38 – 43 38 – 43 38 – 43 38 – 43
Mundstück, Gießkammer	Thermodur® 2365 EFS Superclean Thermodur® 2367 EFS Superclean Thermodur® 2999 EFS Superclean	38 – 43 38 – 43 38 – 43
Auswerfer	Thermodur® 2344 EFS Superclean	44 – 48

Stahl für das Druckgießen

Die Deutschen Edelstahlwerke bieten eine breite Palette homogener Stähle für Druckgießwerkzeuge.

Um die Lebensdauer einer Form sowie die Sicherheit und die Wirtschaftlichkeit zu optimieren, empfehlen wir die Hochleistungsstähle aus der Thermodur®-Superclean-Gruppe. Stellvertretend für das Gesamtangebot sind hier folgende Stahlsorten herausgestellt:

Thermodur® E 38 K Superclean ist ein universell verwendbarer Warmarbeitsstahl, der sich wegen seiner gegenüber Thermodur® 2343 EFS verbesserten Zähigkeit besonders für großformatige Druckgießwerkzeuge eignet.

Thermodur® 2343 EFS ist ein universell verwendbarer Warmarbeitsstahl, der sich wegen seines hohen Zähigkeitspotenzials besonders erfolgreich bei größer dimensionierten Formen für die Verarbeitung von Leichtmetalllegierungen bewährt hat. Aber auch für Schmiedegesenke, Armierungsringe und Warmscherenmesser wird er eingesetzt. Herausragende Eigenschaften von Thermodur® 2343 EFS sind die hohe Warmfestigkeit und Zähigkeit sowie die gute Wärmeleitfähigkeit und Warmrissunempfindlichkeit.

Thermodur® 2344 EFS ist ein Warmarbeitsstahl mit breitem Anwendungsspektrum. Wegen der besseren Warmfestigkeit und des höheren Warmverschleißwiderstands im Vergleich mit Thermodur® 2343 EFS eignet er sich besonders für kleinere bis mittelgroße Formen zur Produktion von Druckgießteilen aus Leichtmetall.

Thermodur® 2367 EFS vereinigt die guten Eigenschaften von Thermodur® 2343 EFS und 2344 EFS bei verbesserter Warmfestigkeit und Temperaturbeständigkeit. Dank der hohen Anlassbeständigkeit und Thermoschockbeständigkeit eignet sich Thermodur® 2367 EFS für die Produktion von besonders hochtemperaturbelasteten Druckgießteilen aus Leichtmetall.



Strangpressen

Das Strangpressen ist ein Warmumformungsverfahren zur Herstellung von Drähten, Rohren und insbesondere von formkomplizierten Voll- oder Hohlprofilen. Dabei wird ein auf Verformungstemperatur erwärmer Block mit hohem hydraulischem Druck durch die formgebende Matrize gepresst. Hauptsächlich wird dieses Verfahren für Aluminiumlegierungen, Messing und andere Kupferlegierungen sowie Stahl angewendet.

Die Werkzeuge, die direkt mit dem Pressgut in Berührung kommen, also Pressscheibe, Innenbüchse und Matrize, sind während des Pressvorgangs einer extrem hohen Beanspruchung durch Druck, Temperatur und Reibung ausgesetzt.

Entscheidend beim Strangpressen ist u. a. die Maß- und Formbeständigkeit der Matrize, damit anspruchsvolle Produkte von gleichbleibend hoher Qualität erzeugt werden können. Ein guter Warmverschleißwiderstand und eine hohe Warmfestigkeit sind deshalb die Hauptanforderungen, die an den Stahl für das Werkzeug gestellt werden.

Die hohe Qualität der Warmarbeitsstähle aus der ThermoDur-EFS- und -Superclean-Gruppe der Deutschen Edelstahlwerke erfüllen diese Anforderungen perfekt und sorgen für deutlich höhere Standzeiten und deutlich bessere Formstabilität.

Unser Plus für Werkzeugbauer

- » Termintreue
- » Gleichmäßige Qualität
- » Wirtschaftliche Zerspanbarkeit
- » Einfache Wärmebehandlung
- » Gute Reparaturschweißbarkeit
- » Kompetente Beratung
- » Kurze Lieferzeiten
- » Gemeinsame Werkstoffentwicklung

Unser Plus für Strangpresser

- » Hohe Lebensdauer
- » Hervorragende Formbeständigkeit
- » Geringe Stückkosten pro Werkzeug
- » Weniger Reparaturaufwand
- » Gute Reparaturschweißbarkeit
- » Weniger Werkzeugwechsel
- » Technische Beratung

Eigenschaften und Anwendungen von Stahl für das Strangpressen

Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Härte	Verschleißwiderstand	Zähigkeit	Formbeständigkeit	Schweißbarkeit
Thermodur® 2343 EFS	●	●	●	●	●
Thermodur® 2344 EFS	●	● ●	●	●	●
Thermodur® 2365 EFS	●	● ● ●	●	● ●	●
Thermodur® 2367 EFS	●	● ● ●	● ●	● ●	●
Thermodur® 2885 EFS	●	● ● ●	●	● ●	●
Thermodur® 2999 EFS Superclean	●	● ● ● ●	●	● ●	●
Thermodur® E 38 K Superclean	●	●	● ● ●	● ●	●

Stahlauswahl für Verschleißwerkzeuge

Werkzeug	Legierung	Verwendung	Marke	Härte im Einbauzustand in HRC (Anhaltswert)
Matrizen, Brücken-, Kammer- und Spiderwerkzeuge (sowie Stege und Einsätze für oben genannte Werkzeuge)	Zink- und Bleilegierungen	Für Rohre, Stangen und Profile	Thermodur® 2343 EFS Thermodur® 2344 EFS	44 – 48 44 – 48
	Leichtmetalllegierungen	Für Stangen, Profile und Rohre bei üblicher Beanspruchung	Thermodur® 2343 EFS Thermodur® 2344 EFS	44 – 48 44 – 48
		Für Sonderprofile und Rohre bei hoher Beanspruchung	Thermodur® 2367 EFS Thermodur® E 38 K Superclean	44 – 48 44 – 48
	Schwermetalllegierungen	Für Stangen, Profile und Rohre	Thermodur® 2365 EFS Thermodur® 2367 EFS Thermodur® 2885 EFS	44 – 48 44 – 48 44 – 48
	Stahl	Für Profile und Rohre	Thermodur® 2343 EFS Thermodur® 2344 EFS Thermodur® 2999 EFS Superclean	44 – 48 44 – 48 44 – 48

Stahlauswahl für Hilfswerkzeuge

Werkzeug	Marke	Härte im Einbauzustand in HRC (Anhaltswerte)
Matrzenhalter	Thermodur® 2714 Thermodur® 2329 Thermodur® 2343 EFS	41 – 46 41 – 46 41 – 46
Stützwerkzeuge	Thermodur® 2714 Thermodur® 2329 Thermodur® 2343 EFS	35 – 44 35 – 44 35 – 44
Druckring, Druckplatte, Drucktopf und Dornhalter	Thermodur® 2714 Thermodur® 2329	38 – 46 38 – 46
Werkzeughalter und Werkzeugaufnehmer	Thermodur® 2714 Thermodur® 2329	35 – 44 35 – 44
Stauchstempel, Abscherstempel, Abscherdorn	Thermodur® 2344 EFS	41 – 48

Stahl für das Strangpressen

Die Deutschen Edelstahlwerke bieten eine Palette homogener Stähle für das Strangpressen an.

Stellvertretend für das Gesamtangebot sind hier folgende Stahlsorten herausgestellt, die alle auf günstigste Einbaufestigkeit vergütet werden können. Die beschriebenen Stähle empfehlen sich für Brückenwerkzeuge zur Herstellung von Leichtmetallrohren und Rohrprofilen sowie für Innenbüchsen, Pressmatrizen, Pressscheiben und Pressdorne.

Thermodur® 2343 EFS ist ein universell verwendbarer Warmarbeitsstahl, der sich wegen seines hohen Zähigkeitspotenzials besonders erfolgreich für größer dimensionierte Strangpressmatrizen bewährt hat. Herausragende Eigenschaften von Thermodur® 2343 EFS sind die hohe Warmfestigkeit und Zähigkeit sowie die gute Wärmeleitfähigkeit und Warmrissunempfindlichkeit.

Für größere Abmessungen und eine höhere Zähigkeit empfehlen wir, Thermodur® 2343 EFS Superclean (ESU) zu verwenden.

Thermodur® E 38 K Superclean wird für besonders formschwierige Profile verwendet.

Thermodur® 2344 EFS ist ein Warmarbeitsstahl mit breitem Anwendungsspektrum. Wegen der besseren Warmfestigkeit und des höheren Warmverschleißwiderstands im Vergleich mit Thermodur® 2343 EFS eignet er sich für kleinere bis mittelgroße Strangpressmatrizen. Für größere Abmessungen und eine höhere Zähigkeit empfehlen wir, Thermodur® 2344 EFS Superclean (ESU) zu verwenden.

Thermodur® 2329 ist ein weiterentwickelter Stahl für Druckplatten und andere Hilfswerkzeuge. Er zeichnet sich durch eine optimierte Bearbeitbarkeit besonders durch Brennschneiden aus.

Gesenkschmieden

Gesenkschmieden ist ein industriell weit verbreitetes Umformverfahren zur Herstellung von Schmiedeteilen in hohen Stückzahlen.

Grundanforderung an die Werkstoffe für die verschiedenen Schmiedewerkzeuge sind:

- » Hohe Anlassbeständigkeit
- » Hohe Warmfestigkeit
- » Hohe Warmzähigkeit
- » Hohe Warmrissunempfindlichkeit
- » Höchster Warmverschleißwiderstand

Je nach Schmiedeverfahren sind die Schmiedegesenke unterschiedlich hoher thermischer, mechanischer, chemischer und tribologischer Beanspruchung ausgesetzt.

Die Wahl des richtigen Werkzeugstahls richtet sich damit in erster Linie nach dem jeweiligen Schmiedeverfahren.

Hammergesenke

Beim Schmieden unter einem Hammer ist die mechanische Beanspruchung extrem hoch, die Erwärmung jedoch geringer. Für die Vollgesenke, bei denen die Kontaktzeit zwischen Werkzeug und Schmiedeteil sehr kurz ist, hat deshalb hohe Zähigkeit die oberste Priorität.

Pressengesenke

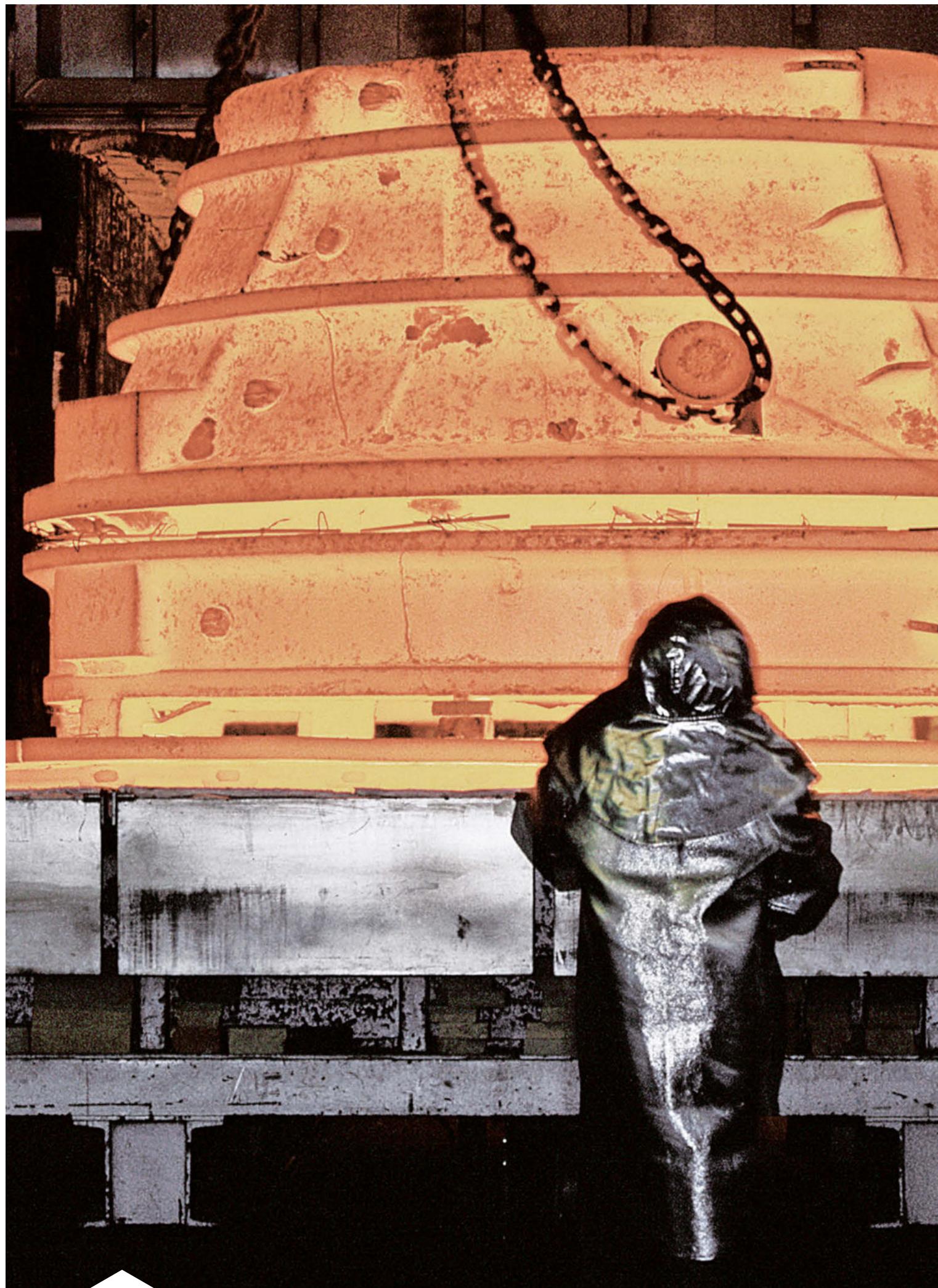
Beim Schmieden in einer Presse ist die mechanische Beanspruchung des Gesenkes niedriger, die Temperaturbelastung allerdings sehr hoch. Für Pressengesenke sind daher Gesenkeinsätze aus höherlegiertem Stahl notwendig. Speziell für diesen Bedarf haben die Deutschen Edelstahlwerke die Gruppe der Cr-Mo-V-legierten Stähle gezielt weiterentwickelt.

Schnellschmiedemaschinen

Das Schmieden auf Schnellschmiedemaschinen, die mit hoher Frequenz 80 und mehr Teile pro Minute herstellen, stellt ganz besondere Anforderungen an den Stahl. Wegen der hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit und der starken Wasserkühlung sind hier nur hochlegierte Stähle im Einsatz, die sich durch hohen Warmverschleißwiderstand und hohe Wärmeleitfähigkeit auszeichnen.

Unser Plus für Schmieden

- » Höchste Formbeständigkeit
- » Hohe Lebensdauer
- » Gute Kühlfähigkeit
- » Schnelle Taktzeiten
- » Weniger Werkzeugwechsel
- » Geringe Stückkosten
- » Gute Reparaturschweißbarkeit
- » Weniger Reparaturaufwand
- » Technische Beratung



Eigenschaften und Anwendungen von Schmiedestahl

Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Härte	Zähigkeit	Warmverschleiß	Wärmeleitfähigkeit
Thermodur® 2714	○	● ● ●	○	● ●
Thermodur® 2343 EFS	●	●	●	●
Thermodur® 2344 EFS	●	●	●	●
Thermodur® E 38 K	●	● ●	●	●
Thermodur® 2365 EFS	●	●	●	● ●
Thermodur® 2367 EFS	●	●	● ●	● ●
Thermodur® 2999 EFS Superclean	● ●	●	● ● ●	● ● ●

Stahlauswahl für das Schmieden

Schmiedeart	Werkzeug	Marke	Härte im Einbauzustand in HRC (Anhaltswerte)
Unter einem Hammer	Mutter-, Vollgesenk	Thermodur® 2714	38 – 52
	Gesenkeinsatz	Thermodur® 2343 EFS Thermodur® 2344 EFS Thermodur® 2999 EFS Superclean	41 – 52 41 – 52 41 – 52
	Schlagsaum	Thermodur® 2714	49 – 52
Unter einer Presse	Vollgesenk	Thermodur® 2714 Thermodur® 2343 EFS Thermodur® 2344 EFS Thermodur® 2365 EFS Thermodur® 2367 EFS Thermodur® 2999 EFS Superclean	38 – 52 41 – 50 41 – 50 41 – 50 41 – 50 41 – 50
	Muttergesenk	Thermodur® 2714	30 – 43
	Gesenkeinsatz	Thermodur® 2344 EFS Thermodur® 2365 EFS Thermodur® 2367 EFS Thermodur® 2999 EFS Superclean	41 – 50 41 – 50 41 – 50 41 – 50
	Matrize, Dorn	Thermodur® 2344 EFS Thermodur® 2365 EFS Thermodur® 2999 EFS Superclean	41 – 50 41 – 50 41 – 50

Stahlauswahl für Abgratwerkzeuge

Werkzeug	Marke	Härte im Einbauzustand in HRC (Anhaltswerte)
Ungepanzerte Schnittplatten	Thermodur® 2714 Thermodur® 2343 EFS Thermodur® 2344 EFS	44 – 50 44 – 54 44 – 54
Gepanzerte Schnittplatten	Cryodur® 1730 Thermodur® 2714	(ca. 650 N/mm ²) 44 – 50



Stahl für das Schmieden

Für Schmiedewerkzeuge liefern die Deutschen Edelstahlwerke ein ausgesuchtes Sortiment vergüteter bzw. geglühter Stähle.

Für die jeweiligen Anwendungen und Schmiedeverfahren weisen die Stähle eine gute Zähigkeit oder hohe Härte, einen guten Warmverschleiß und eine gute Wärmeleitfähigkeit auf. Stellvertretend für das komplette Produktprogramm sind hier neben den Standardstählen Thermodur® 2343 EFS und Thermodur® 2344 EFS für hohe Anforderungen die folgenden Stähle herausgestellt:

Thermodur® 2365 EFS ist der weltweit gefragteste Werkzeugstahl für Schnellschmiedewerkzeuge. Der Grund dafür ist seine hohe Warmrissunempfindlichkeit sowie seine gute Wärmeleitfähigkeit, wodurch der Werkstoff auch eine intensive Wasserkühlung ertragen kann. Die Warmfestigkeit erreicht ebenfalls sehr hohe Werte, daher wird der Stahl besonders für hochtemperaturbelastete Werkzeuge verwendet.

Thermodur® 2714 ist ein zäher Gesenkstahl mit hoher Anlassbeständigkeit und Durchvergütung. Üblicherweise wird er geglüht oder auch im auf 1300 N/mm² vergüteten Zustand geliefert. Thermodur® 2714 ist ein Standardstahl für Schmiedegesenke aller Art. Dank seines Nickelgehaltes ist er besonders schlagzäh und damit hervorragend für große Hammergesenke und Formteilpressgesenke zu empfehlen.

Thermodur® 2999 EFS ist ein speziell für die Anforderungen der Schmiedeindustrie neu entwickelter Hochleistungsstahl, der für die Warmumformung von Schwermetallen konzipiert wurde. Die hohe Warmfestigkeit und Warmverschleißbeständigkeit resultieren aus dem Molybdängehalt von 5 % und bewirken eine hohe Lebensdauer der Schmiedewerkzeuge. Die sehr gute Wärmeleitfähigkeit über den gesamten Einsatztemperaturbereich macht Thermodur® 2999 EFS für die Verwendung in Schnellschmiedemaschinen besonders attraktiv.



Glasherstellung

Die hohen optischen Anforderungen, die an Glasprodukte gestellt werden, lassen sich nur mit Werkzeugstahl höchster Qualität erfüllen.

Unterschiedliche Verarbeitungsmethoden, Verarbeitungstemperaturen und chemische Zusammensetzungen erfordern unterschiedliche Werkzeugstähle und lassen sich nicht mit einem „Allround-Stahl“ realisieren.

Die Anforderungen, die an Stahl für die Glasverarbeitung gestellt werden, sind:

- » Zunderbeständigkeit
- » Warmfestigkeit
- » Maßbeständigkeit bei Temperaturbelastung
- » Wärmeleitfähigkeit
- » Temperaturwechselbeständigkeit
- » Chemische Beständigkeit
- » Polierfähigkeit
- » Widerstand gegen Hochtemperaturkorrosion

Durch verschiedene Legierungselemente wie z. B. Chrom, Silizium und Aluminium – für die sehr wichtige Zunderbeständigkeit – erreicht der Warmarbeitsstahl der Deutschen Edelstahlwerke die optimale Qualität für die jeweilige Anforderung. Darüber hinaus zeichnet sich der Stahl für die Glasverarbeitung durch hohe Reinheit und sehr gleichmäßige Gefügestruktur aus.

