

Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstahl



Deutsche
Edelstahlwerke

Member of Swiss Steel Group

Höchste Qualität erfordert herausragenden Stahl	04
Deutsche Edelstahlwerke – Experten für Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstahl	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
Übersicht über den Kaltarbeitsstahl / Schnellarbeitsstahl	10
Schneiden / Stanzen / Scheren	12

Prägen / Pressen / Biegen	17
Walzen	19
Zerkleinern	22
Abkanten und Führen	24
Zerspanen	26
Werkzeughalter	30
Hand- und Maschinenwerkzeuge	32
Werkstoffdatenblätter	34
Verarbeitungshinweise	84
Gewichtstabellen für Werkzeugstahl	92



Höchste Qualität erfordert herausragenden Stahl

An die Qualität der Werkzeuge aus Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstahl werden immer höhere Anforderungen gestellt.

Das liegt einerseits in den moderneren Produktionsmaschinen sowie den optimierten Fertigungsprozessen und andererseits in den stetig steigenden Ansprüchen an die Qualität der zu erzeugenden Produkte begründet.

Deshalb ist es von entscheidender Bedeutung, den richtigen Stahl mit den jeweils besten Leistungsmerkmalen für die verschiedenen Werkzeuganwendungen einzusetzen. Nur so kann die für eine wirtschaftliche Fertigung wichtige lange Werkzeuglebensdauer sichergestellt und können die Stückkosten reduziert werden.

Um beim Stahl die für die jeweilige Anwendung besten Werkstoffeigenschaften zu erzielen, ist die richtige Abstimmung der Legierungselemente von äußerster Relevanz.

Durch eine gezielte Abstufung von Legierungselementen wie z. B. Chrom, Molybdän, Wolfram und Vanadium können die gewünschten Werkstoffeigenschaften eingestellt werden. Neben der optimalen Einstellung der Hauptelemente wird das

Augenmerk natürlich auch darauf gelegt, dass die Gehalte an unerwünschten Begleitelementen so gering wie möglich sind.

Dadurch ist es möglich, Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstähle für beinahe jede Anforderung und für jede Leistung zur Verfügung zu stellen. Kaltarbeitsstähle werden bei Arbeitstemperaturen bis ca. 200 °C eingesetzt. Diese Stähle zeichnen sich, je nach Einsatzzweck, durch eine gute Verschleißfestigkeit bei guten Zähigkeitseigenschaften aus.

Zur Gruppe der Schnellarbeitsstähle zählen alle hochlegierten Werkzeugstähle, die die erforderliche hohe Einbauhärte von etwa 60 bis 67 HRC bis zu Arbeitstemperaturen von nahezu 600 °C beibehalten. Ihre Arbeitseigenschaften beruhen u. a. auf dem hohen Karbidgehalt, der einen sehr hohen Verschleißwiderstand bewirkt.

Deutsche Edelstahlwerke – Experten für Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstähle

Die Deutschen Edelstahlwerke zählen heute zu den weltweit führenden Herstellern von Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstählen.

Diese herausragende Stellung verdankt das Unternehmen neben der über 150-jährigen Erfahrung in der Stahlherstellung vor allem dem Vorsprung in der Stranggusstechnologie sowie der extrem großen Angebotspalette mit mehreren tausend Abmessungen und Formen.

Die Vielfalt an Werkstoffen reicht dabei vom unlegierten Schalenhärter bis hin zum höchstlegierten martensitischhärtbaren Kaltarbeitsstahl. Dabei liefern wir für jeden Anwendungsbereich individuelle und maßgeschneiderte Stähle, die sich u. a. durch folgende Eigenschaften auszeichnen:

- » sehr gute Verschleißbeständigkeit
- » hohe Druckbeständigkeit
- » hohe Zähigkeit

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

Die Entscheidung für den perfekten Werkzeugstahl beginnt bei uns mit der Beratung durch unsere Spezialisten für Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstähle. Gemeinsam mit dem Werkzeugbauer werden hier die Ansprüche an das Endprodukt und die Anforderungen an den benötigten Stahl definiert.

Darüber hinaus arbeiten die Deutschen Edelstahlwerke kontinuierlich an der Verfeinerung und Weiterentwicklung bestehender Stähle sowie an der Entwicklung neuer Stahlqualitäten.

Dabei werden die neu entwickelten Werkstoffe, Legierungskonzepte oder Herstellungsverfahren in enger Zusammenarbeit mit Werkzeugbauern und Anwendern erarbeitet und getestet.

Die Deutschen Edelstahlwerke liefern individuelle Abmessungen ab Lager. Von der kundenspezifischen Anarbeitung der Produkte bis zur Teilefertigung wie z. B. Kaltwalzen bieten wir unseren Kunden die Entscheidungsmöglichkeit zu bestimmen, wie weit unsere Anarbeitung gehen soll.

Prozesssicherheit von der Beratung bis zum Endprodukt

Die Anforderungen, die an Kaltarbeitsstahl gestellt werden, sind unterschiedlichster Art. Aus diesem Grund sind eine sinnvolle Abstimmung der verschiedenen Legierungselemente sowie eine entsprechende Behandlung bei der Stahlproduktion notwendig, um den für die jeweilige Anwendung optimalen Stahl zu erzeugen.

Um dies sicherzustellen, gibt es bei uns ein erfahrenes Team von Spezialisten für Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstahl. Gemeinsam mit dem Werkzeugbauer bilden sie eine perfekte Einheit, um die optimale Stahlqualität für das jeweils individuell benötigte Anforderungsprofil zu definieren.

Neben dem umfangreichen Know-how unserer Stahlspezialisten stützen wir uns auf unsere modernen Produktionsanlagen sowie unsere jahrzehntelange Erfahrung in allen Bereichen der Wärmebehandlung. Darüber hinaus trägt unser aktives und zertifiziertes Qualitätssicherungssystem (DIN EN 14001, DIN EN ISO 9001, QS 9000, VDA 6.1 TS 16949, KTA 1401) dazu bei, den individuell abgestimmten Stahl in stets gleichbleibender Qualität zu produzieren.

Unsere Techniker 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.

Maßarbeit für Werkzeugbauer

Wir bieten Ihnen kompetente Beratung von der Auswahl des besten Stahls bis hin zur Neuentwicklung spezifischer Werkzeugstähle. Dabei haben Sie nicht nur die Wahl zwischen verschiedenen Lieferformen aus unserem umfangreichen Liefer- und Lagerprogramm, sondern entscheiden auch, ob

das Werkzeug von uns angefertigt oder sogar einbaufertig geliefert werden soll.

Die Deutschen Edelstahlwerke liefern Ihnen den ausgewählten Stahl zuverlässig, schnell, in gewünschter Menge sowie in stets gleichbleibender Qualität. Und das natürlich in allen wichtigen Märkten weltweit; wobei unser weltweites Versorgungsnetz der Swiss Steel Group Liefertreue und höchste Qualität vor Ort garantiert.

Von der Produktion des Stahls bis zur Bearbeitung garantieren wir unseren Kunden Maßarbeit. Damit sie Werkzeug für Werkzeug das gleiche Maß an Präzision erzielen.

Die Vorteile, die sich für die Anwender ergeben, sind:

- » individuelle Werkstofflösungen
- » gleichbleibende Qualität
- » reproduzierbare Werkstoffeigenschaften, wie z. B. Gefügestruktur, Reinheitsgrad
- » gute Bearbeitbarkeit
- » verzugsarme Wärmebehandlung
- » kürzeste Lieferzeiten
- » kompetente Beratung
- » Entwicklung neuer Stähle

Wirtschaftlichkeit für Anwender

Hohe Standzeiten, Sicherheit gegen Werkzeugbruch und Kantenausbrüche, konstant gleichbleibend hohe Qualität sowie Reduktion der Werkzeugkosten und Minimierung der Stillstandzeiten sind Hauptkriterien für eine wirtschaftliche Anwendung.

Dank der hervorragenden Leistungsmerkmale unseres Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstahls werden diese Anforderungen in hohem Maße erfüllt.



Unsere innovative Werkstofftechnologie, unser langjähriges Know-how in der Produktion von Edelstahl-Langprodukten und unsere praxisorientierte technische Beratung bedeuten Sicherheit für jede Produktion von Anfang an. So sind wir in der Lage, genau den Stahl bereitzustellen, der exakt auf das jeweilige Anforderungsprofil zugeschnitten ist. Dadurch bieten wir unseren Kunden die Möglichkeit, ihre Fertigungsprozesse effizienter zu steuern und so Stückkosten zu reduzieren.