Unser Plus für Werkzeugbauer

- » Termintreue
- » Gleichmäßige Qualität
- » Wirtschaftliche Zerspanbarkeit
- » Gemeinsame Werkstoffentwicklung
- » Kompetente Beratung
- » Kurze Lieferzeiten

Unser Plus für Glasverarbeiter

- » Hohe Lebensdauer
- » Formstabilität
- » Höhere Stückzahlen
- » Weniger Werkzeugwechsel
- » Technische Beratung
- » Geringe Stückkosten

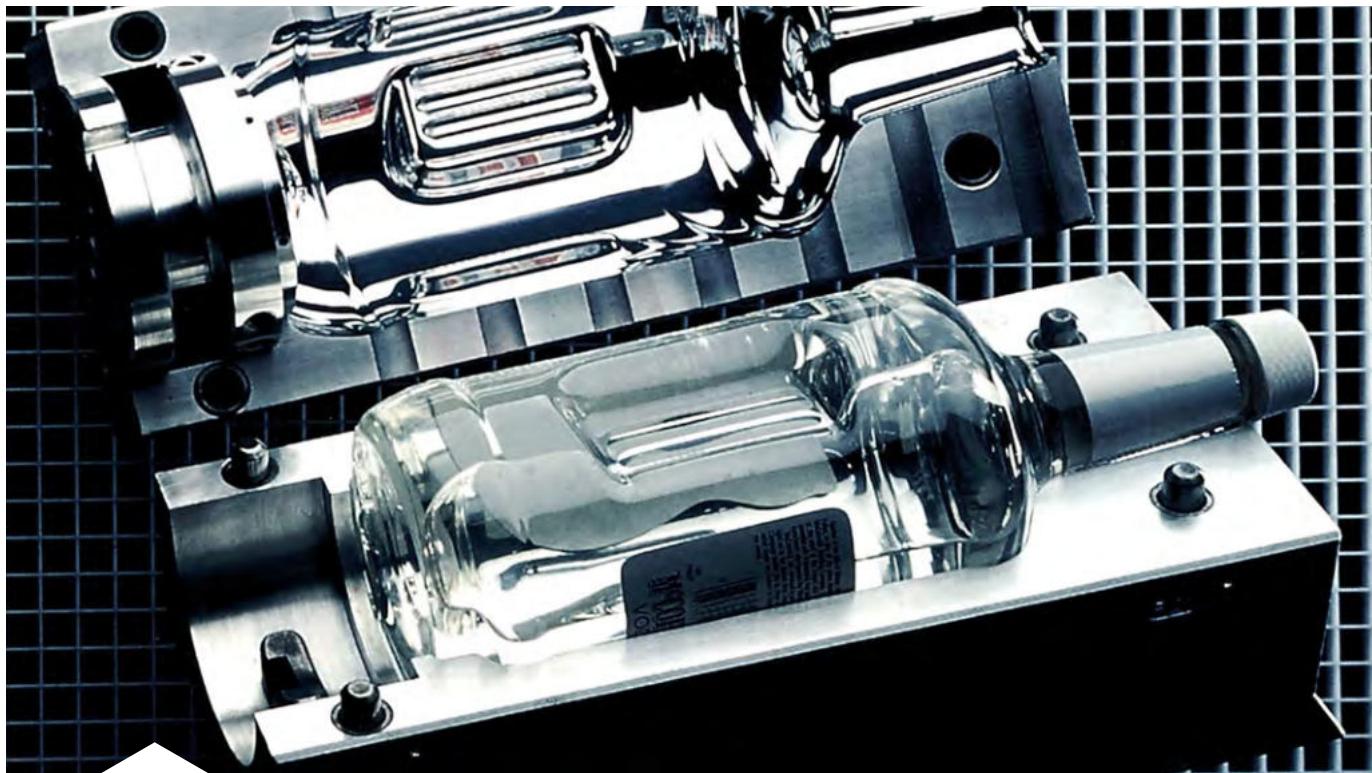
Eigenschaften und Anwendungen von Stahl für die Glasverarbeitung

Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Härte	Zunderbeständigkeit	Wärmeleitfähigkeit	Polierbarkeit	Schweißbarkeit
Thermodur® 2343 EFS	● ●	●	● ●	● ●	●
Thermodur® 2344 EFS	● ●	●	● ●	● ●	●
Formadur® 2083	● ●	●	● ●	● ● ●	●
Thermodur® 2782 Superclean	○	● ● ●	●	● ●	● ● ●
Thermodur® 2787 Superclean	●	● ●	● ●	● ●	● ●

Stahlauswahl für die Glasverarbeitung

Werkzeug	Marke	Härte im Einbauzustand in HB (Anhaltswerte)	Zugfestigkeit im Einbauzustand in N/mm² (Anhaltswerte)
Formen	Formadur® 2083 Thermodur® 2343 EFS Thermodur® 2344 EFS Thermodur® 2782 Superclean Thermodur® 2787 Superclean	180 – 230 180 – 230 180 – 230 180 – 230 225 – 275	650 – 800 650 – 800 650 – 800 650 – 800 800 – 950
Stempel	Thermodur® 2782 Superclean Thermodur® 2787 Superclean	180 – 230 225 – 275	650 – 800 800 – 950
Kappeln, Mundstücke, Blasrohre, Anfangeisen	Thermodur® 2782 Superclean	180 – 230	650 – 800
Pfeifenköpfe, Pfeifenspindeln, Schöpfkellen, Rührer, Mündungsdorne	Thermodur® 2782 Superclean	180 – 230	650 – 800
Düsen	Thermodur® 2782 Superclean	180 – 230	650 – 800



Stahl für die Glasverarbeitung

Für die Glasverarbeitung liefern die Deutschen Edelstahlwerke ein abgestimmtes Sortiment vergüteten Stahls mit guter Zunderbeständigkeit und Schweißbarkeit.

Stellvertretend für das Gesamtangebot sind hier folgende Stähle herausgestellt:

Thermodur® 2782 ist ein zunderbeständiger, austenitischer Warmarbeitsstahl mit Beständigkeit gegen oxidierende Atmosphäre und guter Kaltverformbarkeit. Der Stahl wird für ein breites Spektrum allgemeiner Werkzeuge für höchste Leistungen verwendet. Wegen der hohen Anforderungen an die Oberflächengüte wird er ausschließlich in umgeschmolzenen Ausführungen geliefert. Haupteinsatzgebiet von Thermodur® 2782 sind Werkzeuge für die Glasverarbeitung, wie z. B. Stempel, Kappeln, Pfeifenköpfe, Pfeifenspindeln, Mundstücke, Blasrohre

und Anfangeisen.

Thermodur® 2787 ist ein vergütbarer, korrosions- und zunderbeständiger Warmarbeitsstahl mit breiten Anwendungsmöglichkeiten bei normaler Belastung. Haupteinsatzgebiet von Thermodur® 2787 sind Werkzeuge wie Matrizen und Stempel für die Glasverarbeitung. Für höchste Anforderungen empfehlen wir, Thermodur® 2787 Superclean zu verwenden.

Rohrherstellung

Die industrielle Rohrherstellung begann ca. 1890 mit der Erfindung des Schrägwälzverfahrens durch die Gebrüder Mannesmann.

Erst mit diesem Verfahren wurde das Lochen eines massiven Rundblocks zu einem Hohlblock möglich.

Der Hohlblock wird in der zweiten Fertigungsphase durch verschiedene Rohrwälzverfahren zu einer Luppe auf der Dornstange ausgewälzt. Zu diesen Rohrwälzverfahren zählen Rohrkonti-, Stoßbank-, MPM- (Multistand Pipe Mill), PQF- (Premium Quality Finishing) und ASSEL-Wälzverfahren. In einer dritten Fertigungsphase wird die Luppe in einem Streckreduzierwälzwerk mit einer Durchmesser- und Wandstärkenreduktion auf das endgültige Rohrmaß gewälzt.

Je nach Verfahren werden die Werkzeuge wie Pilgerdorne, Dornstangen, Walzen etc. unterschiedlichsten Belastungen ausgesetzt. Grund dafür sind die unterschiedlich langen Kontaktzeiten zwischen dem walzheiß verarbeiteten Material und dem Werkzeug.

Um höchste Standzeiten und damit hohe Tonnagen pro Werkzeugeinsatz zu erzielen, ist eine ausgewogene Legierungsabstimmung des Stahls von entscheidender Bedeutung.

Hauptanforderung an den Stahl für die Rohrherstellung sind deshalb:

- » Gute Warmfestigkeit
- » Hohe Warmriss- und Verschleißbeständigkeit
- » Gute Zähigkeit

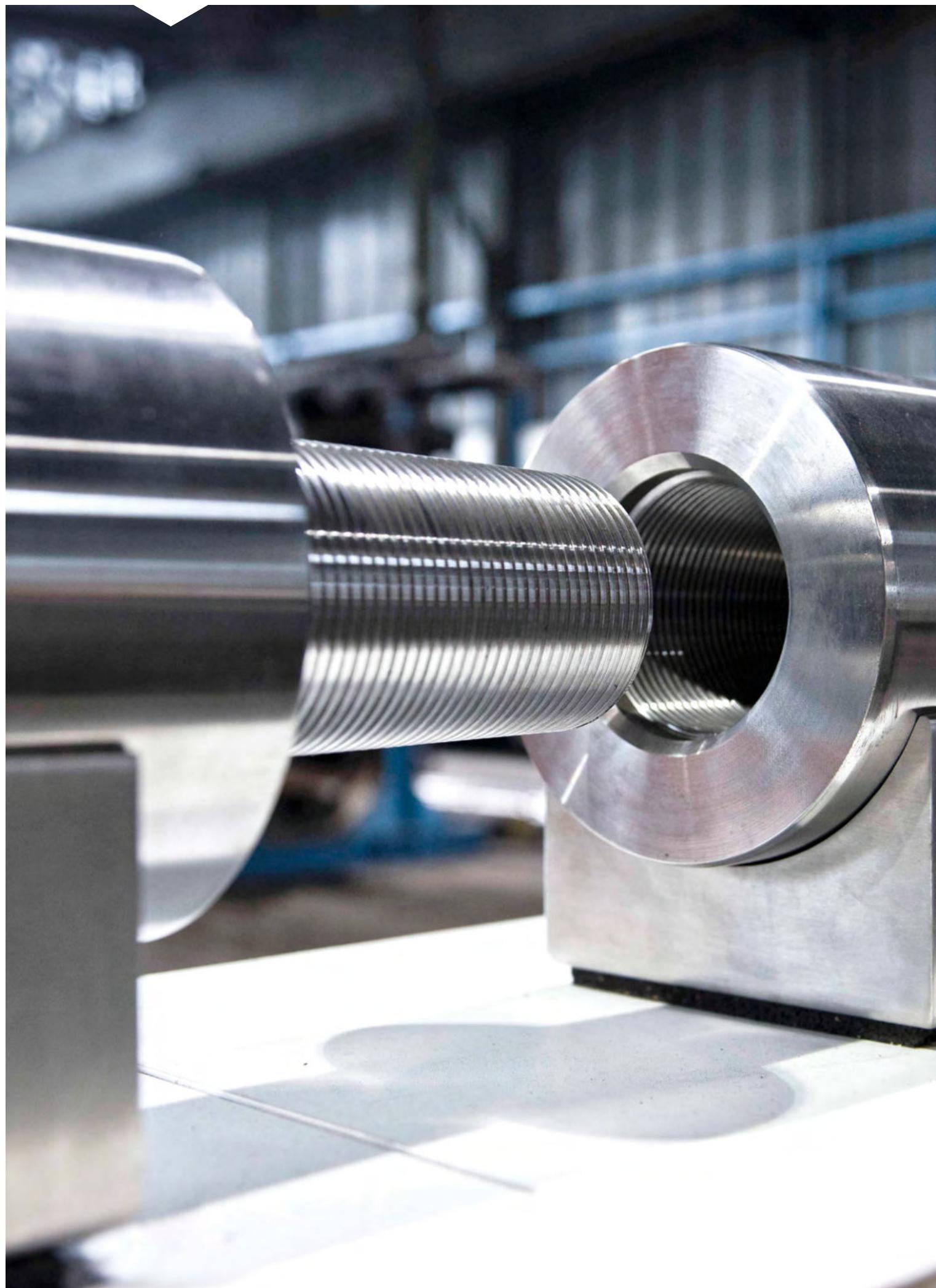
Die Deutschen Edelstahlwerke liefern Dornstangen in der fertig bearbeiteten verchromten oder verzunderten Ausführung oder im vorbearbeiteten, das heißt vergüteten und geschälten Zustand.

Neben universell einsetzbaren Standardstählen bieten wir Spezialstähle, die gezielt auf die verschiedenen Fertigungsverfahren eingestellt und auf die individuelle Beanspruchung abgestimmt werden können.

Darüber hinaus liefern die Deutschen Edelstahlwerke hochwertige Stabstähle als Röhrenvormaterial.

Unser Plus für Rohrhersteller

- » Stahl und Wärmebehandlung aus einer Hand
- » Kürzere Lieferzeiten durch Direktbelieferung
- » Hohe Standzeiten durch gleichbleibende Qualität (ISO 9002)
- » Kompetente Beratung



Eigenschaften und Anwendungen von Stahl für die Rohrherstellung

Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Hauptverwendung	Warmriss-beständigkeit	Warmverschleiß-beständigkeit	Zähigkeit	Zunder-anhaftung
Thermodur® 2740	Stoßbänke	●	● ●	● ● ●	● ●
Thermodur® 2342 EFS	MPM-Walzwerke und große Kontistraßen	● ●	● ● ●	● ●	● ● ●
Thermodur® 2343 EFS	Kontistraßen	● ●	● ● ●	●	● ● ●
Thermodur® 2344 EFS	Kleine Kontistraßen	● ●	● ● ● ●	●	● ● ●

Stahlauswahl für verschiedene Rohrherstellungsverfahren

Herstellungs-verfahren	Werkzeug	Marke	Härte im Einbauzustand in HB (Anhaltswerte)	Zugfestigkeit im Einbauzustand in N/mm² (Anhaltswerte)
PQF-, MPM-Walzwerk	Dornstangen	Thermodur® 2342 EFS Thermodur® 2344 EFS	300 – 375 300 – 375	1000 – 1275 1000 – 1275
Rohrkontiwalzwerk	Dornstangen	Thermodur® 2342 EFS Thermodur® 2343 EFS	265 – 375 265 – 375	900 – 1275 1000 – 1275
	Lochdorne	Thermodur® 2790	Nach Kundenangaben	Nach Kundenangaben
Walzen auf Stoßbänken	Dornstangen	Thermodur® 2740	300 – 355	1000 – 1200
	Walzen	Thermodur® 2365 EFS	470 – 510	1600 – 1750
ASSEL- und Schulterwalzwerk	Dornstangen	Thermodur® 2740	300 – 355	1000 – 1200
	Lochdorne / Lochkappen	Thermodur® 2344 EFS Thermodur® 2365 EFS	265 – 355 265 – 355	900 – 1200 900 – 1200
Warpilgern	Pilgerdorne	Thermodur® 2740	300 – 355	1000 – 1200
Schrägwalzwerk	Lochdorne	Thermodur® 2344 EFS	265 – 355	900 – 1200
Strangpressen	Pressdorne	Thermodur® 2367 EFS Thermodur® 2365 EFS	50 – 52 HRC 50 – 52 HRC	
Kaltpilgern	Pilgerdorne	Cryodur® 2379 Cryodur® 2709 Thermodur® 2344 EFS	50 – 56 HRC Ca. 56 HRC Ca. 56 HRC	
	Pilgerwalzen	Cryodur® 2327 Cryodur® 2362 Thermodur® 2344 EFS	Nach Kundenangaben Nach Kundenangaben Ca. 54 HRC	
Geschweißte Rohre	Einformwalzen	Cryodur® 2379	58 – 60 HRC	
	Schweißwalzen	Thermodur® 2344 EFS	Nach Kundenangaben	

Stahl für die Rohrherstellung

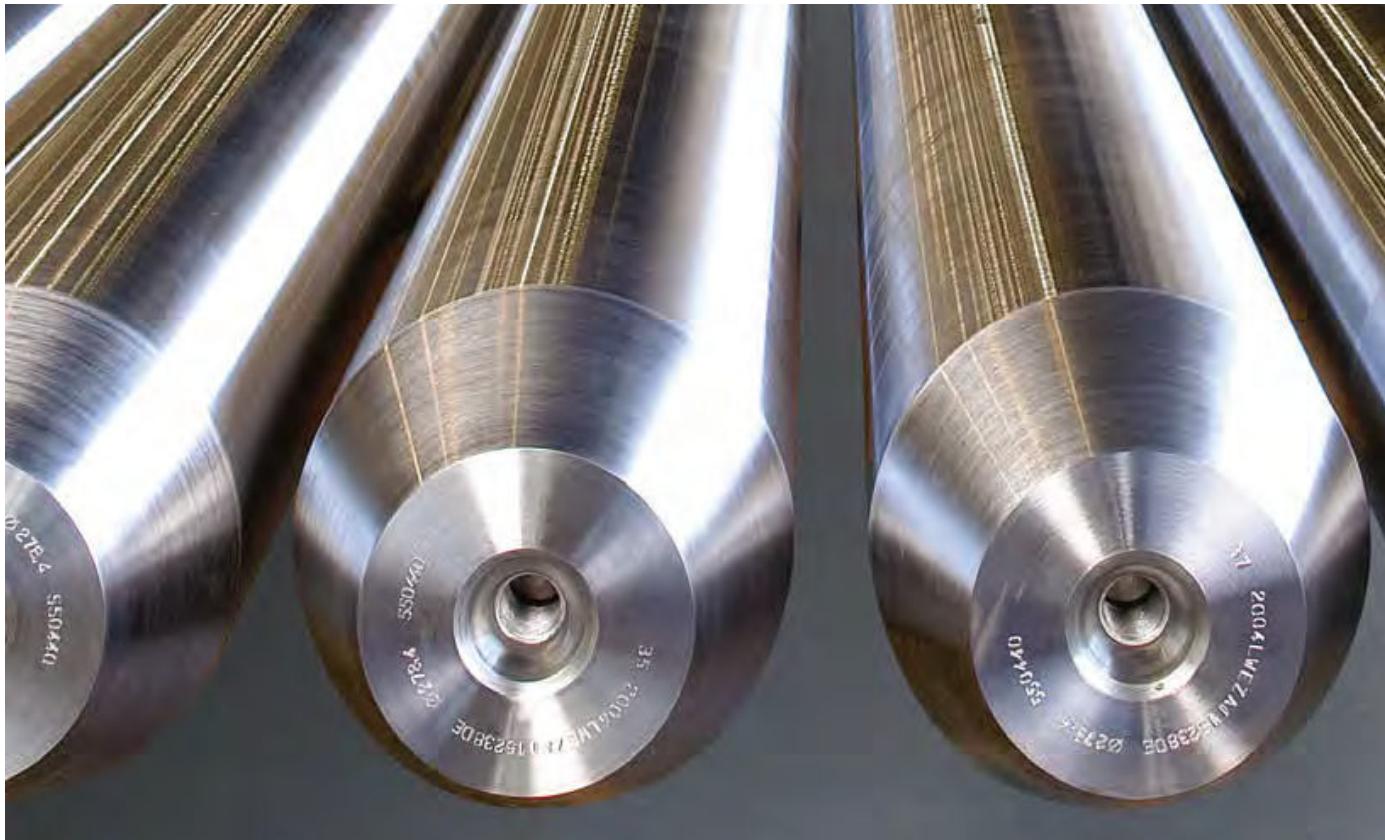
Die Deutschen Edelstahlwerke bieten eine Palette homogener Stähle für die Rohrherstellung.

Für den Einsatz von Dornstangen empfehlen sich zwei Stahlgruppen: den nickellegierten Warmarbeitsstahl mit hoher Zähigkeit und den chrommolybdänlegierten Warmarbeitsstahl mit besonders hoher Warmverschleißfestigkeit. Stellvertretend für das Gesamtangebot sind hier nachfolgende Stähle herausgestellt:

Thermodur® 2342 EFS ist ein universell verwendbarer chrommolybdänlegierter Warmarbeitsstahl. Der hochlegierte Stahl weist bei guter Zähigkeit eine hohe Warmverschleißbeständigkeit auf. Haupeinsatzgebiet für Thermodur® 2342 EFS sind Dornstangen für MPM (Multistand Pipe Mill) und PQF – Walzwerke (Premium Quality Finishing) für die der Stahl vergütet, fertig bearbeitet und verchromt geliefert wird.

Thermodur® 2343 EFS ist ein universell verwendbarer Warmarbeitsstahl mit hoher Warmverschleißbeständigkeit und Zähigkeit. Eines der Haupteinsatzgebiete des chrommolybdänlegierten Warmarbeitsstahls sind Dornstangen für Kontistraßen. Thermodur® 2343 EFS wird für diesen Einsatz grundsätzlich vergütet geliefert.

Thermodur® 2740 ist ein nickellegierter, lufthärtender Sonderstahl für Warmarbeit mit hoher Zähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit. Dieser Sonderstahl wird speziell für Dornstangen in Stoßbankwalzwerken eingesetzt. Die fertig bearbeiteten Werkzeuge werden vergütet und verzundert geliefert.



Werkstoffdatenblätter

Nachfolgend die wichtigsten Werkstoffe im Bereich Warmarbeitsstahl mit ihren Werkstoffeigenschaften, der Normenzuordnung, physikalischen Eigenschaften und Hinweisen zur Verwendung und Wärmebehandlung.

Formadur® 2083/2083 Superclean

Formadur® 2312

Thermodur® 2329

Thermodur® 2342 EFS

Thermodur® 2343 EFS/2343 EFS Superclean

Thermodur® 2344 EFS/2344 EFS Superclean

Thermodur® 2365 EFS/2365 EFS Superclean

Thermodur® 2367 EFS/2367 EFS Superclean

Cryodur® 2379

Cryodur® 2709

Thermodur® 2714

Formadur® 2738

Thermodur® 2740

Thermodur® 2782 Superclean

Thermodur® 2787/2787 Superclean

Cryodur® 2842

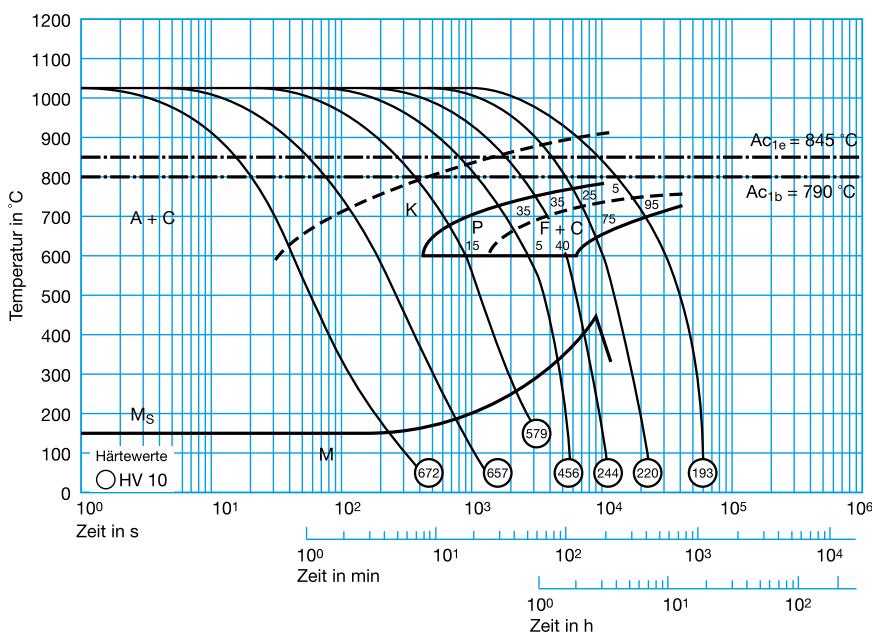
Thermodur® 2999 EFS Superclean

Thermodur® E 38 K Superclean

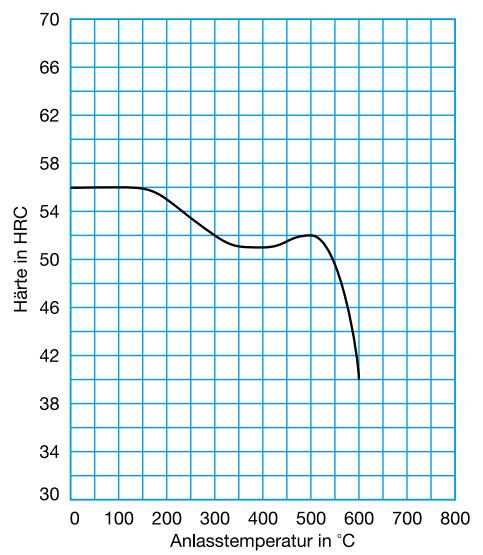
Formadur® 2083/2083 Superclean

X40Cr14	C 0,40 Cr 13,0										
Werkstoff-eigenschaften	Korrosionsbeständig, gute Polierbarkeit. Für höchste Anforderungen an die Polierbarkeit empfehlen wir, Formadur 2083 Superclean zu verwenden.										
Normenzuordnung	AISI 420 AFNOR Z40C14										
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C 20 – 100 20 – 200 20 – 300 10 ⁻⁶ m/(m • K) Geglüht 11,1 11,4 11,8 10 ⁻⁶ m/(m • K) Vergütet 11,1 11,5 11,6										
	Wärmeleitfähigkeit bei °C 100 150 200 250 300 W/(m • K) Geglüht 28,4 28,6 28,8 29,2 29,6 W/(m • K) Vergütet 22,5 23,1 23,5 24,4 25,7										
Verwendungs-hinweise	Formen für die Glasverarbeitung sowie Formen zur Verarbeitung von korrodierend wirkenden Kunststoffen.										
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 760 – 800	Abkühlen Ofen	Glühhärte HB Max. 230								
	Härt(en) °C 1000 – 1050	Abschrecken Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C	Härte nach dem Abschrecken HRC 56								
	Anlassen °C HRC	100 200 300 400 500 600 56 55 52 51 52 40									

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



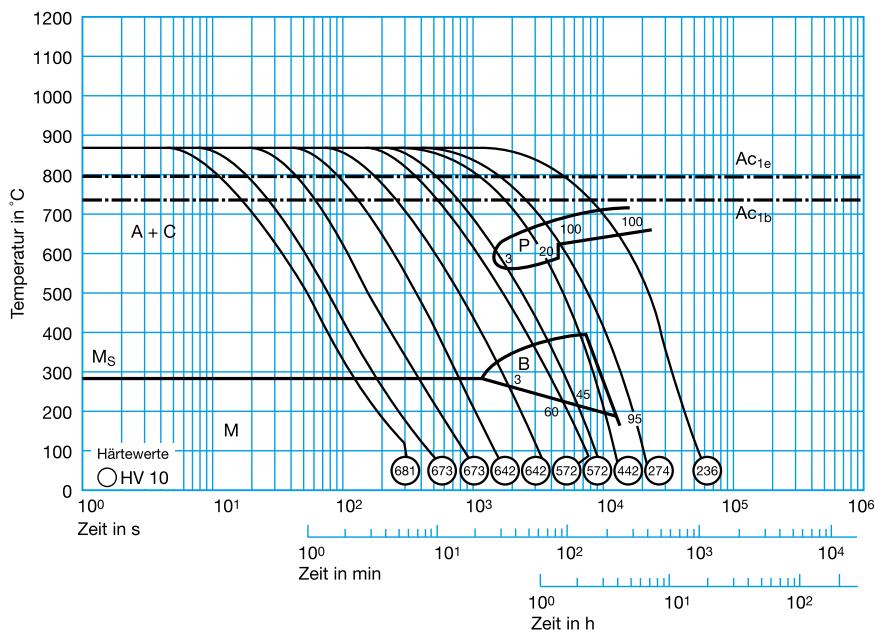
Anlassschaubild



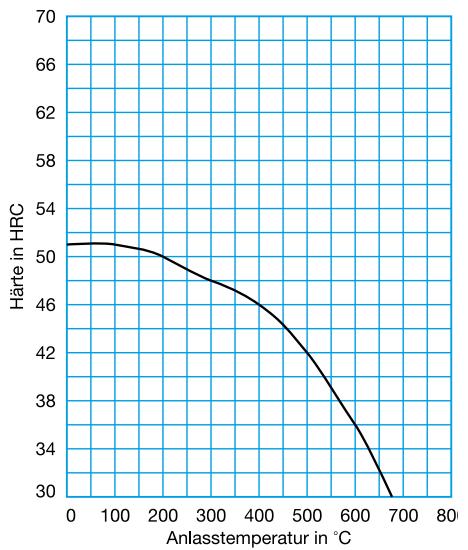
Formadur® 2312

40CrMnNiMo8-6-4 C 0,40 Mn 1,50 Cr 1,90 Mo 0,20 S 0,05													
Werkstoff-eigenschaften	Vergüteter Kunststoffformenstahl, Lieferhärte 280 bis 325 HB. Verbesserte Zerspanbarkeit gegenüber Formadur 2311.												
Normenzuordnung	AISI P20+S												
Physikalische Eigenschaften	<p>Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C 20 – 100 20 – 200 20 – 300</p> <p>10⁻⁶ m/(m • K) Gegläht 12,5 13,4 13,9</p> <p>10⁻⁶ m/(m • K) Vergütet 12,3 13,0 13,7</p> <p>Wärmeleitfähigkeit bei °C 100 150 200 250 300</p> <p>W/(m • K) Gegläht 40,2 40,9 40,3 40,0 39,0</p> <p>W/(m • K) Vergütet 39,8 40,4 40,4 39,9 39,0</p>												
Verwendungs-hinweise	Formrahmen für Druckgießformen												
Wärmebehandlung	<table border="0"> <tr> <td>Weichglühen °C 710 – 740</td> <td>Abkühlen Ofen</td> <td>Glühhärte HB Max. 235</td> </tr> <tr> <td>Härteln °C 840 – 870</td> <td>Abschrecken Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C</td> <td>Härte nach dem Abschrecken HRC 51</td> </tr> <tr> <td>Anlassen °C</td> <td>100 200 300 400 500 600 700</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HRC</td> <td>51 50 48 46 42 36 28</td> <td></td> </tr> </table>	Weichglühen °C 710 – 740	Abkühlen Ofen	Glühhärte HB Max. 235	Härteln °C 840 – 870	Abschrecken Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C	Härte nach dem Abschrecken HRC 51	Anlassen °C	100 200 300 400 500 600 700		HRC	51 50 48 46 42 36 28	
Weichglühen °C 710 – 740	Abkühlen Ofen	Glühhärte HB Max. 235											
Härteln °C 840 – 870	Abschrecken Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C	Härte nach dem Abschrecken HRC 51											
Anlassen °C	100 200 300 400 500 600 700												
HRC	51 50 48 46 42 36 28												

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



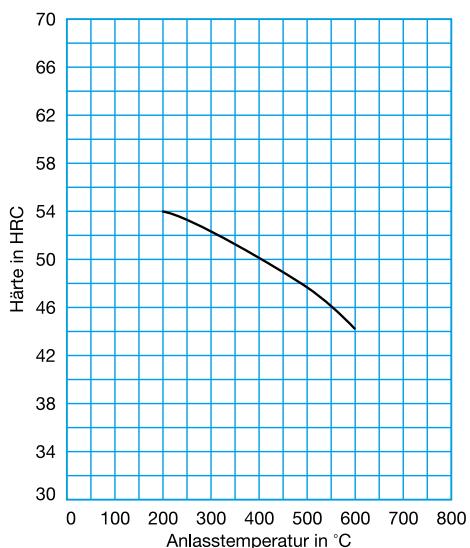
Anlassschaubild



Thermodur® 2329

46CrSiMoV7		C 0,45 Si 0,70 Mn 0,80 Cr 1,80 Mo 0,30 Ni 0,60 V 0,20					
Werkstoff-eigenschaften	Hohe Anlassbeständigkeit, hohe Warmfestigkeit, gute Durchvergütbarkeit, gute Schweißbarkeit, nitrierbar, PVD/CVD-beschichtbar, gute Zerspanbarkeit.						
Verwendungs-hinweise	Warmarbeitsstahl für Schmiedegesenke, Druckplatten für das Strangpressen, Formteilepressgesenke u. v. m.						
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 780 – 800	Abkühlen Ofen oder Luft	Glühhärte HB Max. 230				
	Härteln °C 880 – 920	Abschrecken Luft, Öl oder Warmbad, 200 – 250 °C	Härte nach dem Abschrecken HRC 53 – 55				

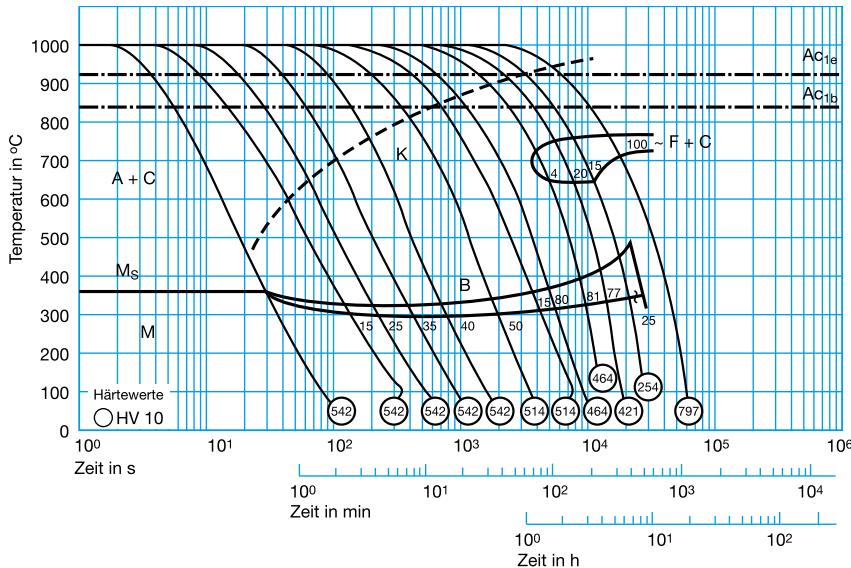
Anlassschaubild



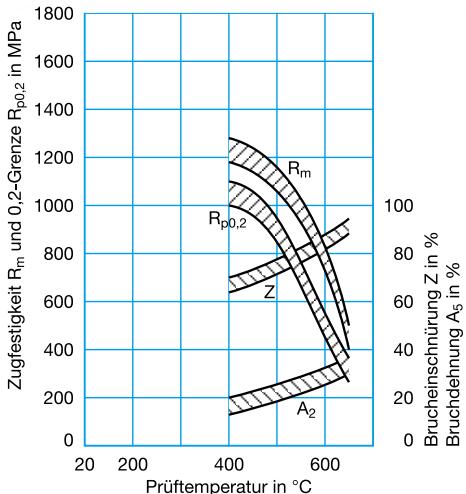
Thermodur® 2342 EFS

X35CrMoV5-1-1	C 0,35	Si 0,80	Cr 5,00	Mo 1,00	V 0,85				
Werkstoffeigenschaften	Hohe Zähigkeit, gute Wärmeleitfähigkeit und Warmrissunempfindlichkeit, bedingt wasserkühlbar.								
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient								
	bei °C	20 – 100	20 – 200	20 – 300	20 – 400	20 – 500	20 – 600	20 – 700	
	$10^{-6} \text{ m}/(\text{m} \cdot \text{K})$	10,9	11,9	12,3	12,7	13,0	13,3	13,5	
	Wärmeleitfähigkeit								
	bei °C	20	350	700					
	W/(m · K)	24,5	26,8	28,8					
Verwendungshinweise	Dornstangen, Druckgießformen und Strangpresswerkzeuge.								
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	750 – 800	Abkühlen	Glühhärte HB					
			Ofen	Max. 230					
	Härteten °C	1000 – 1040	Abschrecken	Härte nach dem Abschrecken HRC					
			Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C	53					
	Anlassen °C	100	200	300	400	500	550	600	650
	HRC	52	50	49	49	50	49	46	36
									26

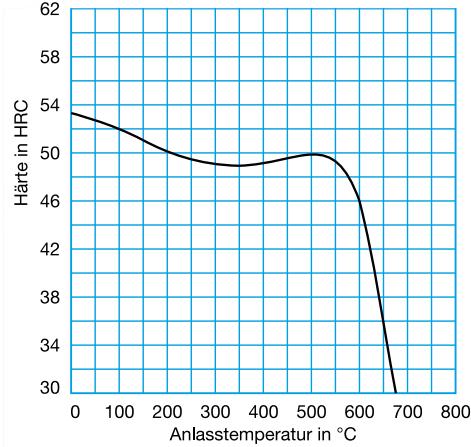
Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Warmfestigkeitsschaubild



Anlassschaubild

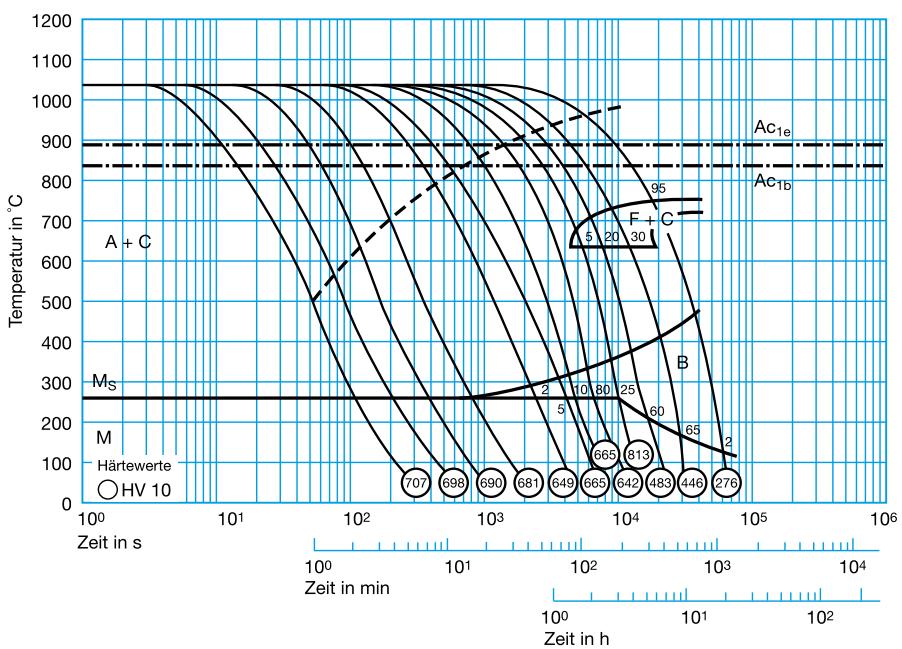




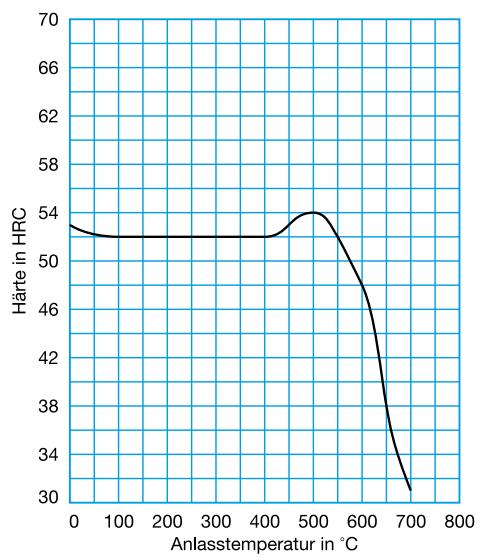
Thermodur® 2343 EFS/2343 EFS Superclean

X37CrMoV5-1	C 0,38 Si 1,00 Cr 5,30 Mo 1,30 V 0,40																											
Werkstoff-eigenschaften	Hohe Warmfestigkeit und Zähigkeit. Gute Wärmeleitfähigkeit und Warmrissunempfindlichkeit. Bedingt wasserkühlbar.																											
Normenzuordnung	AISI H11 AFNOR Z38CDV5																											
Physikalische Eigenschaften	<p>Wärmeausdehnungskoeffizient</p> <table> <tr> <td>bei °C</td> <td>20 – 100</td> <td>20 – 200</td> <td>20 – 300</td> <td>20 – 400</td> <td>20 – 500</td> <td>20 – 600</td> <td>20 – 700</td> </tr> <tr> <td>10⁻⁶ m/(m • K)</td> <td>11,8</td> <td>12,4</td> <td>12,6</td> <td>12,7</td> <td>12,8</td> <td>12,9</td> <td>12,9</td> </tr> </table> <p>Wärmeleitfähigkeit bei °C</p> <table> <tr> <td>20</td> <td>350</td> <td>700</td> </tr> <tr> <td>W/(m • K) Gegläht</td> <td>29,8</td> <td>30,0</td> <td>33,4</td> </tr> <tr> <td>W/(m • K) Vergütet</td> <td>26,8</td> <td>27,3</td> <td>30,3</td> </tr> </table>	bei °C	20 – 100	20 – 200	20 – 300	20 – 400	20 – 500	20 – 600	20 – 700	10 ⁻⁶ m/(m • K)	11,8	12,4	12,6	12,7	12,8	12,9	12,9	20	350	700	W/(m • K) Gegläht	29,8	30,0	33,4	W/(m • K) Vergütet	26,8	27,3	30,3
bei °C	20 – 100	20 – 200	20 – 300	20 – 400	20 – 500	20 – 600	20 – 700																					
10 ⁻⁶ m/(m • K)	11,8	12,4	12,6	12,7	12,8	12,9	12,9																					
20	350	700																										
W/(m • K) Gegläht	29,8	30,0	33,4																									
W/(m • K) Vergütet	26,8	27,3	30,3																									
Verwendungs-hinweise	Universell verwendbarer Warmarbeitsstahl. Druckgieß- und Strangpresswerkzeuge für die Leichtmetallverarbeitung, Schmiedegesenke, Dornstangen, Armierungsringe, Warmscherenmesser. Für höchste Anforderungen empfehlen wir, Thermodur® 2343 EFS Superclean (ESU) zu verwenden.																											
Wärmebehandlung	<table> <tr> <td>Weichglühen °C</td> <td>Abkühlen</td> <td>Glühhärté HB</td> </tr> <tr> <td>750 – 800</td> <td>Ofen</td> <td>Max. 230</td> </tr> <tr> <td>Härtén °C</td> <td>Abschrecken</td> <td>Härte nach dem Abschrecken HRC</td> </tr> <tr> <td>1000 – 1030</td> <td>Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>Anlassen °C</td> <td>100 200 300 400 500 550 600 650 700</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HRC</td> <td>52 52 52 52 54 52 48 38 31</td> <td></td> </tr> </table>	Weichglühen °C	Abkühlen	Glühhärté HB	750 – 800	Ofen	Max. 230	Härtén °C	Abschrecken	Härte nach dem Abschrecken HRC	1000 – 1030	Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C	54	Anlassen °C	100 200 300 400 500 550 600 650 700		HRC	52 52 52 52 54 52 48 38 31										
Weichglühen °C	Abkühlen	Glühhärté HB																										
750 – 800	Ofen	Max. 230																										
Härtén °C	Abschrecken	Härte nach dem Abschrecken HRC																										
1000 – 1030	Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C	54																										
Anlassen °C	100 200 300 400 500 550 600 650 700																											
HRC	52 52 52 52 54 52 48 38 31																											