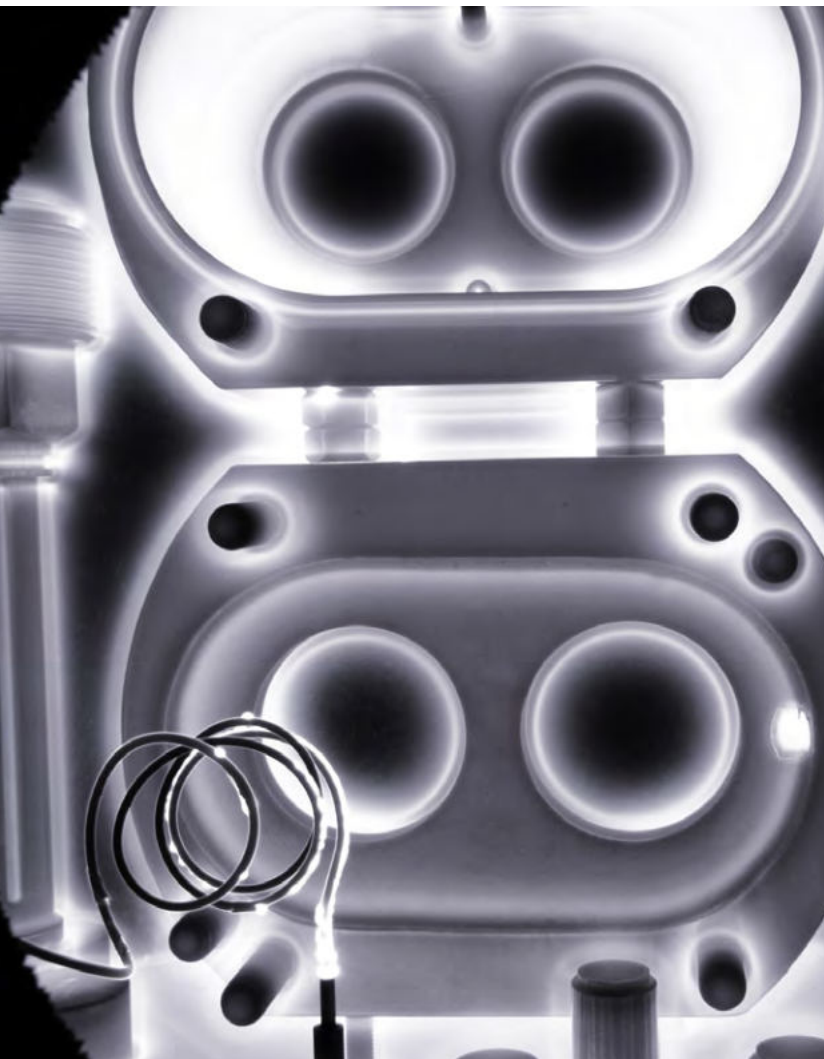
Die Vorteile, die sich für die Anwender ergeben, sind:

- » hoher Verschleißwiderstand
- » gute Härteannahme
- » ausgewogene Zähigkeit
- » hohe Druckfestigkeit
- » Maßstabilität
- » wirtschaftliche Zerspanbarkeit
- » hohe Lebensdauer
- » geringe Werkzeugkosten
- » weniger Maschinenstillstände
- » hohe Wirtschaftlichkeit

Anwendungsbereiche

Durch die besonderen Vorteile des Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstahls der Deutschen Edelstahlwerke sind unsere Werkstoffe erste Wahl für eine große Anzahl industrieller Werkzeuganwendungen:

- » Schneiden / Stanzen / Scheren
- » Prägen / Pressen / Biegen
(Kaltmassivumformung, Kaltfließpressen, Tiefziehen)
- » Walzen
(Kaltwalzen, Richtwalzen, Biegewalzen)
- » Zerkleinern
(Granulieren, Häckseln, Schreddern)
- » Abkanten / Führen
- » Zerspanen
(Bohren, Sägen, Fräsen)
- » Werkzeughalter
- » Hand- / Maschinenwerkzeuge



Technologie und Erfahrung – Ihr Garant für Premiumqualität

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

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

Anschließend erfolgt die analytische Feinabstimmung im Pflannenofen, bevor der Stahl vor dem Abguss vakuumtrogst 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 Vertikal-Stranggießverfahren oder – für große Schmiedeabmessungen – das Blockgussverfahren.

Umschmelzen nach Maß

Für Werkzeugstahl, an den besonders hohe Ansprüche hinsichtlich Homogenität, Zähigkeit und Reinheitsgrad gestellt wird, stehen bei den Deutschen Edelstahlwerken mehrere Elektro-Schlacke-Umschmelzöfen (ESU) und ein Lichtbogen-Vakuumofen (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 Eingliederung der ehemaligen Thyssen-Härtereien in die Unternehmensgruppe der Deutschen Edelstahlwerke lässt uns auf eine jahrzehntelange Tradition in allen Bereichen der Wärmebehandlung aufbauen. Dadurch können wir die gesamte Produktionskette – von der Stahlerzeugung über die Anarbeitung bis zur Veredelung durch Wärmebehandlung – aus einer Hand und über die Swiss Steel Group in den wichtigsten Märkten der Welt anbieten. So schaffen wir die Voraussetzungen für optimale Werkzeugqualität.

In unseren weltweiten Härtereien stehen uns neben Vakuum-Härteöfen auch Schutzgasanlagen und Plasmanitrieranlagen für thermo-chemische Behandlungen zur Verfügung. Dank computergesteuerter Prozessabläufe von der Wareneingangskontrolle bis zum fertigen wärmebehandelten Produkt ist eine jederzeitige Reproduzierbarkeit der Wärmebehandlung gewährleistet.

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.

Übersicht über den Kaltarbeitsstahl / Schnellarbeitsstahl

Kaltarbeitsstahl / Schnellarbeitsstahl	Schneiden Stanzen Scheren	Prägen Pressen Biegen	Walzen	Zerkleinern	Abkanten Führen	Zerspanen	Werkzeug- halter	Hand-/ Maschinen- werkzeuge
Cryodur® 1520	●							●
Cryodur® 1730	●				●			●
Cryodur® 2002								●
Cryodur® 2008								●
Cryodur® 2067	●	●	●		●			
Cryodur® 2080	●	●	●					
Cryodur® 2101	●	●			●			
Cryodur® 2201	●	●						
Cryodur® 2210	●							●
Cryodur® 2235	●							●
Cryodur® 2242								●
Cryodur® 2243	●							●
Cryodur® 2249	●							●
Formadur® 2312					●		●	
Cryodur® 2327			●					
Cryodur® 2328								●
Thermodur® 2343	● ¹		● ¹				●	● ¹
Thermodur® 2344	● ¹						●	●
Cryodur® 2357	●	●						●
Cryodur® 2360	●	●	●	●				
Cryodur® 2362		●	●					
Cryodur® 2363	●		●					
Cryodur® 2379	●	●						●
Cryodur® 2381	●							●
Cryodur® 2436	●							
Cryodur® 2510	●	●			●			
Cryodur® 2516	●	●						●
Cryodur® 2550	●	●		●			●	●

¹ Auch geeignet für thermische Beanspruchung.

Kaltarbeitsstahl / Schnellarbeitsstahl	Schneiden Stanzen Scheren	Prägen Pressen Biegen	Walzen	Zerkleinern	Abkanten Führen	Zerspanen	Werkzeug- halter	Hand-/ Maschinen- werkzeuge
Cryodur® 2709	●							
Thermodur® 2714	● ¹	●	●				●	
Cryodur® 2721	●	●					●	
Cryodur® 2743				●				
Cryodur® 2746				●				
Formadur® 2764							●	
Cryodur® 2766								●
Cryodur® 2767	●	●						●
Cryodur® 2826	●				●		●	●
Cryodur® 2833	●	●						
Cryodur® 2842	●	●			●			
Cryodur® 2990	●	●	●					
Rapidur® 3202						●		
Rapidur® 3207						●		
Rapidur® 3243	●					●		
Rapidur® 3247		●				●		
Rapidur® 3333	●					●		
Rapidur® 3343	●	●	●			●		
Rapidur® 3344	●	●				●		

¹ Auch geeignet für thermische Beanspruchung.

Schneiden / Stanzen / Scheren

Das Schneiden, Stanzen und Scheren von metallischen und nichtmetallischen Materialien gehört zu den anspruchsvollsten Anwendungsgebieten für Werkzeuge aus Kaltarbeitsstahl. Neben dem Schneiden und Scheren gibt es kaum eine andere Anwendung, bei der die Gebrauchseigenschaften eines Werkzeuges deutlicher sichtbar werden.