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild

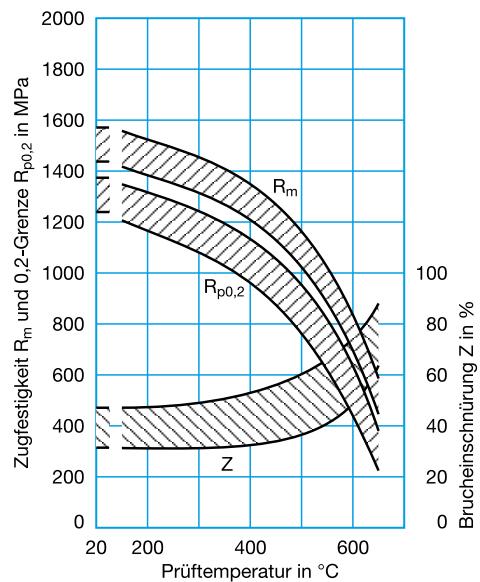


Anlassschaubild

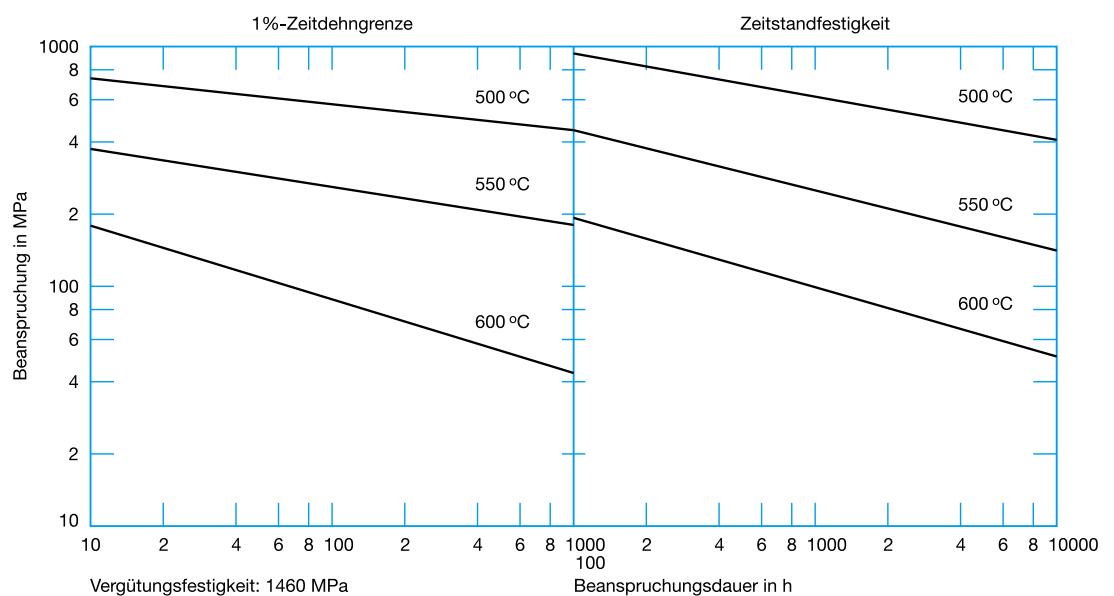


Thermodur® 2343 EFS/2343 EFS Superclean

Warmfestigkeitsschaubild

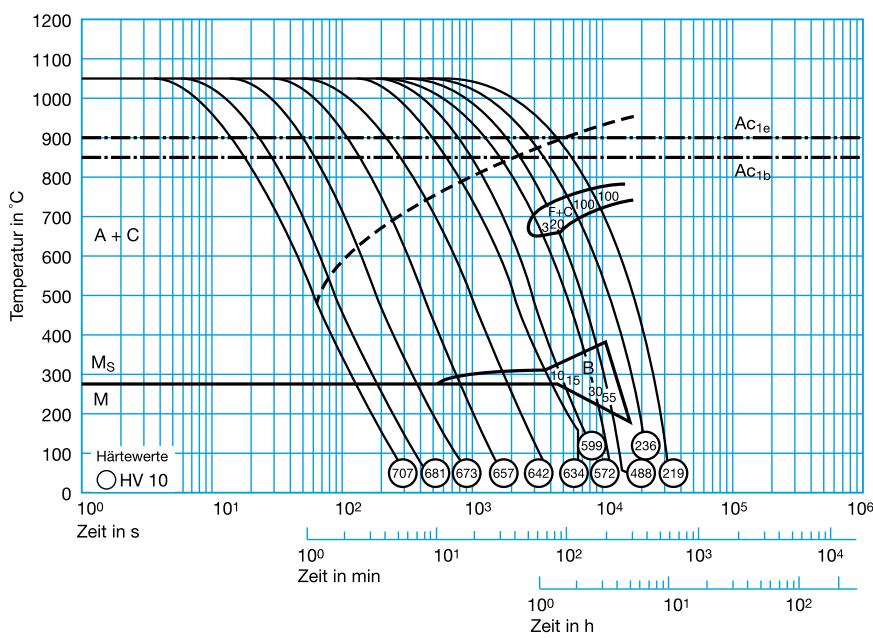


Zeitdehnverhalten

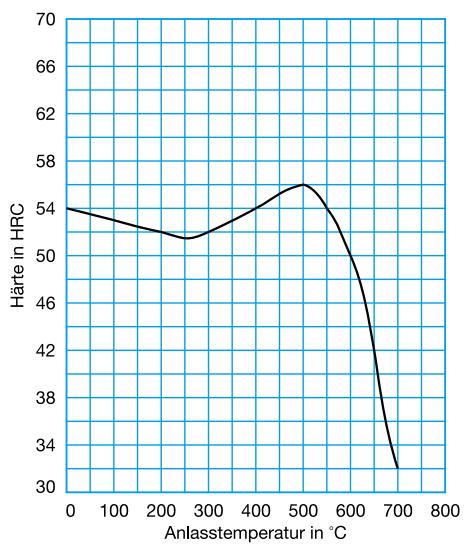


Thermodur® 2344 EFS/2344 EFS Superclean

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild

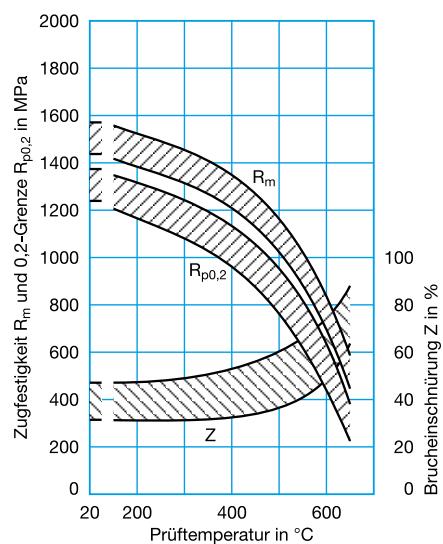


Anlassschaubild

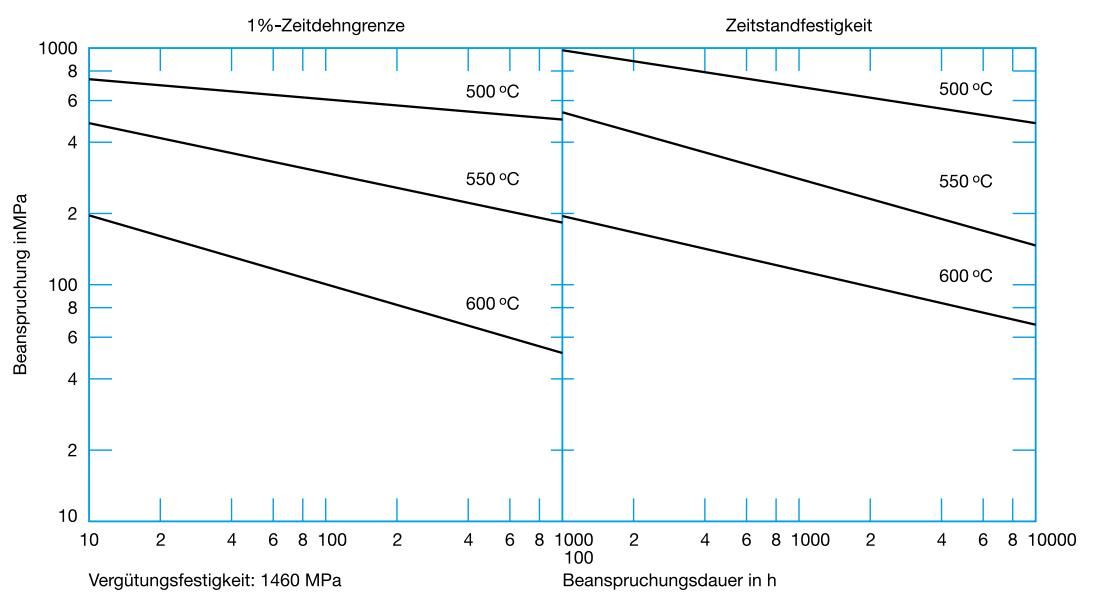


Thermodur® 2344 EFS/2344 EFS Superclean

Warmfestigkeitsschaubild



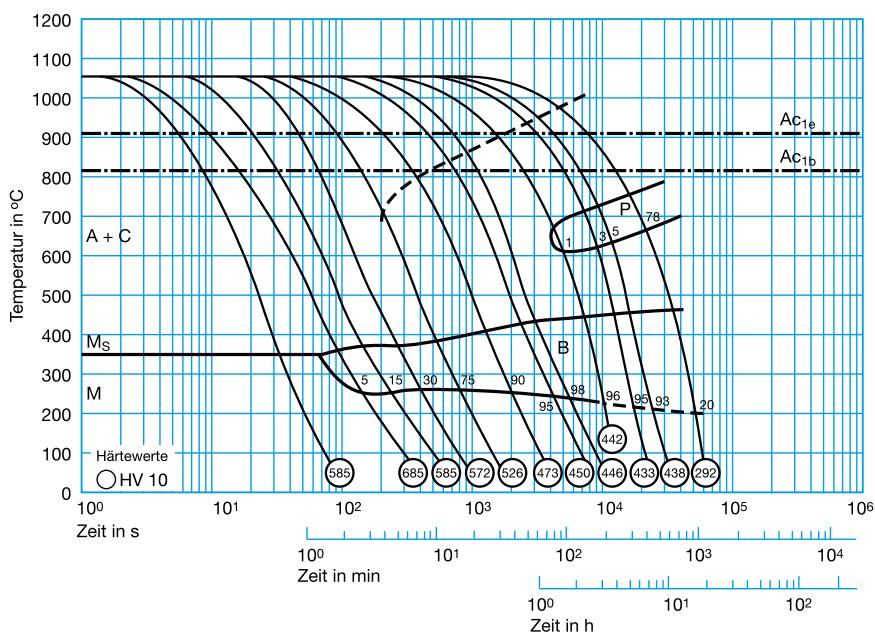
Zeitdehnverhalten



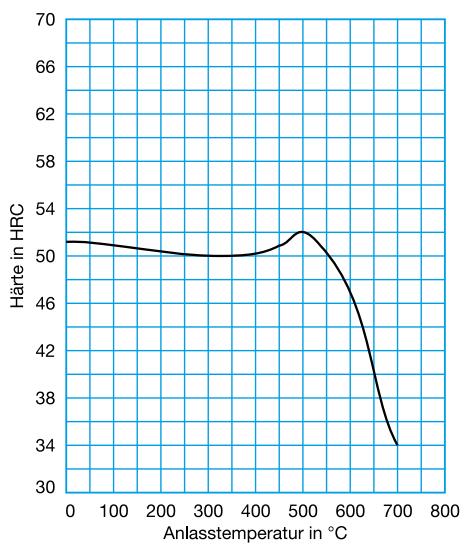
Thermodur® 2365 EFS/2365 EFS Superclean

32CrMoV12-28		C 0,32	Cr 3,00	Mo 2,80	V 0,50							
Werkstoff-eigenschaften	Hohe Warmfestigkeit und Anlassbeständigkeit, gute Wärmeleitfähigkeit, wasserkühlbar, kalteinsenkfähig.											
Normenzuordnung	AISI H10 AFNOR 32CDV12-28											
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C 20 – 100 20 – 200 20 – 300 20 – 400 20 – 500 20 – 600 20 – 700 $10^{-6} \text{ m}/(\text{m} \cdot \text{K})$ Gegläht 11,8 12,5 12,7 13,1 13,5 13,6 13,8 Wärmeleitfähigkeit bei °C 20 350 700 W/(m · K) Gegläht 32,8 34,5 32,2 W/(m · K) Vergütet 31,4 32,0 29,3											
Verwendungs-hinweise	Press- und Lochdorne, Gesenkeinsätze, Schwermetall-Druckgießwerkzeuge. Für höchste Anforderungen empfehlen wir, Thermodur® 2365 EFS Superclean (ESU) zu verwenden.											
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 750 – 800 Abkühlen Ofen Glühhärte HB Max. 185 Härteln °C 1030 – 1050 Abschrecken Öl oder Härte nach dem Abschrecken HRC Warmbad, 500 – 550 °C 52 Anlassen °C HRC 100 200 300 400 500 550 600 650 700 51 50 50 50 52 50 47 40 34											

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild

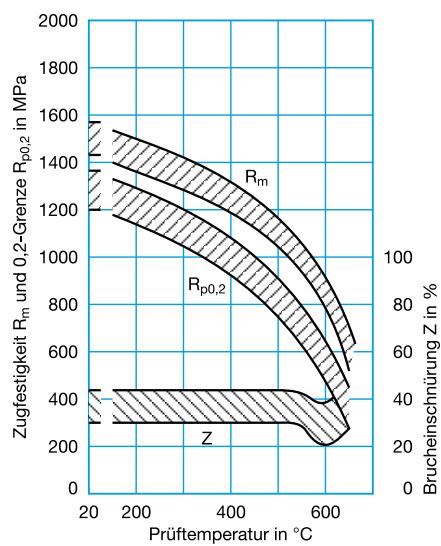


Anlassschaubild

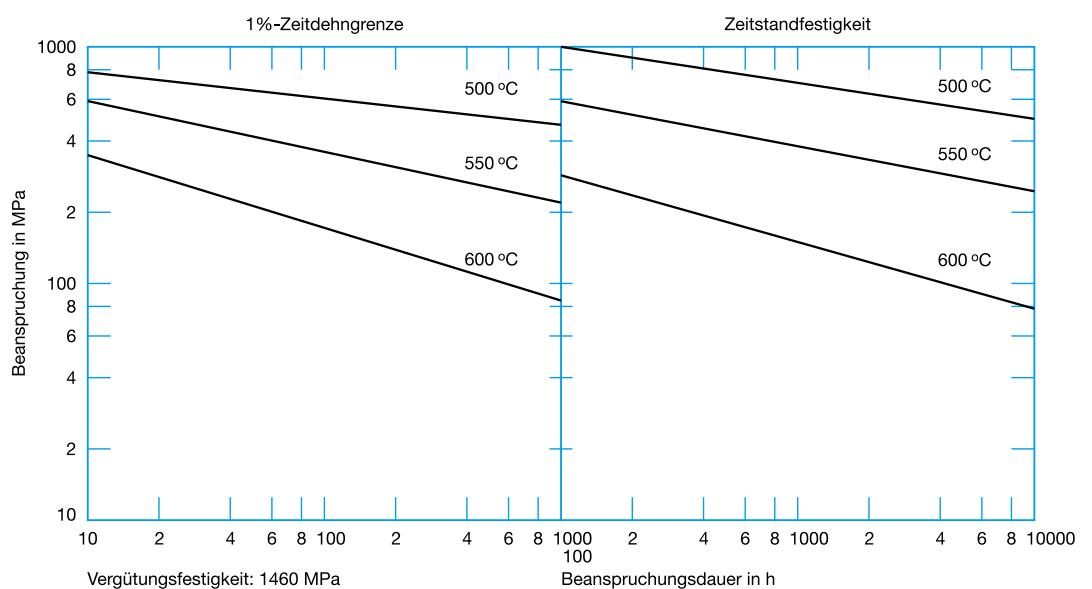


Thermodur® 2365 EFS/2365 EFS Superclean

Warmfestigkeitsschaubild

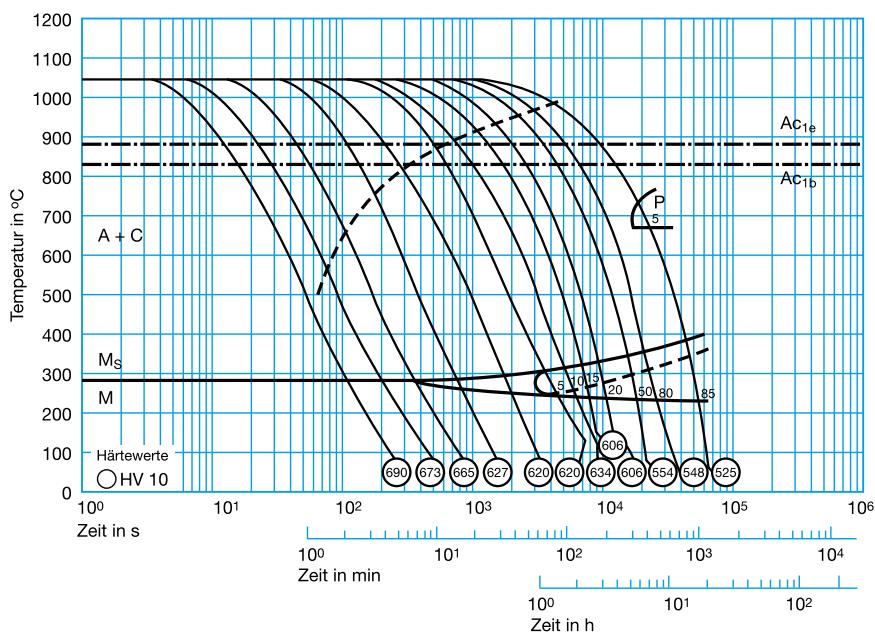


Zeitdehnverhalten

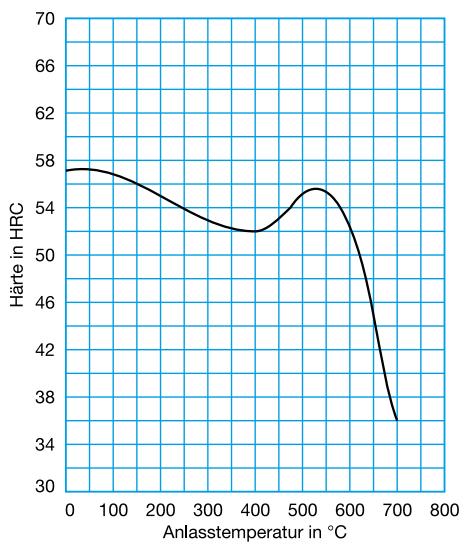


Thermodur® 2367 EFS/2367 EFS Superclean

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild

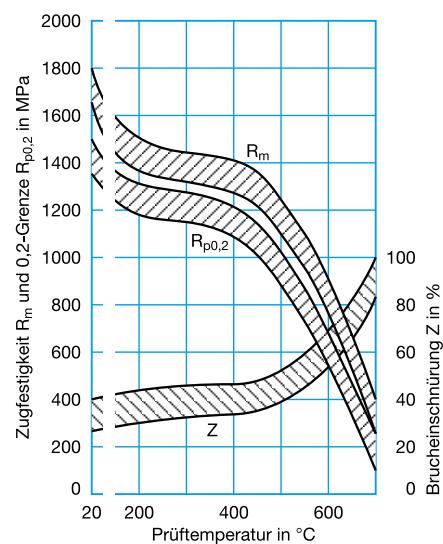


Anlasssschaubild

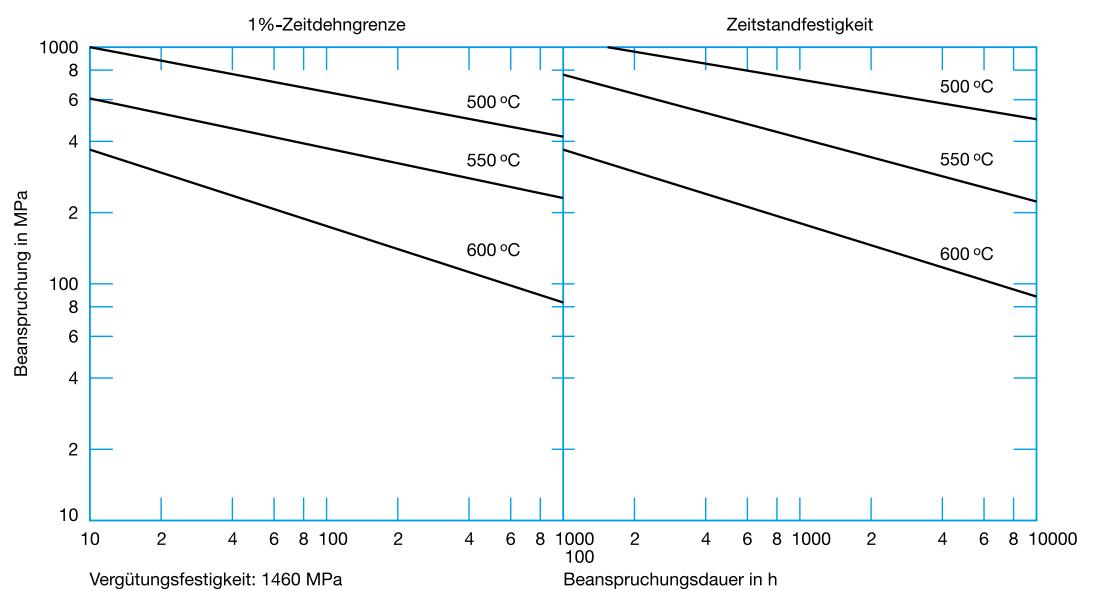


Thermodur® 2367 EFS/2367 EFS Superclean

Warmfestigkeitsschaubild



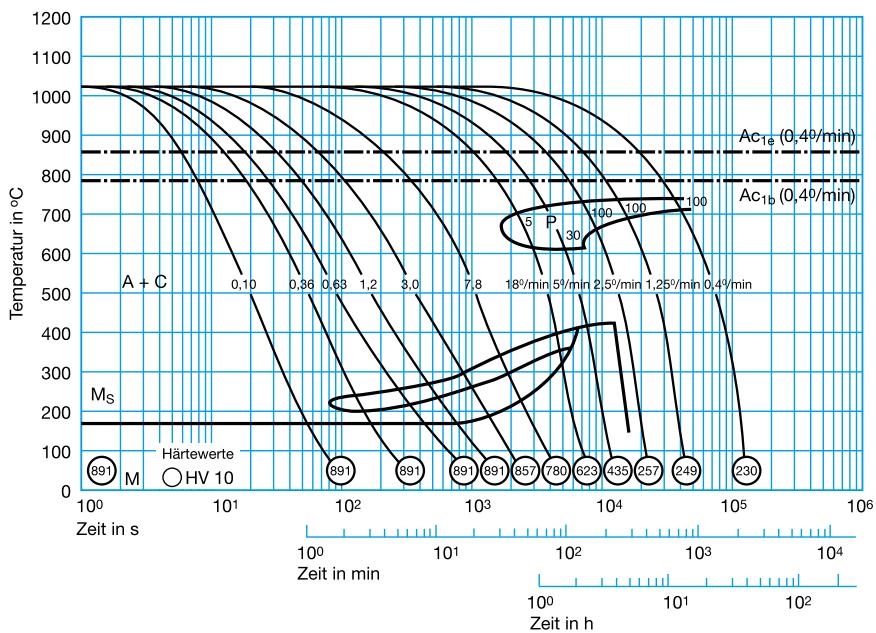
Zeitdehnverhalten



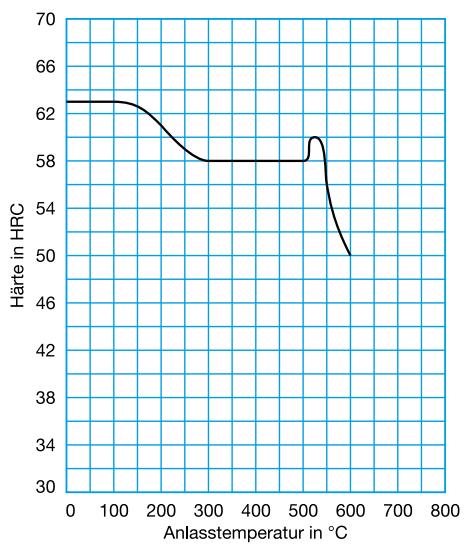
Cryodur® 2379

X153CrMoV12		C 1,55	Si 0,30	Mn 0,35	Cr 12,00	Mo 0,75	V 0,90	
Werkstoff-eigenschaften	Leedburitischer 12%iger Cr-Stahl. Höchster Verschleißwiderstand, gute Zähigkeit. Beste Schneidhaltigkeit und Anlassbeständigkeit, nitrierbar nach Sonderwärmbehandlung.							
Normenzuordnung	AISI D2 AFNOR Z160CDV12							
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C 20 – 100 20 – 200 20 – 300 20 – 400 $10^{-6} \text{ m}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 10,5 11,5 11,9 12,2 Wärmeleitfähigkeit bei °C 20 350 700 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 16,7 20,5 24,2							
Verwendungs-hinweise	Abgratwerkzeuge, Gewindewalzrollen und -backen, Kaltfließpresswerkzeuge, Schneid- und Stanzwerkzeuge für Blechdicken bis 6 mm, Feinschneidwerkzeuge bis 12 mm. Kaltpilgerdorne, Kreisscherenmesser, Tiefziehwerkzeuge, Schließbleisten und Kunststoffformen mit hohem Verschleißwiderstand.							
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 830 – 860	Abkühlen Ofen	Glühhärte HB Max. 250					
	Spannungsarmglühen °C 650 – 700	Abkühlen Ofen						
	Härteln °C 1000 – 1050	Abschrecken Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C	Härte nach dem Abschrecken HRC 63					
	Anlassen °C HRC	100 200 300 400 500 525 550 600						
		63 61 58 58 58 60 56 50						

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild, Härtetemperatur: 1030 °C



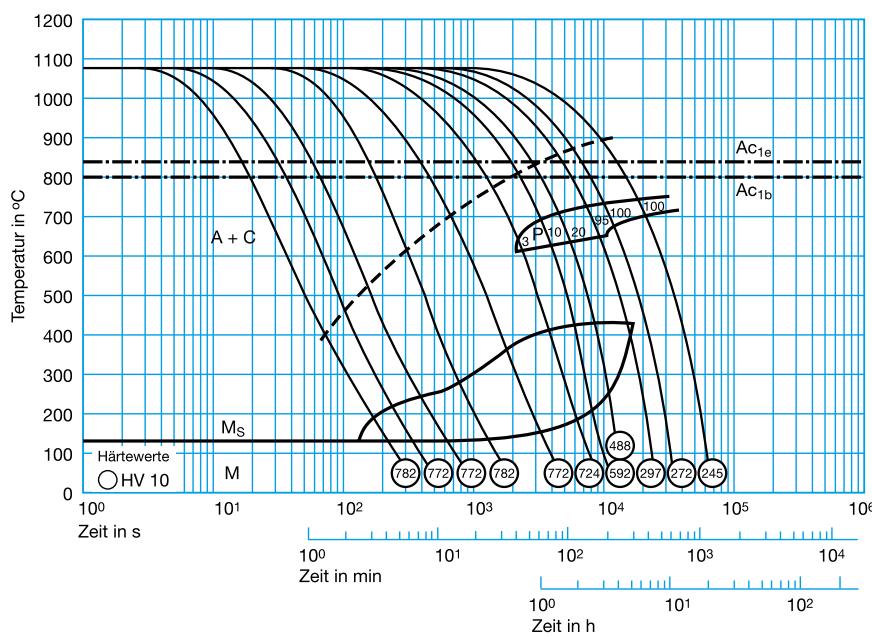
Anlassschaubild



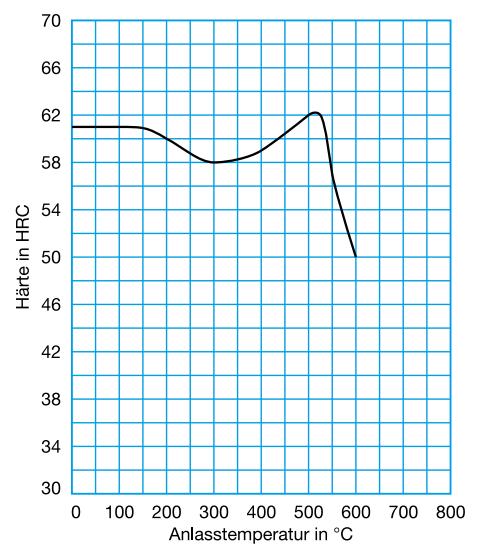
Cryodur® 2379

Sonderwärmebehandlung	Härten °C 1050 – 1080	Abschrecken Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C	Härte nach dem Abschrecken HRC							
	Anlassen °C (dreimal)	100	200	300	400	500	525	550	600	
	HRC	61	60	58	59	62	62	57	50	

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild, Härtetemperatur: 1080 °C



Anlassschaubild

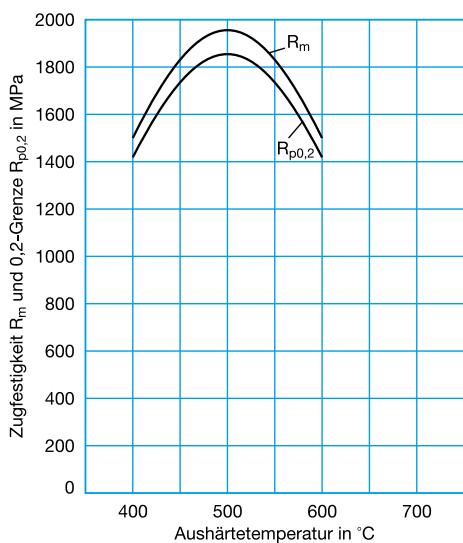




Cryodur® 2709

(X3NiCoMoTi18-9-5) C < 0,02 Mo 5,00 Ni 18,00 Co 10,00 Ti 1,00																						
Werkstoff-eigenschaften	Verzugsarm, ausscheidungshärtend, hohe Streckgrenze und Zugfestigkeit bei guter Zähigkeit.																					
Normenzuordnung	AISI 18MAR300																					
Physikalische Eigenschaften	<p>Wärmeausdehnungskoeffizient</p> <table> <tr> <td>bei °C</td><td>20 – 100</td><td>20 – 200</td><td>20 – 300</td><td>20 – 400</td><td>20 – 500</td><td>20 – 600</td></tr> <tr> <td>10⁻⁶ m/(m • K)</td><td>10,3</td><td>11,0</td><td>11,2</td><td>11,5</td><td>11,8</td><td>11,6</td></tr> </table> <p>Wärmeleitfähigkeit bei °C</p> <table> <tr> <td>20</td><td>350</td><td>700</td></tr> <tr> <td>W/(m • K)</td><td>14,2</td><td>18,5</td><td>22,5</td></tr> </table>	bei °C	20 – 100	20 – 200	20 – 300	20 – 400	20 – 500	20 – 600	10 ⁻⁶ m/(m • K)	10,3	11,0	11,2	11,5	11,8	11,6	20	350	700	W/(m • K)	14,2	18,5	22,5
bei °C	20 – 100	20 – 200	20 – 300	20 – 400	20 – 500	20 – 600																
10 ⁻⁶ m/(m • K)	10,3	11,0	11,2	11,5	11,8	11,6																
20	350	700																				
W/(m • K)	14,2	18,5	22,5																			
Verwendungshinweise	Formschwierige Leichtmetall-Druckgießformen, Kaltpilgerdorne.																					
Wärmebehandlung	<table> <tr> <td>Lösungsglühen °C</td><td>820 – 850</td> <td>Abkühlen</td><td>Wasser</td> <td>Glühhärte HB</td><td>Max. 340</td> </tr> <tr> <td>Ausscheidungshärtung °C</td><td>490 / 6 Stunden (Luft)</td> <td></td><td></td> <td>Erreichbare Härte HRC</td><td>Ca. 55</td> </tr> </table>	Lösungsglühen °C	820 – 850	Abkühlen	Wasser	Glühhärte HB	Max. 340	Ausscheidungshärtung °C	490 / 6 Stunden (Luft)			Erreichbare Härte HRC	Ca. 55									
Lösungsglühen °C	820 – 850	Abkühlen	Wasser	Glühhärte HB	Max. 340																	
Ausscheidungshärtung °C	490 / 6 Stunden (Luft)			Erreichbare Härte HRC	Ca. 55																	

Auslagerungsdiagramm

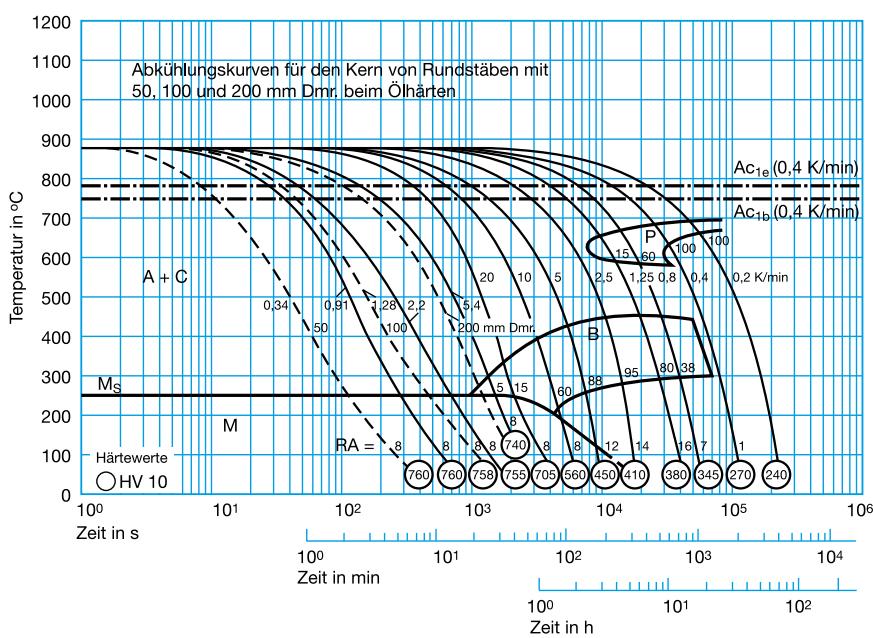


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

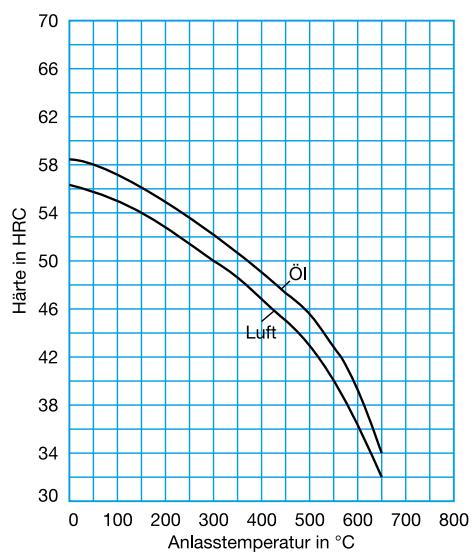
Thermodur® 2714

55NiCrMoV7	C 0,56	Cr 1,10	Mo 0,50	Ni 1,70	V 0,10		
Werkstoff-eigenschaften	Zäher Gesenkstahl mit hoher Anlassbeständigkeit und Durchvergütung. Dieser Stahl wird üblicherweise gegläut oder auf Einbauhärte von 370 bis 410 HB (rd.) bzw. 355 bis 400 HB (vkt., flach) vergütet geliefert.						
Normenzuordnung	AISI ~L6 AFNOR 55NCDV7						
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C 20 – 100 20 – 200 20 – 300 20 – 400 20 – 500 20 – 600 $10^{-6} \text{ m}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 12,2 13,0 13,3 13,7 14,2 14,4						
	Wärmeleitfähigkeit bei °C 20 350 700 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 36,0 38,0 35,0						
Verwendungs-hinweise	Standardstahl für Schmiedegesenke aller Art, Formteilpressgesenke, Strangpressstempel, Matrizenhalter, gepanzerte Schnittplatten, Warmscherenmesser.						
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 650 – 700	Abkühlen Ofen	Glühhärte HB Max. 250				
	Härten °C 830 – 870	Abschrecken Öl	Härte nach dem Abschrecken HRC 58				
	860 – 900	Luft	56				
	Anlassen °C nach dem Abschrecken	100 200 300 400 450 500 550 600 650					
	in Öl – HRC	57 54 52 49 47 46 43 38 34					
	an Luft – HRC	55 52 50 47 45 43 40 36 32					

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild

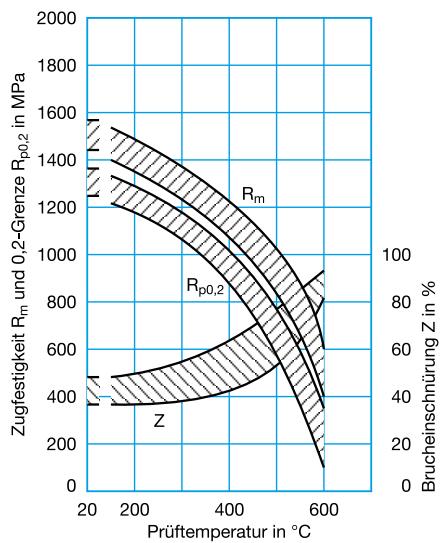


Anlassschaubild

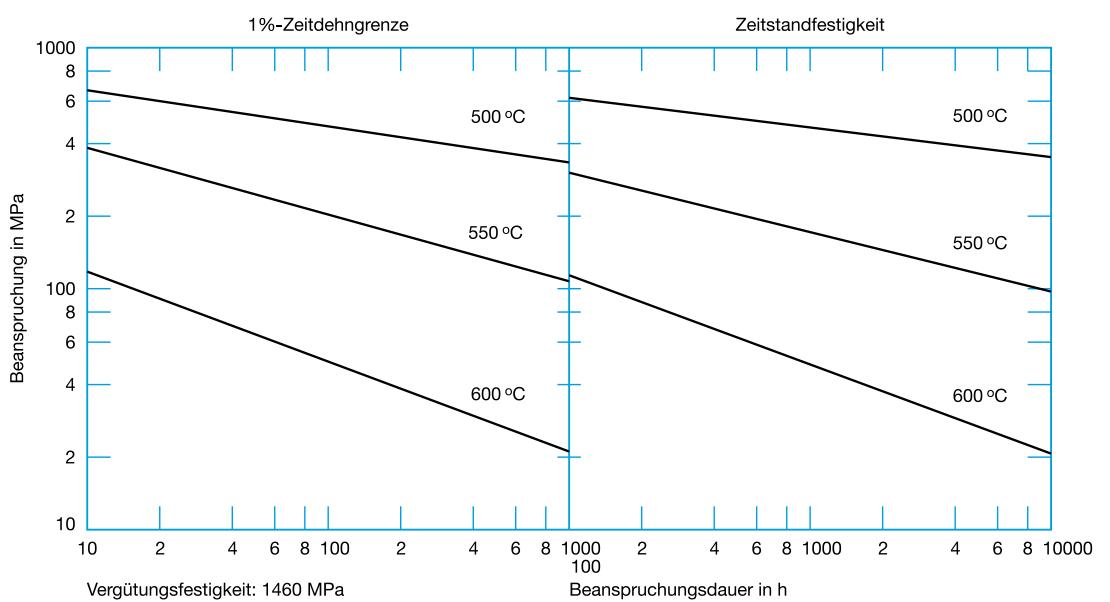


Thermodur® 2714

Warmfestigkeitsschaubild



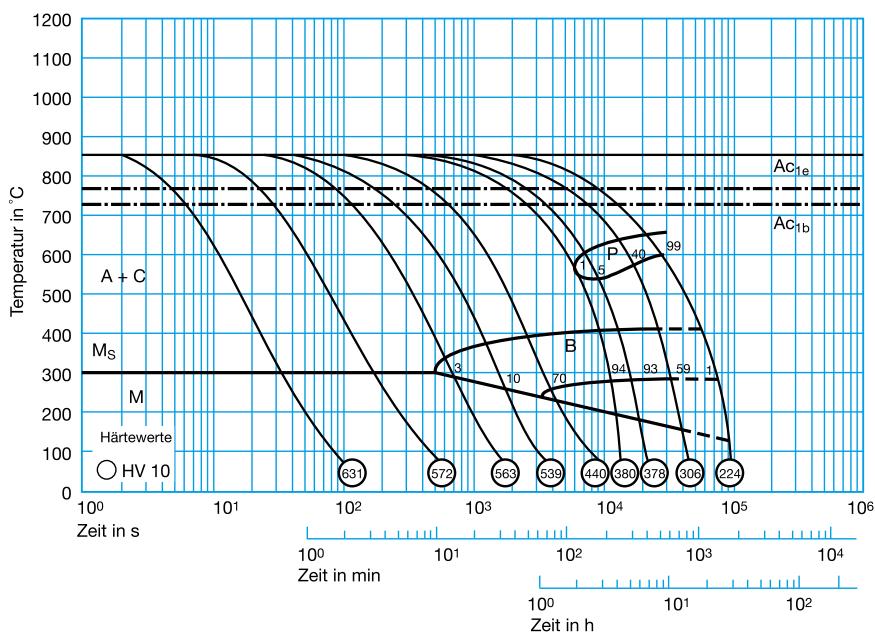
Zeitdehnverhalten



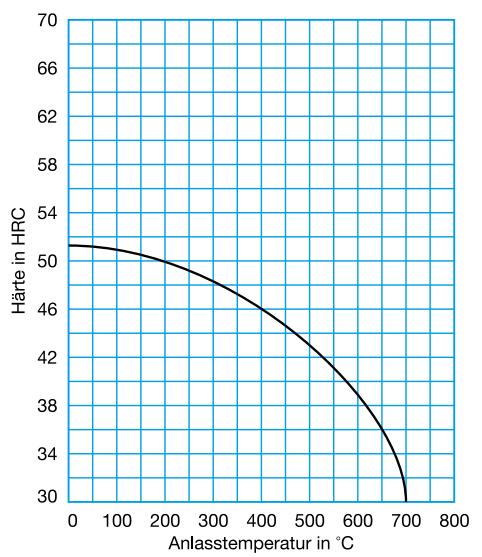
Formadur® 2738

40CrMnNiMo8-6-4		C 0,40	Mn 1,50	Cr 1,90	Ni 1,00	Mo 0,20													
Werkstoff-eigenschaften	Vergüteter Kunststoffformenstahl, Lieferhärte 280 – 325 HB. Gute Zerspanbarkeit, narbungsgeeignet, bessere Durchvergütbarkeit gegenüber Formadur® 2311, gute Polierbarkeit.																		
Normenzuordnung	AISI P20+Ni																		
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C 20 – 100 20 – 200 20 – 300 20 – 400 20 – 500 20 – 600 20 – 700 $10^{-6} \text{ m}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 11,1 12,9 13,4 13,8 14,2 14,6 14,9																		
	Wärmeleitfähigkeit bei °C 20 350 700 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 34,5 33,5 32,0																		
Verwendungs-hinweise	Formrahmen für Druckgussformen, Kunststoffgroßformen.																		
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 710 – 740	Abkühlen Ofen			Glühhärte HB Max. 235														
	Härteten °C 840 – 870	Abschrecken Polymer oder Öl			Härte nach dem Abschrecken HRC 51														
	Anlassen °C 51	100	200	300	400	500	600	700											
	HRC 51	51	50	48	46	42	39	28											

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild, Härtetemperatur: 1030 °C



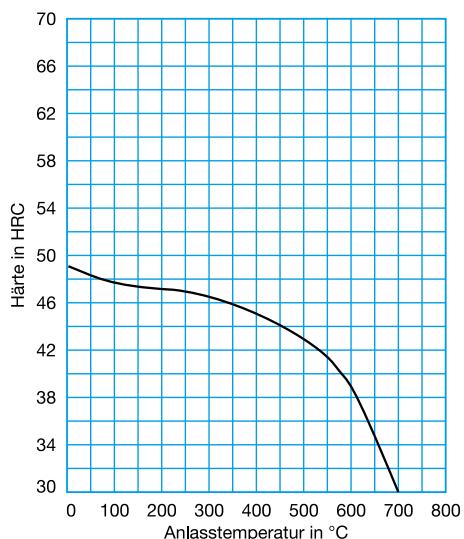
Anlassschaubild



Thermodur® 2740

28NiCrMoV10		C 0,28	Cr 0,70	Mo 0,60	Ni 2,50	V 0,30
Werkstoff-eigenschaften	Lufthärtender Sonderstahl für Warmarbeit. Hohe Zähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit.					
Verwendungshinweise	Spezialstahl für Dornstangen und Pilgerdorne. Die vor- oder fertig bearbeiteten Werkzeuge werden im Allgemeinen vergütet geliefert.					
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 670 – 700	Abkühlen Ofen	Glühhärte HB Max. 240			
	Härten °C 840 – 870	Abschrecken Luft oder Öl	Härte nach dem Abschrecken HRC 49			