Die Konstruktion eines Schneid-, Stanz- oder Scherwerkzeuges wird im Wesentlichen durch drei Parameter bestimmt: die Beschaffenheit des zu schneidenden Materials, das Volumen der Produktionsserie sowie die erforderliche Genauigkeit. Deshalb sind für die Standzeit der Werkzeuge, neben der Werkzeugkonstruktion, die optimale Stahlauswahl sowie die Wärmebehandlung und gegebenenfalls die Oberflächenbeschichtung von entscheidender Bedeutung.

Die spezifischen Belastungen z. B. von Stempel und Matrize sind maßgeblich vom Schneidspalt abhängig. Bei kleiner werdendem Schneidspalt wächst der Kraftbedarf stark an. Schneidkanten können hierdurch vorzeitig stumpf werden oder ausbrechen. Um dies zu vermeiden, wird der Einsatz höher legierter ledeburitischer Kaltarbeitsstähle und Schnellarbeitsstähle empfohlen.

Bei größer werdendem Schneidspalt wird das Material in die Zwischenräume gezogen und führt so zu erheblichen Spreng- bzw. Biegebelastungen an den Werkzeugen. Um dies auszuschließen, müssen die Werkstoffe ein sehr hohes Zähigkeitspotenzial mitbringen. Eingesetzt werden hier z. B. Cryodur® 2709, Cryodur® 2746 und Cryodur® 2767. Für höchste Anforderungen an die Verschleißfestigkeit ist unser Schnellarbeitsstahl zu empfehlen.

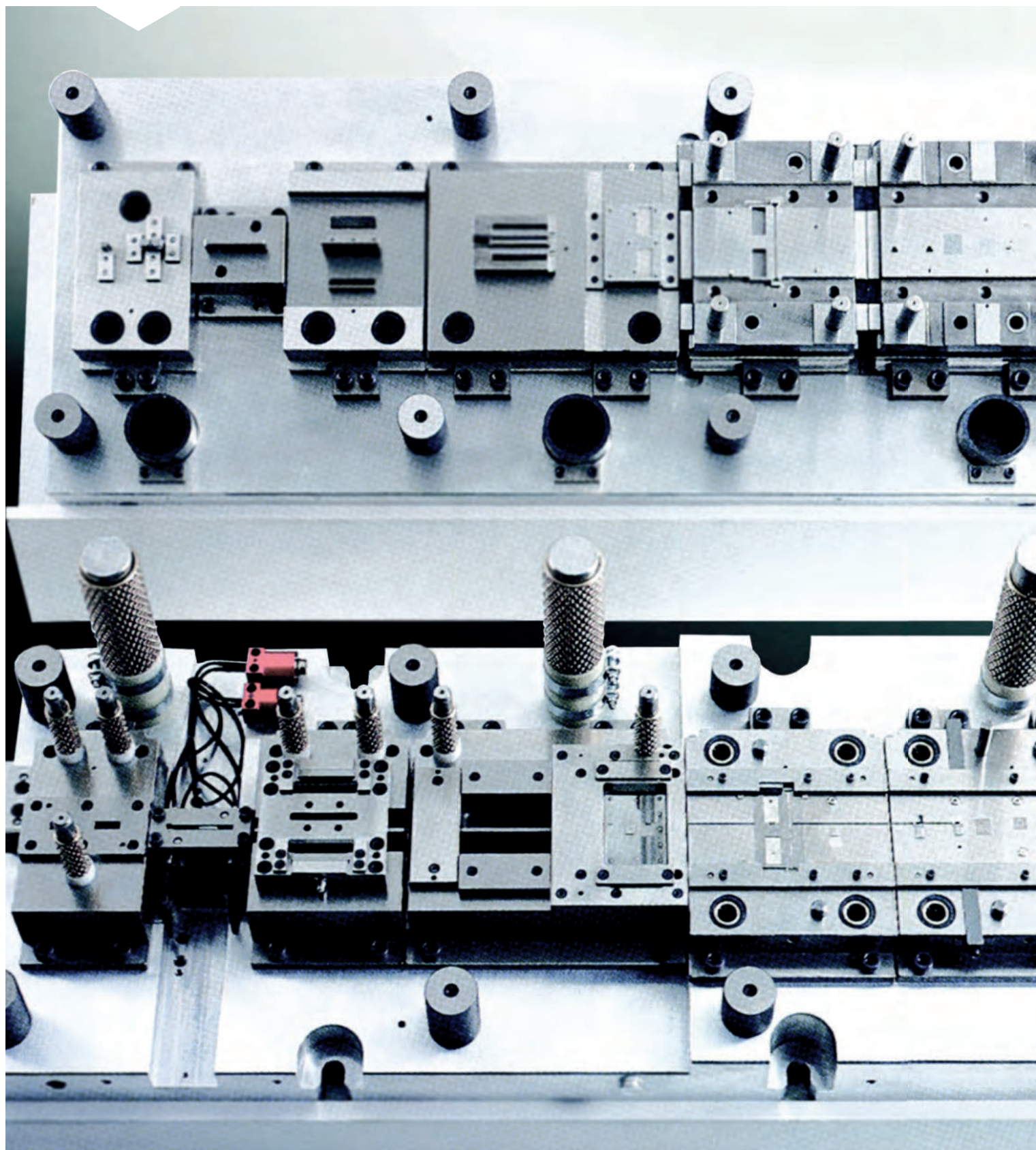
Hochleistungsstähle für das Schneiden / Stanzen / Scheren

Neben einer breiten Palette weltweit etablierter Standardstahlsorten in höchster Qualität bieten die Deutschen Edelstahlwerke für das Schneiden, Stanzen und Scheren auch Stahl mit besonderen Eigenschaften an. Stellvertretend für das Gesamtsortiment sind hier folgende Stähle herausgestellt:

Cryodur® 2379 ist ein ledeburitischer 12%iger Chromstahl mit hohem Verschleißwiderstands- und Zähigkeitsverhältnis bei gleichzeitig höherer Durchhärbarkeit, insbesondere bei der Vakuumwärmebehandlung. Typische Einsatzbereiche dieses hoch kohlenstoffhaltigen Schnittstahls sind u. a. Feinschneidwerkzeuge.

Cryodur® 2516 ist ein Sonderstahl mit größter Maßhaltigkeit und höchstem Verschleißwiderstand bei sehr guter Schnitthaltigkeit. Anwendung findet dieser Stahl bevorzugt für Hochleistungsschnitte in der Feinblech- und Bandstahlverarbeitung für Schneidgutdicken bis ca. 3 mm.

Cryodur® 2550 ist ein ölhärtender, schlagzäher, wolframlegierter Hochleistungsschnittstahl mit sehr guter Zähigkeit bei hoher Härteannahme, der insbesondere für das Schneiden von mittleren Blechdicken verwendet wird.



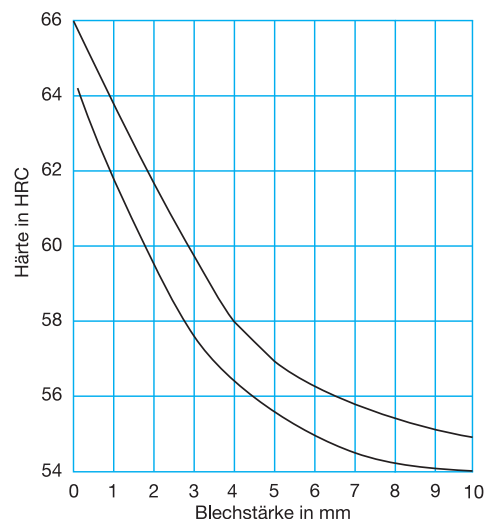


Hochleistungsstähle für das Schneiden / Stanzen / Scheren

Cryodur® 2990 zeichnet sich durch besonders hohe Härte, Festigkeit und adhäsive Verschleißbeständigkeit aus. Durch die verbesserte Zähigkeit im Vergleich mit Cryodur® 2379 wird die Bruchsicherheit verbessert. Dies hat eine Steigerung der Standzeit zur Folge.

Cryodur® 2990 zeichnet sich durch eine gute funkenerosive Bearbeitbarkeit, gute Oberflächenbehandlung und gute induktive Härtbarkeit aus. Zu empfehlen ist der Einsatz u. a. bei Rundmessern, Rollenschermessern, Stempeln und Matrizen sowie Folgeschnittwerkzeugen.

Rapid® 3343 ist ein vielfältig einsetzbarer Standard-Schnellarbeitsstahl. Dank seines ausgewogenen Legierungsaufbaues zeichnet er sich durch hohe Zähigkeit, Verschleißbeständigkeit und gute Schneidfähigkeit aus.