Anlassschaubild



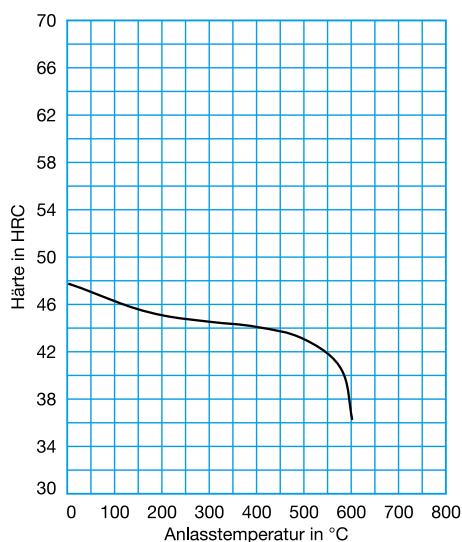
Thermodur® 2782 Superclean

X16CrNiSi25-20	C 0,15 Si 2,00 Mn 0,80 Cr 25,00 Ni 20,00
Werkstoff-eigenschaften	Zunderbeständiger austenitischer Warmarbeitsstahl, beständig gegen oxidierende Atmosphäre, gut kaltverformbar. Zunderbeständigkeit an Luft bis ca. 1150 °C.
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C 20 – 200 20 – 400 20 – 600 10⁻⁶ m/(m • K) 16,5 17,0 17,5 Wärmeleitfähigkeit bei °C 20 500 W/(m • K) 13,0 19,0
Verwendungs-hinweise	Werkzeuge für die Glasverarbeitung, z. B. Kappeln, Pfeifenköpfe, Pfeifenspindeln, Mundstücke, Anfangeisen.
Wärmebehandlung	Lösungsglühen °C 1000 – 1100 Abschrecken Luft oder Wasser Festigkeit nach dem Abschrecken MPa 495 – 705

Thermodur® 2787/2787 Superclean

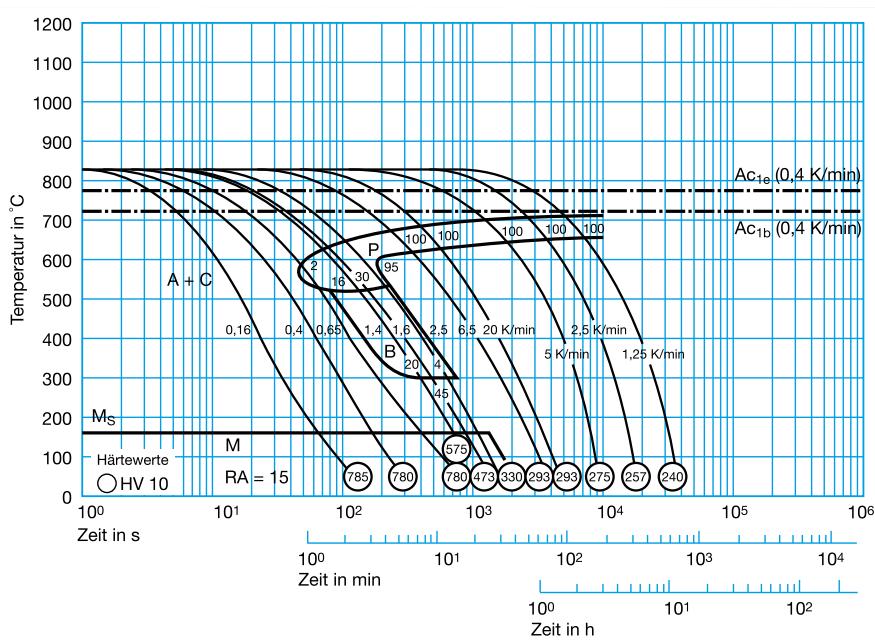
X23CrNi17	C 0,22	Si 0,40	Mn 0,50	Cr 16,50	Ni 1,70	
Werkstoff-eigenschaften	Vergütbarer korrosions- und zunderbeständiger Warmstahl.					
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C 20 – 100 20 – 200 20 – 300 20 – 400 20 – 500 10^{-6} m/(m • K) 10,0 10,5 11,0 11,0 11,0					
	Wärmeleitfähigkeit bei °C 20 W/(m • K) 25,0					
Verwendungshinweise	Werkzeuge für die Glasverarbeitung. Für höchste Anforderungen empfehlen wir, THYROTHERM® 2787 SUPRA zu verwenden.					
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 710 – 750 Abkühlen Ofen Glühhärte HB Max. 245 Härten °C 990 – 1020 Abschrecken Öl oder Härte nach dem Abschrecken HRC Warmbad, 200 °C Anlassen °C nach dem Abschrecken in Öl – HRC 100 200 300 400 500 600 46 45 45 44 43 36					

Anlassschaubild

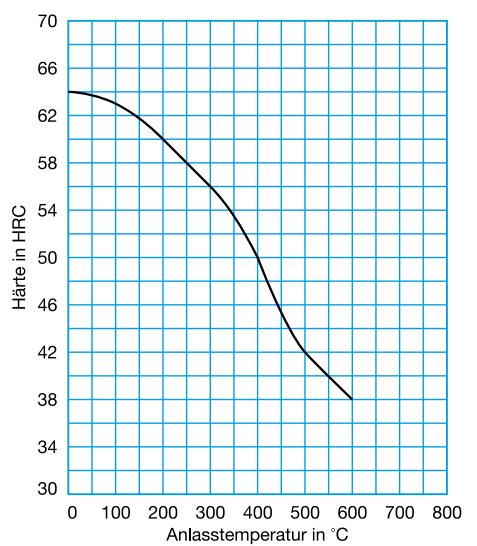


Cryodur® 2842

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



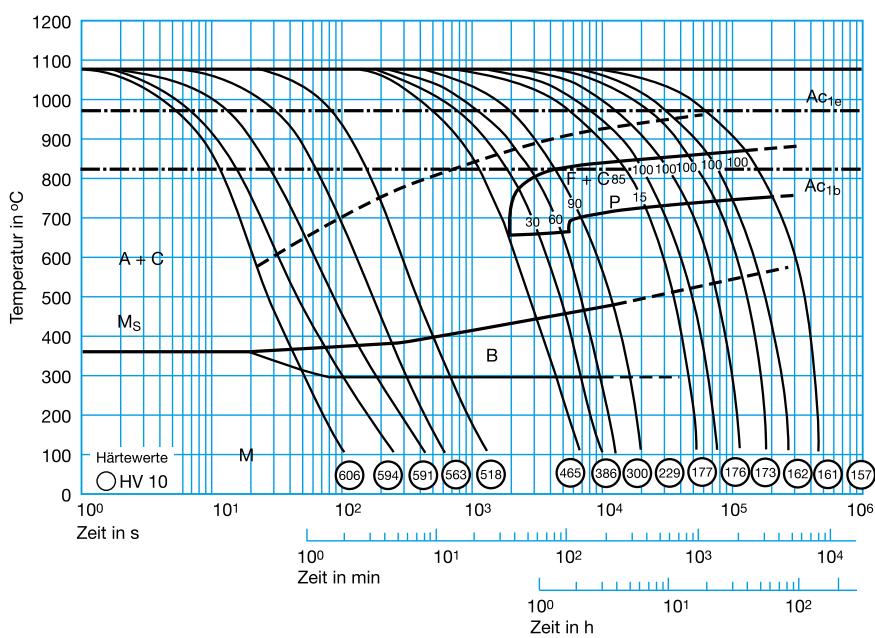
Anlassschaubild



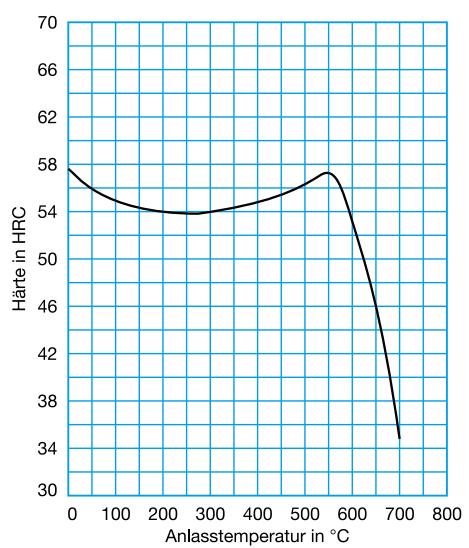
Thermodur® 2999 EFS Superclean

X45MoCrV5-3-1	C 0,45	Si 0,30	Mn 0,30	Cr 3,00	Mo 5,00	V 1,00	
Werkstoff-eigenschaften	Höchste Warmfestigkeit, hoher Warmverschleißwiderstand, excellente Thermoschockbeständigkeit bei hoher Wärmeleitfähigkeit über den gesamten Einsatztemperaturbereich.						
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient						
	bei °C	20 – 100	20 – 200	20 – 300	20 – 400	20 – 500	
	10 ⁻⁶ m/(m • K)	11,3	11,9	12,2	12,6	13,0	
	Wärmeleitfähigkeit bei °C	20	350	700			
	W/(m • K) Geglüht	37,8	39,5	39,5			
	W/(m • K) Vergütet	31,4	35,2	36,2			
Verwendungshinweise	Hoch verschleißbeanspruchte Gesenkeinsätze und Schnellschmiedewerkzeuge, Schwermetall-Druckguss, Warmarbeitswerkzeuge für höchste Temperaturbelastung.						
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 750 – 800	Abkühlen Ofen	Glühhärte HB Max. 230				
	Härten °C 1070 – 1100	Abschrecken Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C	Härte nach dem Abschrecken HRC 57				
	Anlassen °C HRC	100 55	200 54	300 54	400 55	500 56	550 57
		600 53	650 46				

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



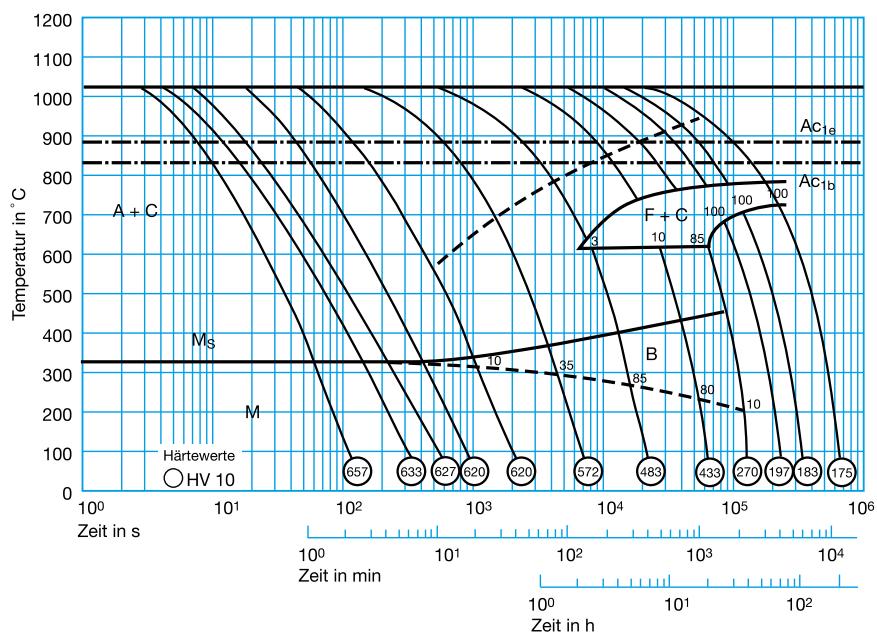
Anlassschaubild



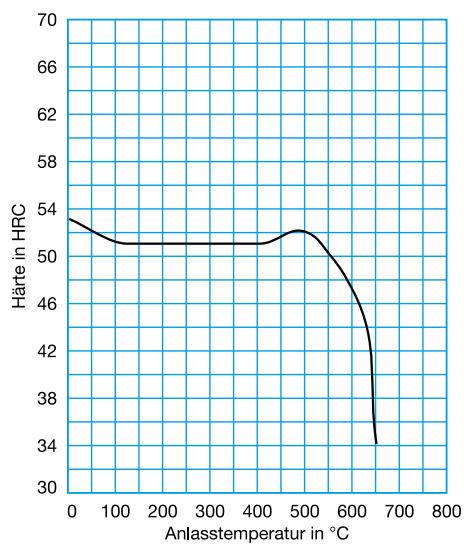
Thermodur® E38 Superclean

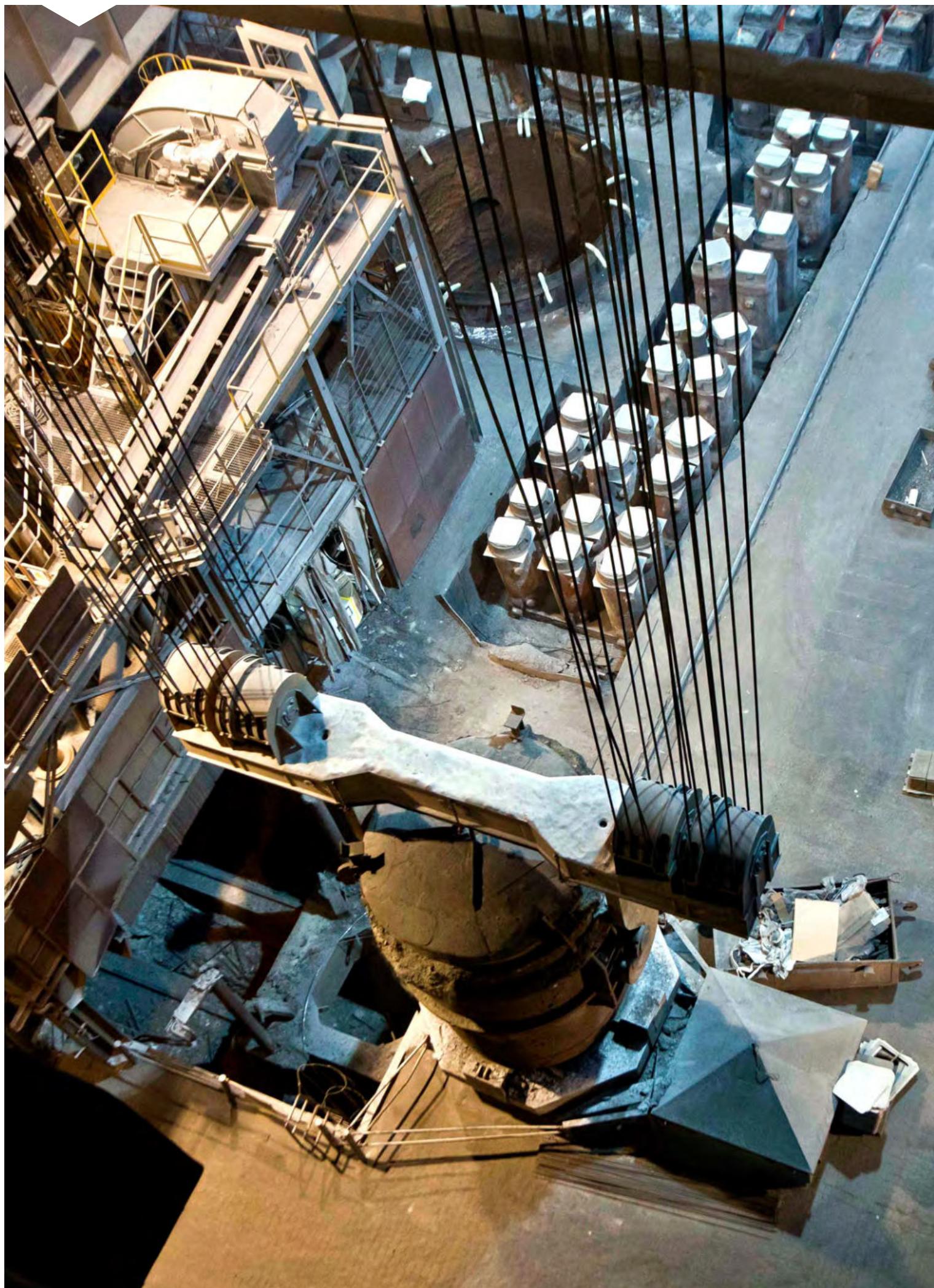
Ca. X35CrMoV5-1 C 0,35 Si 0,30 Mn 0,30 S < 0,003 Cr 5,00 Mo 1,35 V 0,45								
Werkstoff-eigenschaften	Hohe Warmfestigkeit bei verbesserter Zähigkeit. Gute Wärmeleitfähigkeit und Warmrissunempfindlichkeit. Bedingt wasserkühlbar.							
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C 20 – 100 20 – 200 20 – 300 20 – 400 20 – 500 20 – 600 20 – 700 $10^{-6} \text{ m}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 11,8 12,4 12,6 12,7 12,8 12,9 12,9							
	Wärmeleitfähigkeit bei °C 20 350 700 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ Geglüht 29,8 30,0 33,4 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ Vergütet 26,8 27,3 30,3							
Verwendungshinweise	Universell verwendbarer Warmarbeitsstahl, aufgrund der hervorragenden Zähigkeit besonders für hochbiegebeanspruchte Anwendungen geeignet. » Strangpresswerkzeuge für die Leichtmetallverarbeitung » Druckgießwerkzeuge für die Leichtmetallverarbeitung							
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 740 – 780 Abkühlen Ofen Glühhärte HB Max. 200 Härtung °C 1000 – 1030 Abschrecken Öl oder Härte nach dem Abschrecken HRC 53 Anlassen °C 100 200 300 400 500 550 600 700 HRC 51 51 51 51 52 50 47 34							

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild





Verarbeitungshinweise

Konstruktion

Wichtig für den wirtschaftlichen Einsatz von Werkzeugen ist die Konstruktion. Ein exakt gearbeitetes und richtig wärmebehandeltes Werkzeug aus dem bestmöglichen Werkzeugstahl wird dennoch frühzeitig zu Bruch gehen, wenn konstruktive Mängel vorliegen. Richtige Konstruktion und sachgemäße Wärmebehandlung sind wesentliche Voraussetzungen für die Vermeidung finanzieller und zeitlicher Belastungen. Riss- bzw. bruchbegünstigend können sich folgende Faktoren auswirken:

- » falsche Dimensionierung
- » schroffe Querschnittsübergänge
- » scharfe Kerben (z. B. Dreh- und Schleifriefen, Reißnadelmarkierungen, eingeschlagene Zahlen)

Mit zunehmender Festigkeit der Werkzeuge steigt ihre Kerbempfindlichkeit: Je höher die Härte gewählt wird, desto sorgfältiger müssen die Oberflächen bearbeitet und die Querschnittsübergänge hergestellt werden. Daher sollten größtmögliche Radien vorgesehen werden, die möglichst noch poliert werden sollten. Generell sind die verminderte Zähigkeit bei hohen Härtelagen sowie die unterschiedlichen Zähigkeiteigenschaften der verschiedenen Stähle zu berücksichtigen.

Konstruktion und Wärmebehandlung

Die bei der Wärmebehandlung auftretenden Gefügeumwandlungen und zwangsläufig auftretenden Temperaturunterschiede zwischen Oberfläche und Kern verursachen Spannungen, die zu Formänderungen führen. Die Temperaturunterschiede sind von der Größe und Form des Werkzeugs abhängig. Der Konstrukteur sollte auf eine symmetrische Ausbildung achten. Da die Temperaturdifferenzen mit zunehmendem Volumen ansteigen, ist zu prüfen, ob eine Unterteilung des Werkzeugs in einzelne Segmente zweckmäßig ist. Diese Bauart bietet auch den Vorteil, dass verschlissene oder beschädigte Einzelteile schneller ausgetauscht werden können.

Problematisch bei der Wärmebehandlung sind immer wieder schmale Stege innerhalb eines Werkzeugs. Da diese schmalen Stege schneller abkühlen, tritt bei ihnen eine raschere Umwandlung des Austenits in Martensit ein als bei dickeren Querschnitten. In solchen Fällen sollte grundsätzlich geprüft werden, ob eine Werkzeugteilung möglich ist.

Bearbeitung

Werkzeuge aus Warmarbeitsstahl werden durch spanende und spanlose Formgebungsverfahren hergestellt. Bei der spanenden Bearbeitung werden Oberflächenspannungen erzeugt und je nach Tiefe der Bearbeitung wird der Spannungszustand des Werkstückes verändert. Bei umfangreicher Zerspanung empfiehlt es sich, bei geglühten und vergüteten Teilen ein thermisches Entspannen vor der Fertigbearbeitung durchzuführen, um das Verzugs- bzw. Spannungsrissrisiko bei der Fertigbearbeitung zu vermindern. Kritische Bearbeitungsverfahren sind Verfahren, bei denen die Struktur des Stahles durch thermische Beeinflussung verändert wird.

Elektroerodieren

Bei diesem Verfahren wird die Oberfläche durch Funkenentladung zwischen einer Elektrode und dem herzustellenden Werkzeug abgetragen. Die Funkenerosion bietet vor allem Vorteile bei der Bearbeitung von gehärteten Werkzeugen. Durch die extremen Temperaturen im Arbeitsspalt (ca. 10.000 °C) verdampft das abgearbeitete Material und wird vom Dielektrikum abtransportiert. Zurück bleibt eine aufgeschmolzene Zone mit einer weit ins Material reichenden thermischen Beeinflussung. Hier bilden sich feine Anrisse, die zum vorzeitigen Ausfall eines Werkzeugs führen können. Impulsenergie und Spülung durch das Dielektrikum bestimmen die Tiefe dieser spröden Neuhärtungszone und die Größe der Spannungen. Nur ein sorgfältiges mechanisches Nacharbeiten (Entfernen der geschädigten Randzonen) gewährleistet eine ausreichende Sicherheit gegen Rissfortschritt. Beim Strukturerodieren muss eine gleichmäßige Spülung gewährleistet sein, um eine Orientierung der Struktur in Spülrichtung zu vermeiden.