Zweckmäßige Einbauhärte in Abhängigkeit von der Blechstärke.

(Ergänzung zur Tabelle Stahlauswahl für das Schneiden, Stanzen, Scheren auf Seite 16.)



Eigenschaftsvergleich und Anwendungstabelle

Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Festigkeit	Durhhärtbarkeit	Zähigkeit	Verschleißwiderstand
Cryodur® 2067	● ●	○	●	● ●
Cryodur® 2080	● ● ●	● ●	○	● ● ●
Cryodur® 2101 mod	● ●	● ● ●	●	● ●
Cryodur® 2243 mod	●	●	● ● ●	●
Cryodur® 2360	● ●	● ● ●	● ●	● ●
Cryodur® 2363	● ●	● ●	●	● ●
Cryodur® 2379	● ● ●	● ● ●	●	● ● ●
Cryodur® 2436	● ● ●	● ●	○	● ● ●
Cryodur® 2510	● ●	○	●	● ●
Cryodur® 2516	●	● ● ●	●	● ●
Cryodur® 2550	●	○	● ●	●
Cryodur® 2746	●	● ● ●	● ● ●	●
Cryodur® 2767	●	● ● ●	● ● ●	●
Cryodur® 2842	● ●	○	●	● ●
Cryodur® 2990	● ● ●	● ● ●	● ●	● ●
Rapidur® 3343	● ● ●	● ● ●	●	● ● ●

Stahlauswahl für das Schneiden, Stanzen, Scheren

Zu bearbeitendes Material	Materialdicke	Marke	Einbauhärte in HRC
Stahlbleche, Bänder, Aluminium und Aluminium- legierungen, Kupfer und Kupferlegierungen	Bis 4 mm	Cryodur® 2080	58 – 62
		Cryodur® 2436	58 – 62
		Cryodur® 2516	59 – 63
	Bis 6 mm	Cryodur® 2379	56 – 60
		Cryodur® 2363	56 – 60
	Bis 12 mm	Cryodur® 2510	56 – 60
		Cryodur® 2842	56 – 60
	Über 12 mm	Cryodur® 2550 Cryodur® 2767 Cryodur® 2243 mod Cryodur® 2101 mod	54 – 58 48 – 52 52 – 59 50 – 58
Trafo-, Dynamobleche und Dynamobänder	Bis 2 mm	Cryodur® 2436	60 – 63
	Bis 6 mm	Cryodur® 2379	58 – 62
Austenitische Stähle	Bis 4 mm	Cryodur® 2379 Rapidur® 3343	60 – 62 60 – 64
		Cryodur® 2379 Rapidur® 3343	58 – 62 58 – 62
	Bis 12 mm	Cryodur® 2550	54 – 58
	Über 12 mm	Cryodur® 2767	50 – 54
Bleche und Bänder aus metallischen Werkstoffen	Bis 4 mm	Cryodur® 2379 Cryodur® 2516 Rapidur® 3343	60 – 62 59 – 63 60 – 64
		Cryodur® 2379 Rapidur® 3343	58 – 62 58 – 62
		Cryodur® 2379 Rapidur® 3343 Cryodur® 2243 mod Cryodur® 2101 mod	56 – 60 56 – 60 52 – 59 50 – 58
	Bis 6 mm	Cryodur® 2080	58 – 63
		Cryodur® 2379	58 – 62
		Cryodur® 2436	58 – 63
Kunststoffe, Holz, Gummi, Leder, Textilien, Papier		Cryodur® 2510	57 – 61
		Cryodur® 2550	54 – 58
		Cryodur® 2842	58 – 63

Prägen / Pressen / Biegen

Kaltmassivumformen, Tiefziehen, Prägen und Kaltfließpressen sind Umformverfahren, bei denen Metalle gezielt in eine andere plastische Form gebracht werden.

Beim Kaltmassivumformen werden die zu verarbeitenden Werkstoffe durch Kaltverformung bzw. Fließen in ihre endgültige Form gepresst. In Abhängigkeit vom Verfahren sind die dafür eingesetzten Werkzeuge höchsten Druck- und Reibverschleißbeanspruchungen ausgesetzt.

Beim Prägen – insbesondere bei der Münzherstellung – wird an den Stahl für Stempel und Matrizen höchste Anforderungen in Bezug auf Reinheitsgrad, Druckfestigkeit und Verschleißwiderstand gestellt. Selbst kleinste Abweichungen bezüglich Oberfläche, Maß- und Gewichtsgenauigkeit führen bei den Münzprägeanstalten zur Ausmusterung der Werkzeuge. Aus diesem Grund ist die Qualität des eingesetzten Werkzeugstahls von herausragender Bedeutung.

Das Tiefziehen stellt erhöhte Anforderungen an die plastische Verformbarkeit des zu verarbeitenden Materials. Dabei werden immer öfter auch ein möglichst geringer Materialaufwand und damit geringere Wandstärken angestrebt. Die bei diesem Herstellungsverfahren eingesetzten Werkzeuge unterliegen insbesondere an den Kanten und Radien sehr hohen Beanspruchungen durch Reibung. All diese Faktoren bedeuten für eine wirtschaftliche Produktion, dass die Werkzeuge höchste Anforderungen an das Maßänderungsverhalten, an die Toleranzen und an die Oberflächengüte erfüllen müssen.

Beim Kaltfließpressen, und hier im Besonderen bei der Herstellung von kaltfließgepressten Stahlkomponenten, werden die Werkzeuge höchsten Belastungen hinsichtlich Zähigkeit und Verschleiß ausgesetzt.

Dabei führen die zur Kaltumformung notwendigen Kräfte zu sehr hohem Druck und erheblichen Zugspannungen, die so hoch sein können, dass bleibende Verformungen oder gar Risse auftreten können. Diese hohen Druck- und Zugspannungen werden materialbedingt durch Vorspannungen vermindert, die mit Hilfe von Armierungsringen aufgebracht werden. Für solche Armierungsringe empfiehlt sich u. a. unser nickellegierter Kaltarbeitsstahl Cryodur® 2721.

Beim Pressen von Tabletten kommt es neben gleichbleibend hoher Formgenauigkeit vor allem auch auf eine feine und porenfreie Prägefläche an. Diese wird durch eine gleichmäßige Mikrostruktur des Tablettierwerkzeugs erzielt, wodurch selbst Gravuren im μ -Bereich perfekt ausgebildet werden. Damit sich die Tablettiermasse leicht und ohne anzukleben löst, können Tablettierwerkzeuge mit verschiedenen Verfahren beschichtet werden.

Hochleistungsstahl für das Prägen / Pressen / Biegen

Für Präge-, Press- und Biegewerkzeuge liefern die Deutschen Edelstahlwerke neben einem umfangreichen Standardsortiment unterschiedlich legierter Hochleistungsstähle auch Stahlsorten mit besonderen Eigenschaften. Alle Stähle zeichnen sich durch hohe Zähigkeit und Verschleißbeständigkeit aus. Nachfolgend sind einige Stahlsorten aus unserem Produktsortiment aufgeführt:

Cryodur® 2357 ist ein lufthärtender Kaltarbeitsstahl mit einer sehr guten Zähigkeit auch bei hohen Festigkeiten. Bevorzugt wird Cryodur® 2357 für Tablettierwerkzeuge angewendet.

Cryodur® 2550 ist ein schlagzäher, wolframlegierter Kaltarbeitsstahl mit sehr guten Zähigkeitseigenschaften bei hoher Härteanahme. Verwendet wird Cryodur® 2550 u. a. für Tablettier- und Kaltlochstempel sowie für Prägewerkzeuge.

Der Werkstoff hat sich beim Prägen als wirtschaftliche Alternative zu HSS bewährt. Bei höheren Zähigkeitsanforderungen kommen bevorzugt nickelhaltige Stähle wie z. B. Cryodur® 2767 zum Einsatz.

Cryodur® 2767 ist ein nickellegierter Kaltarbeitsstahl mit hoher Härte- und Zähigkeit sowie guter Polierbarkeit, der u. a. für Massivpräge- und Biegewerkzeuge sowie Besteckstanzen eingesetzt wird.

Cryodur® 2842 findet seine Anwendung als Standardstahl für weniger belastete Prägestempel mit flachen Gravuren.

Rapidur® 3343 ist ein universell für Kaltmassivumformungs- und für Tiefziehwerkzeuge verwendbarer Schnellarbeitsstahl, der sich durch hohe Zähigkeit und Verschleißbeständigkeit auszeichnet.

Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Verschleißwiderstand	Druckfestigkeit	Zähigkeit	Polierbarkeit
Cryodur® 2357	●	● ●	● ● ●	● ● ●
Cryodur® 2360	● ●	● ●	● ●	● ●
Cryodur® 2379	● ● ●	● ● ●	○	●
Cryodur® 2550	●	●	● ●	● ●
Cryodur® 2721	○	●	● ● ●	● ● ●
Cryodur® 2767	○	●	● ● ●	● ● ●
Cryodur® 2842	●	●	●	● ●
Cryodur® 2990	● ●	● ● ●	● ●	●
Rapidur® 3343	● ● ●	● ● ●	○	●

Walzen

Beim Kaltwalzen handelt es sich um die Umformung unterhalb der Rekristallisations-Temperatur. Dabei wird das bereits warmgewalzte Band weiter in der Dicke reduziert und die mechanisch-technologischen Eigenschaften des Bandes werden eingestellt.

Wegen der spezifischen Anforderungen ist das Kaltwalzen ein Spezialgebiet innerhalb der Anwendungsbereiche für Kaltarbeitsstahl.

Der von den Deutschen Edelstahlwerken angebotene Kaltarbeitsstahl wird vorwiegend in den klassischen Bereichen der Kaltwalzindustrie eingesetzt. Er findet jedoch auch in speziellen Bereichen wie z. B. für Hilfsrollen, Richt- und Profilbiegewalzen seine Verwendung.

Für die Kaltumformung von Bändern aus niedrig- und hochlegiertem Stahl sowie Bändern und Folien aus NE-Metall stellen die Deutschen Edelstahlwerke Arbeitswalzen für Duogerüste sowie Arbeits- und Stützwalzen für Quarto- und Sextogerüste her. Darüber hinaus rüsten wir Mehrrollengerüste mit Arbeits-, Innen- und Außenzwischenwalzen aus.

Wir liefern Kaltwalzen aus eigener Produktion als einbaufertig bearbeitete Werkzeuge. Der verwendete Stahl kann daher in seinen metallurgischen und technologischen Eigenschaften genau und kundenindividuell auf die spezifischen Anforderungen abgestimmt werden.

Durch den Einsatz besonderer schmelzmetallurgischer Prozesse wie z. B. des Elektro-Schlacke-Umschmelzens oder des Lichtbogen-Vakuumumschmelzens werden die Anforderungen an die Oberflächengüte, an den Reinheitsgrad und an die Isotropie des Materials gewährleistet. Moderne Schmiedeaggregate sichern eine durchgreifende Umformung mit hoher Verdichtung der Kernzone.

Unsere Schmiedepresse und unsere Langschmiedemaschinen können endabmessungsnahe konturgeschmiedete Walzenrohlinge herstellen.

Walzenrohlinge werden in geglühtem oder vergütetem Wärmebehandlungszustand ausgeliefert.

Für die fertig bearbeiteten Ausführungen stehen den Deutschen Edelstahlwerken Härteaggregate für die induktive Oberflächenhärtung und Tieföfen für die Durchhärtung des Stahls zur Verfügung. Die Bearbeitung erfolgt in unseren modernen Bearbeitungszentren.

Umfangreiche Prüfungen an jeder Walze gewährleisten eine gleichbleibend hohe Lieferqualität.

Für Fragen und eine gezielte Anwendungsberatung steht unseren Kunden ein qualifiziertes Team von Ingenieuren und Stahlexperten zur Verfügung.

Hochleistungsstahl für Walzen

Für Kaltwalzen, Profilbiegewalzen, Richtwalzen und Richtrollen liefern die Deutschen Edelstahlwerke u. a. folgende Qualitäten:

Cryodur® 2327 ist ein 2%iger Cr-Stahl, der aufgrund seiner Legierungslage ein ausgewogenes Verhältnis von Einhärtetiefe, Härte und Zähigkeit bietet. Diese Güte liefern wir in mehreren Legierungsvarianten. Für spezielle Anforderungen bieten wir diese Qualität auch in umgeschmolzener Ausführung an.

Cryodur® 2326 ist ein 5%iger Cr-Stahl, der sich im Vergleich mit Cryodur® 2327 durch verbesserte Druckfestigkeit auszeichnet. Cryodur® 2362 kann je nach Anforderung und Anwendung entweder durchhärtend oder schalenhärtend eingesetzt werden. Bevorzugt wird der Stahl für Zwischenwalzen eingesetzt.

Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Verschleißwiderstand	Druckfestigkeit	Zähigkeit	Polierbarkeit
Cryodur® 2327	● ●	●	● ● ●	● ●
Cryodur® 2362	● ●	● ●	●	○
Cryodur® 2363	● ● ●	● ●	●	○
Cryodur® 2364	● ●	● ●	● ●	● ● ●
Cryodur® 2379	● ● ●	● ● ●	○	○
Rapidur® 3343	● ● ●	● ● ●	●	○



Zerkleinern

Für viele industrielle Fertigungsverfahren ist das Zerkleinern von metallischen und mineralischen Werkstoffen, von Kunststoffen oder Holz ein notwendiger und entscheidender wirtschaftlicher Faktor.

Ob für das Granulieren von Kunststoffen, für das Häckseln von Holz oder das Schreddern von Metallen – die vielfältigen und sehr unterschiedlichen Betriebsbedingungen stellen hinsichtlich Verschleiß, Schlagzähigkeit und Härte extreme Anforderungen an die Werkzeuge und damit an die Stahlqualität.

Standard für Granuliermesser zur Kunststoffzerkleinerung ist hochverschleißbeständiger ledeburitischer Chromstahl. Werden an diese Messer jedoch allerhöchste Anforderungen gestellt, garantiert unser Sonderwerkstoff Ferro-Titanit® extremste Verschleißbeständigkeit.

Für Häckselwerkzeuge und hier im Speziellen für die Holzverarbeitung wurde entsprechend legierter Kaltarbeitsstahl entwickelt. Dieser zeichnet sich durch eine ausreichend hohe Härte verbunden mit hoher Zähigkeit und hohem Verschleißwiderstand aus.

Für das Schreddern, z. B. in Schrottzerkleinerungsmaschinen, werden wegen der steigenden Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften und an die Zähigkeit hoch nickellegierte Kaltarbeitsstähle in geschmiedeter Ausführung eingesetzt.

Hochleistungsstahl für das Zerkleinern

Für Granulier-, Häcksel- und Schredderwerkzeuge liefern die Deutschen Edelstahlwerke ein abgerundetes Sortiment legierten Kaltarbeitsstahls von höchster Qualität.

Cryodur® 2360 ist ein 7%iger Chromstahl, der sich besonders bei der Holzverarbeitung bewährt hat. Seinen hohen Verschleißwiderstand und seine hohe Härte verdankt er der ausgewogenen Abstimmung der Legierungselemente Molybdän, Vanadium und Wolfram in Verbindung mit einem mittleren Kohlenstoffgehalt.

Cryodur® 2379 wird beim Zerkleinern bevorzugt für Granuliermesser eingesetzt. Für diesen Anwendungsbereich bietet der Stahl ein ausgewogenes Verhältnis von hoher Härte und hoher Verschleißfestigkeit.

Cryodur® 2743 ist ein hoch nickellegierter Kaltarbeitsstahl. Hervorzuheben ist seine sehr gute Kombination aus Härte – und damit Verschleißwiderstand – und Zähigkeit. Haupteinsatzgebiet von Cryodur® 2743 sind Werkzeuge in Schredderanlagen.

Cryodur® 2746 ist ein hoch nickellegierter Kaltarbeitsstahl. Der Luft- und Ölhärter zeichnet sich durch höchste Schlagzähigkeitsreserven aus. Eingesetzt wird dieser Hochleistungsstahl u. a. für Kaltscherenmesser und hier insbesondere zum Schneiden von Schrott.

Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Härte	Verschleißwiderstand	Zähigkeit
Cryodur® 2360	●	● ●	● ●
Cryodur® 2379	● ●	● ● ●	●
Cryodur® 2550	●	●	● ●
Cryodur® 2743	● ●	● ●	● ●
Cryodur® 2746	●	●	● ● ●
Cryodur® 2842	● ●	●	●
Rapidur® 3343	● ● ●	● ● ●	●

Abkanten und Führen

Kontinuierliche Verbesserungen und Weiterentwicklungen im Werkzeugmaschinenbau stellen immer komplexere Anforderungen an die Qualität und Wirtschaftlichkeit der Werkzeugsysteme.

Um dies sicherzustellen, fällt u. a. den gehärteten Führungs- und Gleitleisten der Werkzeugmaschinen eine besondere Bedeutung zu, da diese Leisten mit zu den wichtigsten Bauteilen zählen.

Die Anforderungen an den Stahl für solche Führungsleisten sind sehr vielfältig. Als mechanische Eigenschaften werden neben einem hohen Verschleißwiderstand gegen Abrasion auch eine gute Bruchzähigkeit sowie eine hohe Maßhaltigkeit bei Dauerbelastung gefordert.

Die durchhärtenden Kaltarbeitsstähle der Deutschen Edelstahlwerke zeichnen sich genau durch diese Eigenschaften aus. Darüber hinaus sind sie aber auch einfach und nahezu verzugsfrei härtbar, gut bearbeitbar und gewährleisten ein hohes Oberflächenfinish.

Genauso souverän ist die Leistungsfähigkeit des Stahls der Deutschen Edelstahlwerke beim Einsatz in modernen Abkantprozessen

Die heutige Abkanttechnologie, die zunehmend durch intelligente Werkstoffkonfigurationen und wirtschaftliche Arbeitsvorbereitungsprogramme unterstützt wird, erlaubt dem Anwender von Abkantpressen, hochgenaue Kantprodukte herzustellen.

Eine Voraussetzung dafür sind jedoch anwendungsspezifisch abgestimmte und effiziente Werkzeugsysteme aus Hochleistungsstahl. Dieser muss folgende Anforderungen erfüllen: hoher Verschleißwiderstand und hohe Biegegewichselfestigkeit, nahezu spannungsfreier Lieferzustand, gute Härtebarkeit und gute Bearbeitbarkeit.

Der von den Deutschen Edelstahlwerken gelieferte Hochleistungsstahl wird je nach Kundenwunsch entspannt und vorvergütet geliefert bzw. bei den Kunden durchgehärtet oder induktiv behandelt.

Hochleistungsstahl für das Abkanten und Führen

Das hochwertige Kaltarbeitsstahl-Sortiment für Führungs- und Abkantleisten der Deutschen Edelstahlwerke umfasst eine breite Palette vergüteter Stähle. Stellvertretend für das Produktprogramm stehen folgende Stahlsorten:

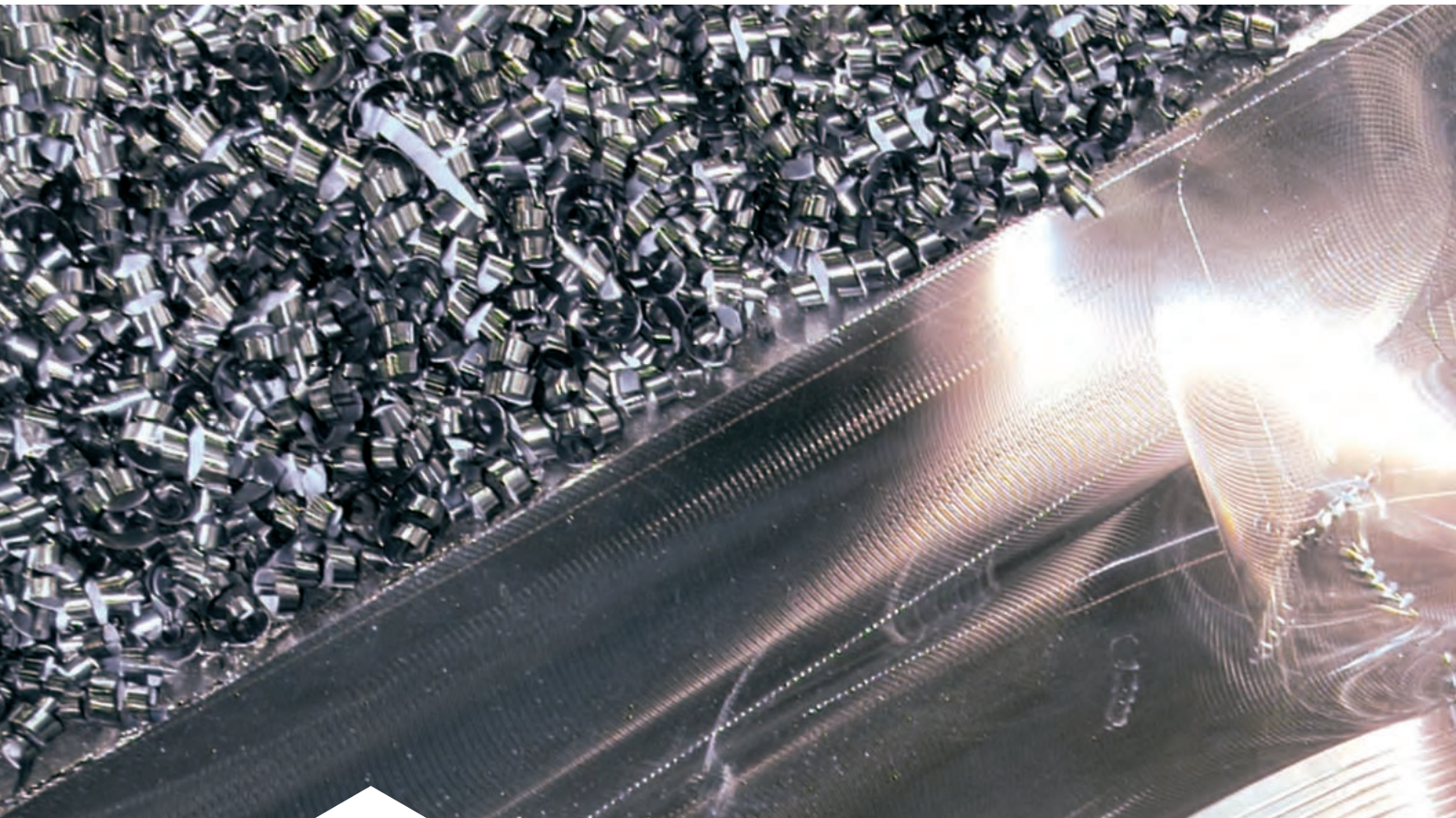
Cryodur® 2067 zeichnet sich durch ein ausgewogenes Eigenschaftsprofil aus. Das Hauptanwendungsgebiet für diesen Stahl liegt im Bereich Führungsleisten.

Formadur® 2312 ist ein aus dem Kunststoffformenbau stammender hochwertiger Abkantleistenstahl. Formadur® 2312 zeichnet sich durch seine sehr gute Bearbeitbarkeit aus und wird mit einer Härte von 280 bis 325 HB geliefert.

Cryodur® 2842 ist ein universell verwendbarer Kaltarbeitsstahl für Führungsleisten. Gegenüber dem Standard-Führungsleistenstahl Cryodur® 2067 weist er eine verbesserte Durchhärthbarkeit auf.

Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Bearbeitbarkeit	Härtbarkeit	Verschleißwiderstand
Cryodur® 2067	● ●	● ●	● ●
Formadur® 2312	● ● ●	●	●
Cryodur® 2510	● ●	● ● ●	● ●
Cryodur® 2842	● ●	● ● ●	● ●



Zerspanen

Das Zerspanen ist eine Möglichkeit, Bauteile in die gewünschte Form zu bringen. Typische Verfahren dafür sind Bohren, Drehen und Sägen.

Bei der Auswahl eines geeigneten Werkstoffes für Zerspanungswerkzeuge sind die Zerspanungsbedingungen und die Eigenschaften des zu zerspanenden Werkstoffes zu berücksichtigen.

Dies wird umso relevanter, da wegen der stetig steigenden Anforderungen an Wirtschaftlichkeit, Lebensdauer, Leichtbau, Komfort und Sicherheit von Produkten zunehmend sowohl höherfeste Werkstoffe als auch metall- sowie kunststoffbasierte Verbundwerkstoffe zum Einsatz kommen.

Für das Zerspanen stehen diverse Kaltarbeitsstähle und Schnellarbeitsstähle zur Verfügung, wobei wir hier hauptsächlich auf den Bereich Schnellarbeitsstahl eingehen möchten.

Schnellarbeitsstahl behält die erforderliche hohe Einbauhärte bis zu einer Arbeitstemperatur von bis zu 600 °C. Hierdurch können gesteigerte Zerspanungsansprüche ohne Nachlassen der Schneidfähigkeit und Schnitthaltigkeit für längere Zeiten realisiert werden. Schnellarbeitsstahl ist durch hohe Härteannahme, hohen Verschleißwiderstand, hohe Anlassbeständigkeit und Warmhärte sowie eine gute Zähigkeit gekennzeichnet.