Fräsen

Unser Werkzeugstahl lässt sich seinem vorgesehenen Einsatz entsprechend gut zerspanen. Eine Bearbeitung ist aus wirtschaftlichen Gründen mit modernen Zerspanungswerkzeugen (Hartmetallwerkzeugen) anzustreben.

Maßgeblich für den Erfolg ist die Einstellung der Zerspanungsparameter (Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit) gemäß nachfolgender Tabelle und den Werkzeugherstellerangaben. Die Fräsbearbeitung mit Hartmetallwerkzeugen ist „trocken“ (ohne Kühlenschmierstoff) durchzuführen. Sollte beim Fräsen ein erhöhter Verschleiß an der Wendeplatte auftreten, ist eine Beurteilung der Verschleißform vorzunehmen. Aufgrund des Beurteilungsergebnisses müssen die Schnittgeschwindigkeit und die Vorschubgröße gegebenenfalls überprüft und neu eingestellt werden, wobei diese erfahrungsgemäß häufig zu niedrig gewählt worden sind. Die Größe der Spantiefe a_p hat bei der Einstellung der Vorschub- und der Schnittgeschwindigkeit hinsichtlich des Verschleißes eine untergeordnete Bedeutung. Grundsätzlich sind stabile Maschinen und Aufspannverhältnisse anzustreben:

- » HM-Wendeschneidplatten immer ohne Kühlenschmierstoffe einsetzen
- » Schruppen mit 0° Spanwinkel und negativer Fase
- » Schnittgeschwindigkeit im oberen Bereich ansetzen

In Verbindung mit HSS Werkzeugen müssen die Kühlenschmierstoffe nach den Herstellerangaben im oberen Bereich angemischt werden.

Schleifen

Ein einwandfreies Schleifen der gehärteten Werkzeuge ist besonders wichtig. Bei der Schleifscheibenauswahl muss darauf geachtet werden, dass Korngröße, Härte und Bindung dem zu schleifenden Stahl angepasst sind. Je härter der Stahl, umso weicher muss die Scheibe sein und umso geringer der Anpressdruck. Falsch gewählte Schleifscheiben oder zu starker Anpressdruck verursachen trotz ausreichender Wasserkühlung örtliche Überhitzungen, die zu thermischen Beeinflussungen und Schleifrissen führen. Anlassfarben oder sogenannte Brandflecken dürfen nicht auftreten. Für das Schleifen gilt grundsätzlich Folgendes:

- » Richtige Schleifscheibe verwenden
- » Angemessenen Anpressdruck verwenden (je höher die Härte, desto geringer der Anpressdruck)
- » Offene Schleifscheiben verwenden
- » Kühlmittelzufluss reichlich und gut führen

Polieren

Das Polieren ist häufig der letzte Bearbeitungsschritt bei der Herstellung einer Form. Die Qualität der polierten Oberfläche ist bei der Abmusterung der Form das ausschlaggebende Kriterium. Das Polierergebnis wird entscheidend bestimmt durch:

- » Stahlqualität
- » Wärmebehandlungszustand
- » Poliertechnik



Stahlqualität

Neben der chemischen Zusammensetzung beeinflusst auch das Herstellungsverfahren ganz entscheidend die Polierbarkeit.

Einfluss auf das Polierergebnis haben z. B. nichtmetallische Einschlüsse (Reinheitsgrad) oder harte Gefügebestandteile wie z. B. Primärkarbide, die Stippen auf der polierten Oberfläche bilden können. Zur Verbesserung des Reinheitsgrads wird Warmarbeitsstahl der Deutschen Edelstahlwerke immer sekundärmetallurgisch in Pfannenöfen und Vakuum Entgasungsanlagen behandelt. Eine weitere Verfeinerung bietet die elektroschlackeumgeschmolzene (ESU) bzw. die vakuumumgeschmolzene (VU) Ausführung, z.B. Thermodur® 2343/44 EFS Superclean oder Formadur® 2083 Superclean.

Wärmebehandlungszustand

Grundsätzlich gilt: Je härter die Form, desto besser lässt sie sich polieren.

Für Hochglanzpolituren empfehlen sich Härtelagen > 50 HRC. Bei geringer oder ungleichmäßiger Härte besteht die Gefahr von Wellenbildung (so genannte Orangenhaut).

Poliertechnik

Überaus wichtig neben der entsprechenden Stahlauswahl und Wärmebehandlung ist die Poliertechnik. Das Polierergebnis hängt maßgeblich von der Erfahrung und dem Geschick des Polierers ab. Je feiner die Abstufung der Schleif- und Polivorgänge, desto besser die Oberflächengüte.

Zerspanungsrichtwerte für das Bohren von Werkzeugstählen

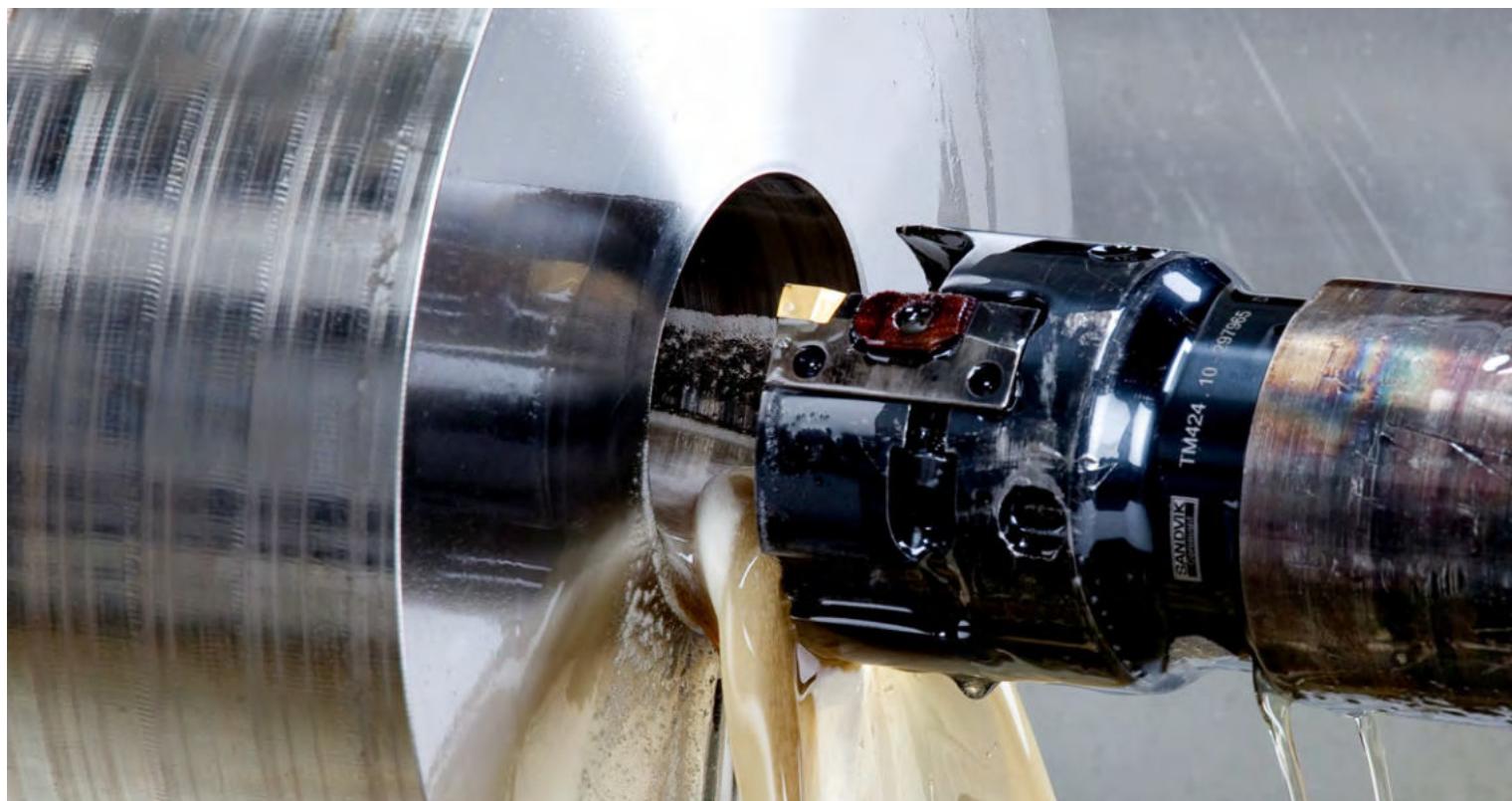
Marke	Behandlungsstatus	Schnittgeschwindigkeit v = m/min			Vorschub s = mm/U			Bohrerdurchmesser mm		
		3343/ 3243	3343/ 3243 + TiN	HM K 10	3343/ 3243	3343/ 3243 + TiN	HM K 10	3343/ 3243	3343/ 3243 + TiN	HM K 10
Cryodur® 1730	Geglüht	14 – 20	25 – 30	60 – 100	0,04 – 0,20	0,16 – 0,25	0,06 – 0,30	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Formadur® 2083	Geglüht	8 – 14	18 – 23	40 – 60	0,04 – 0,14	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Formadur® 2312	Vergütet	10 – 16	20 – 25	50 – 80	0,04 – 0,20	0,16 – 0,25	0,06 – 0,30	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® 2329	Vergütet	6 – 10	15 – 20	30 – 50	0,04 – 0,16	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® 2342 EFS	Geglüht	8 – 14	18 – 23	40 – 60	0,04 – 0,14	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® 2343 EFS	Geglüht	8 – 14	18 – 23	40 – 60	0,04 – 0,14	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® 2344 EFS	Geglüht	8 – 14	18 – 23	40 – 60	0,04 – 0,14	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® 2365 EFS	Geglüht	8 – 14	18 – 23	40 – 60	0,04 – 0,14	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® 2367 EFS	Geglüht	8 – 14	18 – 23	40 – 60	0,04 – 0,14	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Cryodur® 2379	Geglüht	6 – 10	15 – 20	30 – 50	0,04 – 0,16	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Cryodur® 2709	Lösungsgeglüht	8 – 14	18 – 23	40 – 60	0,04 – 0,14	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® 2714	Vergütet	6 – 10	15 – 20	30 – 50	0,04 – 0,16	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Formadur® 2738	Vergütet	6 – 10	15 – 20	30 – 50	0,04 – 0,16	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® 2740	Geglüht	8 – 14	18 – 23	40 – 60	0,04 – 0,14	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® 2782	Lösungsgeglüht	8 – 14	18 – 23	40 – 60	0,04 – 0,14	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® 2787	Vergütet	6 – 10	15 – 20	30 – 50	0,04 – 0,16	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Cryodur® 2842	Geglüht	10 – 18	20 – 25	50 – 80	0,04 – 0,20	0,16 – 0,25	0,06 – 0,30	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® 2999 EFS	Geglüht	8 – 14	18 – 23	40 – 60	0,04 – 0,14	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47
Thermodur® E 38 K Superclean	Geglüht	8 – 14	18 – 23	40 – 60	0,04 – 0,14	0,12 – 0,20	0,06 – 0,20	8 – 16	8 – 16	20 – 47

Zerspanungsrichtwerte für das Drehen von Werkzeugen mit HSS- und Hartmetallwerkzeugen

Marke	Behandlungsstatus	HSS-Werkzeug THYRAPID® 3207				HM-Werkzeug P25/P25, TIALAN-beschichtet P10/P15			
		Schruppen		Schlichten		Schruppen		Schlichten	
		Schnittgeschwindigkeit Vc (m/min)	Vorschub s = mm/U	Schnittgeschwindigkeit Vc (m/min)	Vorschub s = mm/U	Schnittgeschwindigkeit Vc (m/min)	Vorschub s = mm/U	Schnittgeschwindigkeit Vc (m/min)	Vorschub s = mm/U
Cryodur® 1730	Geglüht	20 – 40	0,2 – 0,4	40 – 70	0,1 – 0,2	150 – 230	0,4 – 1,0	300 – 420	0,1 – 0,4
Formadur® 2083	Geglüht	15 – 25	0,2 – 0,4	25 – 50	0,1 – 0,2	125 – 195	0,4 – 1,0	250 – 370	0,1 – 0,4
Formadur® 2312	Vergütet	15 – 30	0,2 – 0,4	35 – 60	0,1 – 0,2	130 – 200	0,4 – 1,0	270 – 390	0,1 – 0,4
Thermodur® 2329	Vergütet	10 – 20	0,2 – 0,4	20 – 30	0,1 – 0,2	115 – 175	0,4 – 1,0	235 – 350	0,1 – 0,4
Thermodur® 2342 EFS	Geglüht	15 – 25	0,2 – 0,4	25 – 50	0,1 – 0,2	125 – 195	0,4 – 1,0	250 – 370	0,1 – 0,4
Thermodur® 2343 EFS	Geglüht	15 – 25	0,2 – 0,4	25 – 50	0,1 – 0,2	125 – 195	0,4 – 1,0	250 – 370	0,1 – 0,4
Thermodur® 2344 EFS	Geglüht	15 – 25	0,2 – 0,4	25 – 50	0,1 – 0,2	125 – 195	0,4 – 1,0	250 – 370	0,1 – 0,4
Thermodur® 2365 EFS	Geglüht	15 – 25	0,2 – 0,4	25 – 50	0,1 – 0,2	125 – 195	0,4 – 1,0	250 – 370	0,1 – 0,4
Thermodur® 2367 EFS	Geglüht	15 – 25	0,2 – 0,4	25 – 50	0,1 – 0,2	125 – 195	0,4 – 1,0	250 – 370	0,1 – 0,4
Cryodur® 2379	Geglüht	10 – 20	0,2 – 0,4	20 – 30	0,1 – 0,2	115 – 175	0,4 – 1,0	235 – 350	0,1 – 0,4
Cryodur® 2709	Lösungsgeglüht	15 – 25	0,2 – 0,4	25 – 50	0,1 – 0,2	125 – 195	0,4 – 1,0	250 – 370	0,1 – 0,4
Thermodur® 2714	Vergütet	10 – 20	0,2 – 0,4	20 – 30	0,1 – 0,2	115 – 175	0,4 – 1,0	235 – 350	0,1 – 0,4
Formadur® 2738	Vergütet	10 – 20	0,2 – 0,4	20 – 30	0,1 – 0,2	125 – 175	0,4 – 1,0	235 – 350	0,1 – 0,4
Thermodur® 2740	Geglüht	15 – 25	0,2 – 0,4	25 – 50	0,1 – 0,2	125 – 195	0,4 – 1,0	250 – 370	0,1 – 0,4
Thermodur® 2782	Lösungsgeglüht	15 – 25	0,2 – 0,4	25 – 50	0,1 – 0,2	125 – 195	0,4 – 1,0	250 – 370	0,1 – 0,4
Thermodur® 2787	Vergütet	10 – 20	0,2 – 0,4	20 – 30	0,1 – 0,2	115 – 175	0,4 – 1,0	235 – 350	0,1 – 0,4
Cryodur® 2842	Geglüht	15 – 30	0,2 – 0,4	35 – 60	0,1 – 0,2	130 – 200	0,4 – 1,0	270 – 390	0,1 – 0,4
Thermodur® 2999 EFS	Geglüht	10 – 20	0,2 – 0,4	20 – 30	0,1 – 0,2	115 – 175	0,4 – 1,0	235 – 350	0,1 – 0,4
Thermodur® E 38 K Superclean	Geglüht	15 – 25	0,2 – 0,4	25 – 50	0,1 – 0,2	125 – 195	0,4 – 1,0	250 – 370	0,1 – 0,4

Zerspanungsrichtwerte für das Fräsen von Werkzeugen mit HSS- und Hartmetallwerkzeugen

Marke	Behandlungsstatus	HSS-Werkzeug THYRAPID® 3207				HM-Werkzeug P40, TIALAN-beschichtet P25			
		Schruppen		Schlichen		Schruppen		Schlichen	
		Schnittgeschwindigkeit Vc (m/min)	Vorschub fz (mm)	Schnittgeschwindigkeit Vc (m/min)	Vorschub fz (mm)	Schnittgeschwindigkeit Vc (m/min)	Vorschub fz (mm)	Schnittgeschwindigkeit Vc (m/min)	Vorschub fz (mm)
Cryodur® 1730	Geglüht	15 – 25	0,10 – 0,20	20 – 40	0,05 – 0,10	150 – 210	0,30 – 0,60	120 – 200	0,10 – 0,20
Formadur® 2083	Geglüht	10 – 18	0,10 – 0,20	15 – 30	0,05 – 0,10	110 – 170	0,30 – 0,60	110 – 170	0,10 – 0,20
Formadur® 2312	Vergütet	12 – 20	0,10 – 0,20	20 – 35	0,05 – 0,10	140 – 190	0,30 – 0,60	120 – 180	0,10 – 0,20
Thermodur® 2329	Vergütet	8 – 10	0,18 – 0,25	10 – 15	0,20 – 0,40	80 – 160	0,20 – 0,40	90 – 180	0,15 – 0,25
Thermodur® 2342 EFS	Geglüht	10 – 18	0,20 – 0,40	15 – 25	0,30 – 0,60	100 – 160	0,20 – 0,40	110 – 190	0,15 – 0,25
Thermodur® 2343 EFS	Geglüht	10 – 18	0,10 – 0,20	15 – 30	0,05 – 0,10	110 – 170	0,30 – 0,60	110 – 170	0,10 – 0,20
Thermodur® 2344 EFS	Geglüht	10 – 18	0,10 – 0,20	15 – 30	0,05 – 0,10	110 – 170	0,30 – 0,60	110 – 170	0,10 – 0,20
Thermodur® 2365 EFS	Geglüht	10 – 18	0,10 – 0,20	15 – 30	0,05 – 0,10	110 – 170	0,30 – 0,60	110 – 170	0,10 – 0,20
Thermodur® 2367 EFS	Geglüht	10 – 18	0,10 – 0,20	15 – 30	0,05 – 0,10	110 – 170	0,30 – 0,60	110 – 170	0,10 – 0,20
Cryodur® 2379	Geglüht	8 – 15	0,10 – 0,20	12 – 20	0,05 – 0,10	90 – 160	0,30 – 0,60	100 – 160	0,10 – 0,20
Cryodur® 2709	Lösungsgeglüht	10 – 18	0,20 – 0,40	15 – 25	0,30 – 0,60	100 – 160	0,20 – 0,40	110 – 190	0,15 – 0,25
Thermodur® 2714	Vergütet	8 – 10	0,18 – 0,25	10 – 15	0,20 – 0,40	80 – 160	0,20 – 0,40	90 – 180	0,15 – 0,25
Formadur® 2738	Vergütet	8 – 15	0,10 – 0,20	12 – 20	0,05 – 0,10	90 – 160	0,30 – 0,60	100 – 160	0,10 – 0,20
Thermodur® 2740	Geglüht	10 – 18	0,20 – 0,40	15 – 25	0,30 – 0,60	100 – 160	0,20 – 0,40	110 – 190	0,15 – 0,25
Thermodur® 2782	Lösungsgeglüht	10 – 18	0,20 – 0,40	15 – 25	0,30 – 0,60	100 – 160	0,20 – 0,40	110 – 190	0,15 – 0,25
Thermodur® 2787	Vergütet	8 – 10	0,18 – 0,25	10 – 15	0,20 – 0,40	80 – 160	0,20 – 0,40	90 – 180	0,15 – 0,25
Cryodur® 2842	Geglüht	12 – 20	0,10 – 0,20	20 – 35	0,05 – 0,10	140 – 190	0,30 – 0,60	120 – 180	0,10 – 0,20
Thermodur® 2999 EFS	Geglüht	8 – 10	0,18 – 0,25	10 – 15	0,20 – 0,40	80 – 160	0,20 – 0,40	90 – 180	0,15 – 0,25
Thermodur® E 38 K Superclean	Geglüht	10 – 18	0,10 – 0,20	15 – 30	0,05 – 0,10	110 – 170	0,30 – 0,60	110 – 170	0,10 – 0,20



Reparaturschweißen

Bei Werkzeugstahl ist aufgrund seines Legierungsaufbaus das Schweißen mit einem gewissen Risiko verbunden. Während der Abkühlung der Schweißnaht entstehen thermische und Gefügeumwandlungsspannungen, die zur Rissbildung führen können. Konstruktive Änderungen, natürlicher Verschleiß oder Werkzeugausfälle durch Bruch oder Rissbildung machen eine Reparatur durch ein Elektroschweißverfahren jedoch häufig unumgänglich.