Durch sinnvolle Abstufung der Legierungselemente C, Mo bzw. W, V, Co und Cr können bestimmte Eigenschaften hervorgehoben werden. Dadurch ist es möglich, dem Verbraucher Schnellarbeitsstahl für alle Anforderungen und Leistungen zur Verfügung zu stellen.



Die Deutschen Edelstahlwerke verfügen über langjährige Erfahrung bei der Herstellung von Schnellarbeitsstahl. Durch besondere Maßnahmen bei der Erschmelzung, dem Vergießen und der Weiterverarbeitung garantieren wir ein hohes Qualitätsniveau.

Die hohe Anlassbeständigkeit gestattet es, zusätzlich bestimmte Oberflächenbehandlungen, wie z. B. das Nitrieren, durchzuführen.

Dies führt neben der Verringerung der Kleb- und Kaltaufschweißneigung auch zur Erhöhung des Widerstandes gegen abrasiven Verschleiß.

Angesichts dieser Material- und Variantenvielfalt bei Produkten und Bauteilen gewinnt die richtige Stahlauswahl für Zerspanungswerkzeuge eine immer größere Bedeutung.

Unsere langjährige Erfahrung mit werkstoffspezifischen Spanbildungs- und Verschleißvorgängen, das Know-how unserer Werkstoffexperten sowie die bereichsübergreifende Zusammenarbeit mit Werkstoffwissenschaftlern garantieren, dass Kalt- und Schnellarbeitsstahl höchste Qualität für jeden anwendungsspezifischen Einsatz bietet.



Hochleistungsstahl für das Zerspanen

Das Stahlsortiment der Deutschen Edelstahlwerke für das Zerspanen umfasst Hochleistungsstahl, der im geglühten oder vorvergüteten (HSS) Zustand geliefert wird. Für das umfangreiche Sortiment stehen stellvertretend folgende Stahlsorten:

Cryodur® 2210 ist ein Chrom-Vanadium-legierter Kaltarbeitsstahl mit hohem Verschleißwiderstand und guter Bearbeitbarkeit. Bevorzugt wird dieser Stahl für Holzbohrer eingesetzt.

Rapidur® 3243 ist ein zäher, schneidhaltiger Hochleistungsschnellarbeitsstahl. Sein Kobaltgehalt bewirkt eine hohe Warmhärte und Anlassbeständigkeit. Rapidur® 3243 ist besonders geeignet, wenn thermische Belastungen und unterbrochener Schnitt auftreten.

Bevorzugt wird der Stahl für hochbeanspruchte Spiral- und Gewindebohrer sowie Hochleistungsfräser aller Art eingesetzt.

Rapidur® 3247 zeichnet sich durch seine hohe Verschleißhärte, Warmfestigkeit und Zähigkeit aus. Rapidur® 3247 wird bevorzugt für Werkzeuge eingesetzt, die durch abrasiven Verschleiß beansprucht werden.

Rapidur® 3333 ist ein Schnellarbeitsstahl mit niedriger Legierungslage. Er erreicht mittlere Standzeiten und wird wegen seines Zähigkeitspotenzials für schlag- und stoßbeanspruchte Teile eingesetzt. Rapidur® 3333 wird vielfach für Metallkreissägeblätter und Langsägeblätter verwendet.

Verwendungsbeispiele für Schnellarbeitsstahl

[illegible]

Werkzeughalter

Bedingt durch wachsende Produktvielfalt und steigende Stückzahlen haben sich die Werkzeugkonzepte im Laufe der Zeit geändert.

Eine der markanten Technologien, die wesentlich zur Entwicklung innovativer Werkzeughalter beigetragen hat, ist die Schrumpftechnologie. Sie findet im gesamten Bereich der Zerspanung Anwendung.

Je größer, je komplexer und je anspruchsvoller die Bearbeitung wird, desto größer sind auch die Vorteile der Schrumpftechnik. Dies zeigt sich am deutlichsten bei langen und schlanken Werkzeugen, bei hohen Drehzahlen sowie bei extremen Anforderungen an das übertragbare Drehmoment.

Ob Schrumpffutter, Hydro-Dehnspannfutter, Schrumpfaufnahmen oder hartmetallbe-

stückte Zerspanungswerkzeuge, eines hat sich jedoch bei allen Entwicklungen nicht verändert: Genauso wie es keinen Präzisionswerkzeughalter gibt, der universell alle Anforderungen perfekt abdecken kann, gibt es auch keinen Kaltarbeitsstahl, der für alle Anforderungen gleichermaßen prädestiniert ist.

Die Deutschen Edelstahlwerke bieten deshalb eine abgestimmte Auswahl an Hochleistungsstählen für Werkzeughalter an, die sich durch hohe Oberflächenhärte, gute Zähigkeit und Druckfestigkeit sowie hohen Verschleißwiderstand auszeichnen.

Hochleistungsstahl für Werkzeughalter

Das Hochleistungsstahlsortiment für Werkzeughalter der Deutschen Edelstahlwerke umfasst eine Reihe von Stählen, von denen wir die wichtigsten nachfolgend vorstellen:

Thermodur® 2343 und **Thermodur® 2344** sind Cr-Mo-V-legierte Warmarbeitsstähle, die sich auch als Kaltarbeitsstahl für verschiedenste Anwendungen bewährt haben. Dieser Stahl zeichnet sich aus durch: hohe Zähigkeit selbst bei höheren Festigkeiten, geringes Maßänderungsverhalten, guten Verschleißwiderstand, hohe Temperaturwechselbeständigkeit und hohe Verschleißfestigkeit.

Bevorzugt werden Thermodur® 2343 und Thermodur® 2344 für Werkzeughalter eingesetzt und hier im Besonderen für Schrumpffutter.

Beide Stähle sind nitrierbar, gut polierbar, haben eine sehr gute Anlassbeständigkeit und sind resistent gegen Warmrissbildung. Bei höheren Anforderungen an den Verschleißwiderstand empfiehlt sich Thermodur® 2344.

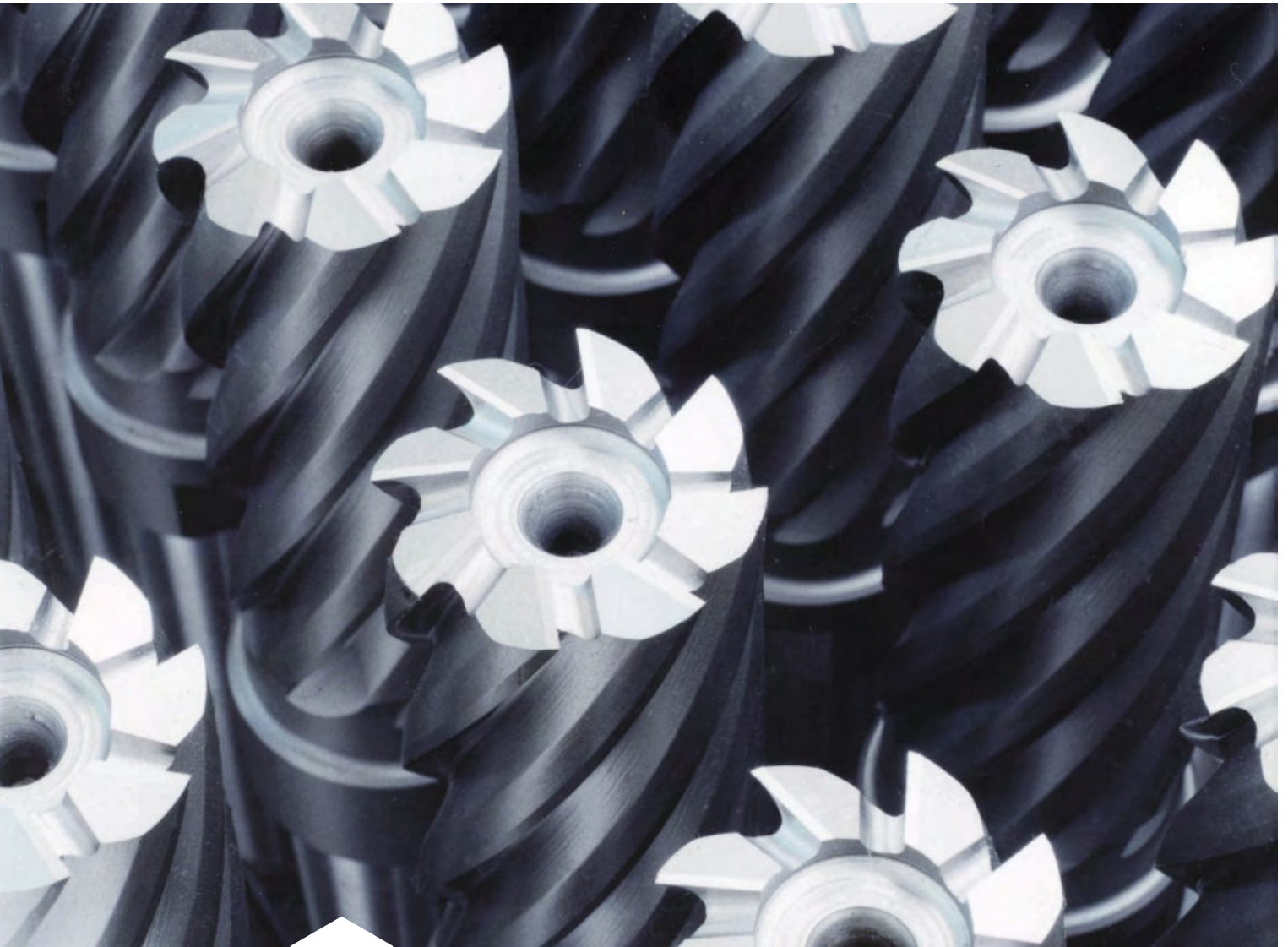
Thermodur® 2714 ist ein Hochleistungsgesenkstahl, der aufgrund seiner guten Zähigkeit und hohen Druckfestigkeit als Grundkörper für hartmetallbestückte Werkzeuge eingesetzt wird.