Folgende Grundregeln sollten beim Reparaturschweißen beachtet werden:

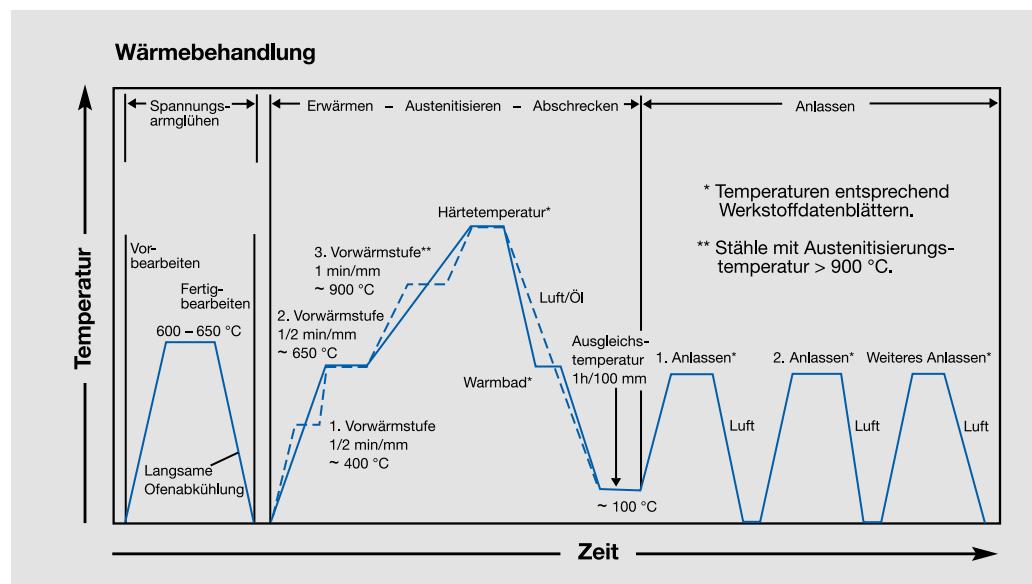
- » Oberflächen gründlich reinigen, Risse U-förmig ausschleifen
- » Durchgreifende Vorwärmung, Vorwärmtemperatur oberhalb der Martensitbildungstemperatur (Ms-Linie s. ZTU-Diagramm Werkstoffdatenblatt) zur Vermeidung von Gefügeumwandlungen während des Schweißens
- » Hochlegierten Warmarbeitsstahl vorwärmen auf 350 – 450 °C
- » Schweißen (ggf. Zwischenwärmen)
- » Verwendung von dem Grundwerkstoff entsprechenden Elektroden
- » Das WIG-Schweißverfahren bietet den Vorteil einer feineren Gefügestruktur, da gegenüber umhüllten Schweißelektroden die Erwärmung geringer und die Abkühlgeschwindigkeit größer ist
- » Um den Verzug möglichst gering zu halten, sollte bei der Auftragung größerer Bereiche in Feldern geschweißt werden, die nachträglich verbunden werden. Zum Abbau von Schrumpfspannungen sollte die Schweißraupe gehämmert werden.
- » Abkühlen der Werkzeuge nach dem Schweißvorgang auf ca. 80 bis 100 °C
- » Unmittelbare anschließende Erwärmung auf Glühtemperatur und Weichglühen (geglühte Werkzeuge) bzw. Erwärmung auf ca. 50 °C unterhalb ursprünglicher Anlasstemperatur und Anlassen (vergütete Stähle)

Wärmebehandlung

Erst durch eine der Stahlzusammensetzung, dem Verwendungszweck und der Bauteilgröße angepasste Wärmebehandlung wird das Potenzial des eingesetzten Werkzeugstahls ausgenutzt. Durch eine unsachgemäße Wärmebehandlung können die Funktionalität und die Eigenschaften des Werkzeugs gefährdet werden. Trotz Erreichen der geforderten Härte kann z. B. die Zähigkeit durch ein grobes Härtungsgefüge erheblich herabgesetzt sein. Die Wärmebehandlungsverfahren sind aufgrund eingehender Untersuchungen in Forschung und Praxis weiterentwickelt und wesentlich verbessert worden. Die heute für die Wärmebehandlung von Werkzeugen eingesetzten Ofenaggregate sind überwiegend Schutzgas-, Kammer-, Wirbelbett- und Vakuumöfen. Salzbadanlagen haben trotz ihrer hohen Flexibilität aufgrund strengerer Umweltschutzauflagen nur noch geringe Bedeutung. Zum besseren Verständnis der bei der Härtung ablaufenden Umwandlungsvorgänge sind in den Werkstoffdatenblättern die Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubilder (ZTU-Schaubilder) für eine kontinuierliche Abkühlung wiedergegeben.

Vor- und Nachteile verschiedener Wärmebehandlungen

Eigenschaften Anlage	Salzbad	Kammerofen	Wirbelbettofen	Schutzgasofen	Vakuumofen
Wärmeübergang	● ● ●	● ●	● ● ●	● ●	●
Flexibilität	● ● ●	● ●	● ● ●	● ●	●
Verzugsprobleme	● ●	● ● ●	● ●	●	●
Oberflächenbehandlung	●	●	●	●	○
Partielles Härteln / Anlassen	●	●	○	○	○
Umweltbelastung	● ● ●	●	● ●	● ●	●
Sicherheit gegen unerwünschte Oberflächenbeeinflussung	● ●	○	● ●	● ●	● ● ●
Reinigung der Werkzeuge	○	○	●	● ●	● ● ●



Spannungsarmglühen

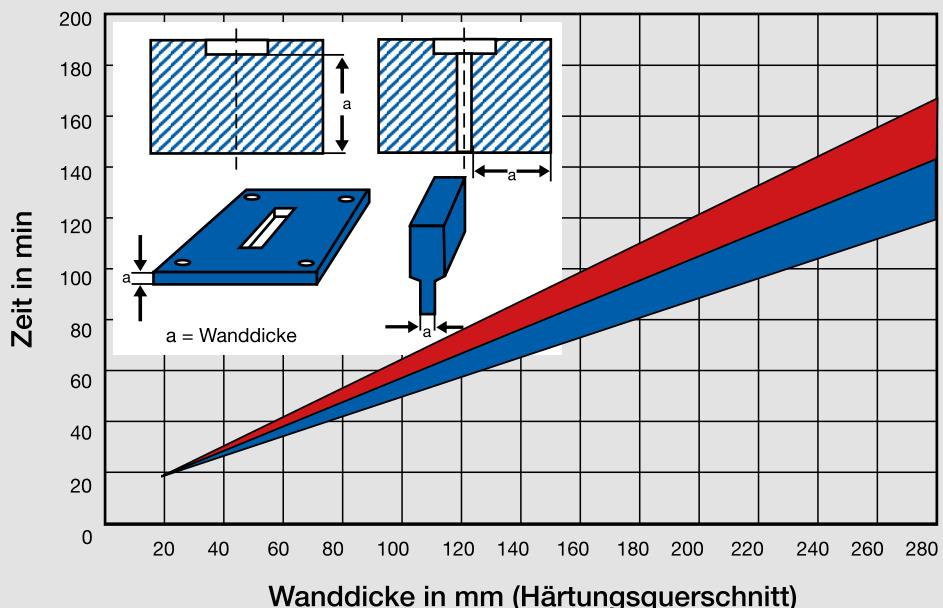
Bei der spanenden und spanlosen Formgebung treten Bearbeitungsspannungen auf. Diese können im Verlauf der späteren Wärmebehandlung zum Verzug und unter Umständen zu kostspieligen Nacharbeiten führen. Vor allem bei formschwierigen Werkzeugen sollte nach dem Vorarbeiten ein Spannungsarmglühen bei einer Temperatur von 600 bis 650 °C durchgeführt werden. Die Haltezeit auf dieser Temperatur sollte mindestens zwei Stunden, bei größeren Werkzeugen mindestens eine Stunde je 50 mm Wanddicke betragen. Danach muss langsam im Ofen abgekühlt werden. Dieses Spannungsarmglühen sollte auch bei vorvergüteten Stählen durchgeführt werden, wobei die Temperatur hier ca. 50 °C unterhalb der letzten Anlasstemperatur liegen muss, um einen Härteabfall zu vermeiden.

Härten

Erwämen

Infolge der geringen Wärmeleitfähigkeit und der unterschiedlichen Werkzeugquerschnitte treten bei schneller Erwärmung auf Härte-temperatur erhebliche Wärmespannungen auf. Diese können zum Verzug oder sogar zum Reißen von Werkzeugen führen. Dabei sind bestimmte Vorwärmstufen einzuhalten, die in den Zeit-Temperatur-Folgen der Werkstoffdatenblätter angegeben sind. Die Verweilzeit auf Temperatur beträgt auf der ersten und zweiten Vorwärmstufe jeweils eine 1/2 Minute pro mm Wanddicke. Bei hochlegiertem Werkzeugstahl mit einer Härtetemperatur über etwa 900 °C dient die dritte Vorwärmstufe bei etwa 850 °C neben den bereits erwähnten Grünen außerdem dazu, schon einen Teil der Karbide in Lösung zu bringen. Daher ist die Verweilzeit auf Temperatur mit einer Minute je mm Wanddicke doppelt so lang wie die in der zweiten Vorwärmstufe.

Anhaltswerte für die Haltezeit auf Härtetemperatur



Austenitisieren

Von der letzten Vorwärmstufe werden die Werkzeuge auf die in den Werkstoffdatenblättern angegebene Härtetemperatur gebracht. Nach durchgreifender Erwärmung (Temperaturausgleich) müssen sie zur vollständigen Umwandlung auf dieser Temperatur gehalten werden.

Das Diagramm gibt einen Anhalt für die zu wählende Zeit nach Erreichen der Härte-temperatur an der Werkzeugoberfläche in Abhängigkeit von der Wanddicke. Auch die Tauchzeiten im Salzbad lassen sich mit Hilfe des Schaubilds ermitteln.

Abschrecken

Das Abschrecken der Werkzeuge ist die kritischste Phase des Wärmebehandlungsprozesses. Durch Überlagerung von Thermo- und Gefügeumwandlungsspannung besteht die Gefahr von Härtespannungs-rissen. Konstruktiv bedingte riss-begünstigende Einflussfaktoren sind schroffe Materialübergänge, unterschiedliche Wandstärken (Stege) sowie große Härtungs-querschnitte. Aus werkstofftechnischer Sicht ist eine möglichst rasche Abkühlung anzustreben, um eine rein martensitische Umwandlung zu erreichen. Im Hinblick auf das beschriebene Härterisiko müssen allerdings Kompromisse eingegangen werden, die im Einzelfall zwischen dem Stahlhersteller, dem Wärmebehandlungsbetrieb und dem Werkzeugbauer abgestimmt werden müssen. Das Abschreckmedium ist für jeden Stahl im Werkstoffdatenblatt angegeben. Bei einer Warmbadhärtung verbleiben die

Werkstücke bis zum Temperaturausgleich im Warmbad und werden anschließend an der Luft weiter abgekühlt. Aufgrund der Spannungsrisssgefahr ist ein Abschrecken bis auf Raumtemperatur grundsätzlich zu vermeiden. Zweckmäßigerweise werden die Werkzeuge bis auf etwa 80 °C abgekühlt und nach einem evtl. heißen Waschen sofort in einen Ausgleichsofen überführt.

Ausgleichen

Sind die Werkzeuge bis auf 80 °C abge-schreckt, werden sie direkt in einen Ofen mit einer Temperatur von 100 bis 150 °C überführt. Vor allem größere Werkzeuge werden zum Temperaturausgleich über den gesamten Querschnitt auf dieser Temperatur gehalten, um auch im Kern eine optimale Umwandlung zu erreichen.

Anlassen

Um die für die jeweilige Beanspruchung zweckmäßige Härte und Zähigkeit zu erreichen, ist ein Anlassen notwendig. Nach dem Abschrecken und Ausgleichen muss sofort angelassen werden, um Härtespannungsrisse zu vermeiden. Die Werkzeuge werden langsam auf die vorgeschriebene Anlasstemperatur erwärmt. Diese ist dem Anlassschaubild des betreffenden Werk-stoffdatenblatts zu entnehmen und richtet sich nach der gewünschten Einbauhärte. Die Haltezeit auf Anlasstemperatur beträgt eine Stunde je 20 mm Wanddicke, mindes-tens jedoch zwei Stunden. Anschließend kühlen die Werkzeuge an der Luft ab und werden auf ihre Härtelage geprüft.

Oberflächenbehandlung

Verfahren

Mit Hilfe von Oberflächenbehandlungsverfahren können die Eigenschaften von Werkzeugstahl in den Oberflächenbereichen verändert und dadurch die Werkzeugstandzeiten verlängert werden. Die Verfahren lassen sich in Beschichtungs- und Diffusionsverfahren unterteilen.

Nitrieren

Von allen bekannten Oberflächenbehandlungsverfahren für Werkzeuge hat das Nitrieren die größte Bedeutung erlangt. Vor dem Nitrieren sind die Werkzeuge wärmezubehandeln und hierbei bei einer Temperatur anzulassen, die oberhalb der späteren Nitriertemperatur liegt. Stahl, der im vergüteten Zustand geliefert wird, muss nach dem Vorarbeiten bei 600 bis 650 °C zur Vermeidung eines Verzugs bei späterem Nitrieren spannungsarm geglüht werden. Aufgrund der dünnen Nitrierschichtdicke können die Werkzeuge in der Regel nicht nachgeschliffen werden. Vor dem Nitrieren müssen die Werkzeuge gereinigt und entfettet werden. Das Nitrieren kann im Salzbad, in Gas oder Plasma durchgeführt werden. Es werden Schichtdicken bis 0,5 mm erzielt. Die Härte nitrierter Oberflächen liegt je nach Stahlzusammensetzung bei bis zu 1100 HV (ca. 70 HRC).

Badnitrieren

Beim Badnitrieren bzw. bei der Teniferbehandlung ist Folgendes zu beachten: Zunächst müssen die Werkzeuge auf eine Temperatur von 400 °C vorgewärmt werden. Das Badnitrieren wird bei einer Temperatur von 520 bis 570 °C durchgeführt. Die Haltezeit richtet sich nach der gewünschten Nitriertiefe. Im Allgemeinen beträgt sie zwei Stunden.

Gasnitrieren

Das Gasnitrieren erfolgt bei 480 bis 540 °C. Im Allgemeinen beträgt die bei diesem Verfahren benötigte Nitrierzeit für Werkzeuge 15 bis 30 Stunden. Durch teilweises Abdecken mit Überzügen aus Kupfer, Nickel oder Pasten ist es möglich, bestimmte Bereiche von der Nitrierbehandlung auszunehmen und somit eine partielle Aufstickung zu erzielen.

Plasmanitrieren

Das Plasmanitrieren ist ein thermochemisches Verfahren. Die Behandlung erfolgt in Vakuumanlagen unter Einleitung stickstoffhaltiger Behandlungsgase. Durch ein elektrisches Spannungsfeld wird ein Plasmazustand aufgebaut. Die hierbei entstehenden elektrisch geladenen Stickstoffionen werden in Richtung Werkstück beschleunigt und können in die Oberfläche eindiffundieren. Der Behandlungstemperaturbereich liegt bei diesem Verfahren zwischen 400 und 600 °C.

Verfahren	Behandlungs-temperaturen in °C	Erforderliche Eigenschaften von Werkzeugstahl bzw. Voraussetzungen	Schichtdicke	Oberflächenhärte in HV
Nitrieren	470 – 570	Anlassbeständigkeit, gehärteter bzw. vergüteter Zustand entpassivierte Oberfläche	Bis 0,5 mm	Max. 1100
Borieren	800 – 1050	Überhitzungsempfindlichkeit, möglichst niedriger Si-Gehalt	Bis 0,4 mm	Max. 2000
Oxidieren	300 – 550	Anlassbeständigkeit, entfettete Oberflächen	Bis 0,01 mm	–
Elektrofunkensverfestigen	Mehrere 1000	Keine	Bis 0,1 mm	Ca. 950
Hartstoffbeschichten (z.B. TiN, TiCN, CrN usw.)	> 900	Überhitzungsempfindlichkeit, metallisch blanke Oberflächen	6 – 9 µm	Max. 4800
Hartstoffbeschichten (z.B. TiN, TiCN, CrN usw.)	Ca. 500	Anlassbeständigkeit, hohe Grundhärte	2 – 5 µm	2000 – 2500
Hartvernickeln Hartverchromen	50 – 70	Möglichst niedriger C-Gehalt entpassivierte Oberfläche, Wärmebehandlung in neutraler Umgebung	Bis 1 mm	1000 – 1200

Härtevergleichstabelle

Zugfestigkeit	Brinellhärte		Vickershärte	Rockwellhärte		
R _m MPa	Kugel- eindruck mm, Ø	HB	HV	HRB	HRC	HR 30 N
255	6,63	76,0	80	-	-	-
270	6,45	80,7	85	41,0	-	-
285	6,30	85,5	90	48,0	-	-
305	6,16	90,2	95	52,0	-	-
320	6,01	95,0	100	56,2	-	-
335	5,90	99,8	105	-	-	-
350	5,75	105	110	62,3	-	-
370	5,65	109	115	-	-	-
385	5,54	114	120	66,7	-	-
400	5,43	119	125	-	-	-
415	5,33	124	130	71,2	-	-
430	5,26	128	135	-	-	-
450	5,16	133	140	75,0	-	-
465	5,08	138	145	-	-	-
480	4,99	143	150	78,7	-	-
495	4,93	147	155	-	-	-
510	4,85	152	160	81,7	-	-
530	4,79	156	165	-	-	-
545	4,71	162	170	85,0	-	-
560	4,66	166	175	-	-	-
575	4,59	171	180	87,1	-	-
595	4,53	176	185	-	-	-
610	4,47	181	190	89,5	-	-
625	4,43	185	195	-	-	-
640	4,37	190	200	91,5	-	-
660	4,32	195	205	92,5	-	-
675	4,27	199	210	93,5	-	-
690	4,22	204	215	94,0	-	-
705	4,18	209	220	95,0	-	-
720	4,13	214	225	96,0	-	-
740	4,08	219	230	96,7	-	-
755	4,05	223	235	-	-	-
770	4,01	228	240	98,1	20,3	41,7
785	3,97	233	245	-	21,3	42,5
800	3,92	238	250	99,5	22,2	43,4
820	3,89	242	255	-	23,1	44,2
835	3,86	247	260	(101)	24,0	45,0
850	3,82	252	265	-	24,8	45,7
865	3,78	257	270	(102)	25,6	46,4
880	3,75	261	275	-	26,4	47,2
900	3,72	266	280	(104)	27,1	47,8
915	3,69	271	285	-	27,8	48,4
930	3,66	276	290	(105)	28,5	49,0
950	3,63	280	295	-	29,2	49,7
965	3,60	285	300	-	29,8	50,2
995	3,54	295	310	-	31,0	51,3
1030	3,49	304	320	-	32,2	52,3
1060	3,43	314	330	-	33,3	53,6
1095	3,39	323	340	-	34,4	54,4

Umrechnungen von Härtewerten nach dieser Umrechnungstabelle sind nur annähernd richtig. Siehe DIN 50150, Dezember 1976.

Zugfestigkeit R_m MPa	Brinellhärte		Vickershärte	Rockwellhärte		
	Kugel- eindruck mm, Ø	HB	HV	HRB	HRC	HR 30 N
1125	3,34	333	350	—	35,5	55,4
1155	3,29	342	360	—	36,6	56,4
1190	3,25	352	370	—	37,7	57,4
1220	3,21	361	380	—	38,8	58,4
1255	3,17	371	390	—	39,8	59,3
1290	3,13	380	400	—	40,8	60,2
1320	3,09	390	410	—	41,8	61,1
1350	3,06	399	420	—	42,7	61,9
1385	3,02	409	430	—	43,6	62,7
1420	2,99	418	440	—	44,5	63,5
1455	2,95	428	450	—	45,3	64,3
1485	2,92	437	460	—	46,1	64,9
1520	2,89	447	470	—	46,9	65,7
1555	2,86	(456)	480	—	47,7	66,4
1595	2,83	(466)	490	—	48,4	67,1
1630	2,81	(475)	500	—	49,1	67,7
1665	2,78	(485)	510	—	49,8	68,3
1700	2,75	(494)	520	—	50,5	69,0
1740	2,73	(504)	530	—	51,1	69,5
1775	2,70	(513)	540	—	51,7	70,0
1810	2,68	(523)	550	—	52,3	70,5
1845	2,66	(532)	560	—	53,0	71,2
1880	2,63	(542)	570	—	53,6	71,7
1920	2,60	(551)	580	—	54,1	72,1
1955	2,59	(561)	590	—	54,7	72,7
1995	2,57	(570)	600	—	55,2	73,2
2030	2,54	(580)	610	—	55,7	73,7
2070	2,52	(589)	620	—	56,3	74,2
2105	2,51	(599)	630	—	56,8	74,6
2145	2,49	(608)	640	—	57,3	75,1
2180	2,47	(618)	650	—	57,8	75,5
—	—	—	660	—	58,3	75,9
—	—	—	670	—	58,8	76,4
—	—	—	680	—	59,2	76,8
—	—	—	690	—	59,7	77,2
—	—	—	700	—	60,1	77,6
—	—	—	720	—	61,0	78,4
—	—	—	740	—	61,8	79,1
—	—	—	760	—	62,5	79,7
—	—	—	780	—	63,3	80,4
—	—	—	800	—	64,0	81,1
—	—	—	820	—	64,7	81,7
—	—	—	840	—	65,3	82,2
—	—	—	860	—	65,9	82,7
—	—	—	880	—	66,4	83,1
—	—	—	900	—	67,0	83,6
—	—	—	920	—	67,5	84,0
—	—	—	940	—	68,0	84,4



Verfahren / Verfahrensparameter		
Brinellhärte ¹⁾ $\text{Errechnet aus: } \text{HB} = 0,95 \cdot \text{HV}$ $(0,102 \cdot F/D^2 = 30)$ $D = 10$	Durchmesser des Kugeleindrucks in mm $\text{Härtezahl} = \frac{0,102 \cdot 2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	d HB
Vickershärte	Diamantpyramide Prüfkräfte ≥ 50 N	HV
Rockwellhärte	Kugel 1,588 mm ($1/16$ “) Prüfgesamtkraft = 98 N Diamantkegel Prüfgesamtkraft = 1471 N Diamantkegel Prüfgesamtkraft = 294 N	HRB HRC HR 30 N

Allgemeiner Hinweis (Haftung)

Angaben über die Beschaffenheit oder Verwendbarkeit von Materialien bzw. Erzeugnissen dienen der Beschreibung. Zusagen in Bezug auf das Vorhandensein bestimmter Eigenschaften oder einen bestimmten Verwendungszweck bedürfen stets besonderer schriftlicher Vereinbarung. Druckfehler, Irrtümer und Änderungen vorbehalten.

Swiss Steel Group
www.swisssteel-group.com

**Deutsche Edelstahlwerke
Specialty Steel GmbH & Co. KG**

Auestr. 4
58452 Witten

Telefon: +49 (0)2302 29 - 0
Fax: +49 (0)2302 29 - 4000

info@dew-stahl.com
www.dew-stahl.com