Cryodur® 2826 ist ein Si-Mn-legierter Kaltarbeitsstahl mit hoher Zähigkeit und guten Federungseigenschaften. Aus diesem Grund eignet sich Cryodur® 2826 besonders gut für Spannpatronen und Spannzangen.



Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Festigkeit	Verschleißwiderstand	Zähigkeit	Maßhaltigkeit
Formadur® 2312	●	○	●	● ●
Thermodur® 2343	● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Thermodur® 2344	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Cryodur® 2550	● ●	● ●	●	● ●
Thermodur® 2714	●	●	● ●	● ●
Cryodur® 2721	●	○	● ● ●	● ● ●
Cryodur® 2826	●	○	● ●	● ●



Hand- und Maschinenwerkzeuge

Die Entwicklung bei Hand- und Maschinenwerkzeugen ist in den letzten Jahren vom Streben nach möglichst hoher Prozesssicherheit bei hoher Produktivität geprägt.

Besonders bei den Maschinenwerkzeugen ist neben den permanenten Weiterentwicklungen an Beschichtung und Verschleißschutz vor allem der Trend zum modularen Werkzeug unverkennbar. Da schon seit Jahren Drehmaschinen- und Fräsbearbeitungstechnologien auf eine Maschine zusammengeführt werden, ist die Entwicklung universeller Werkzeuge eine logische Folge.

Um den damit verbundenen steigenden Anforderungen an die Stahlqualität immer wieder aufs Neue gerecht zu werden, liefern die Deutschen Edelstahlwerke eine große Auswahl hochwertigster Kaltarbeitsstähle. Ob Bohrer, Fräser, Holzbearbeitungswerkzeuge, Schraubwerkzeuge, Einsteckwerkzeuge für Pneumatik- und Hydraulikhämmer oder eine große Anzahl von Handwerkzeugen: Dank der gleichbleibenden und hohen Werkstoffqualität garantiert unser Stahl für die damit erstellten Werkzeuge höchste Gebrauchssicherheit und längste Lebensdauer.

Hochleistungsstahl für Hand- und Maschinenwerkzeuge

Das Hochleistungsstahlsortiment für Hand- und Maschinenwerkzeuge der Deutschen Edelstahlwerke umfasst Premium- und Sonderstahl, von dem die wichtigsten hier kurz vorgestellt werden:

Cryodur® 2210 ist ein Cr-V-legierter Kaltarbeitsstahl mit hohem Verschleißwiderstand, guter Bearbeitbarkeit und guter Zerspanbarkeit. Der Stahl wird u. a. für Wetzstahl, Spiralbohrer sowie Auswerferstifte eingesetzt. Cryodur® 2210 ist auch in Silberstahlausführung lieferbar.

Cryodur® 2249 ist ein Chrom-, Silizium- und Vanadium-legierter Spezialstahl, der sich durch eine hohe Zähigkeit auch bei schlagender Beanspruchung auszeichnet. Hauptsächlich wird Cryodur® 2249 für Pneumatik-Einsteckwerkzeuge verwendet.

Cryodur® 2381 ist ein Silizium-Molybdän-legierter hochfester Sonderstahl mit guter Verdrehfestigkeit, der bevorzugt für Bits und Schraubendreher verwendet wird.

Cryodur® 2766 ist ein öl- und lufthärtbarer Kaltarbeitsstahl mit enormer Dauerfestigkeit und Zähigkeit bei gleichzeitig extrem hohem Verschleißwiderstand. Cryodur® 2766 ist mit modifizierter Analyse und dadurch verbesserter Zähigkeit erhältlich.

Gruppenspezifischer Eigenschaftsvergleich

Marke	Festigkeit	Verschleißwiderstand	Zähigkeit	Elastizität
Cryodur® 1520	○	●	●	● ● ●
Cryodur® 2002	● ●	● ● ●	○	○
Cryodur® 2008	● ●	● ● ●	○	○
Cryodur® 2210	● ●	● ●	○	○
Cryodur® 2235	●	● ● ●	○	●
Cryodur® 2242	●	●	● ●	● ● ●
Cryodur® 2249	●	●	● ●	● ● ●
Cryodur® 2381	●	● ●	● ●	● ● ●
Cryodur® 2550	● ●	● ● ●	●	●
Cryodur® 2766 mod	○	●	● ● ●	● ● ●



Werkstoffdatenblätter

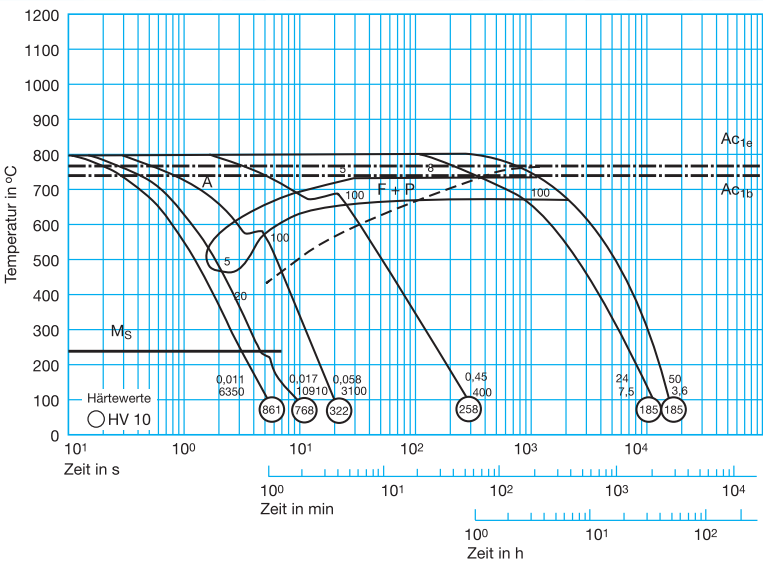
Nachfolgend die wichtigsten Werkstoffe im Bereich Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstahl mit ihren Werkstoffeigenschaften, der Normenzuordnung, physikalischen Eigenschaften und Hinweisen zur Verwendung und Wärmebehandlung.

Cryodur® 1520	Cryodur® 2516
Cryodur® 1730	Cryodur® 2550
Cryodur® 2002	Cryodur® 2709
Cryodur® 2008	Thermodur® 2714
Cryodur® 2067	Cryodur® 2721
Cryodur® 2080	Cryodur® 2743
Cryodur® 2101	Cryodur® 2746
Cryodur® 2201	Formadur® 2764
Cryodur® 2210	Cryodur® 2766
Cryodur® 2235	Cryodur® 2767
Cryodur® 2242	Cryodur® 2826
Cryodur® 2243	Cryodur® 2833
Cryodur® 2249	Cryodur® 2842
Formadur® 2312	Cryodur® 2990
Cryodur® 2327	Rapidur® 3202
Cryodur® 2328	Rapidur® 3207
Thermodur® 2343	Rapidur® 3243
Thermodur® 2344	Rapidur® 3247
Cryodur® 2357	Rapidur® 3333
Cryodur® 2360	Rapidur® 3343
Cryodur® 2362	Rapidur® 3344
Cryodur® 2363	
Cryodur® 2379	
Cryodur® 2381	
Cryodur® 2436	
Cryodur® 2510	

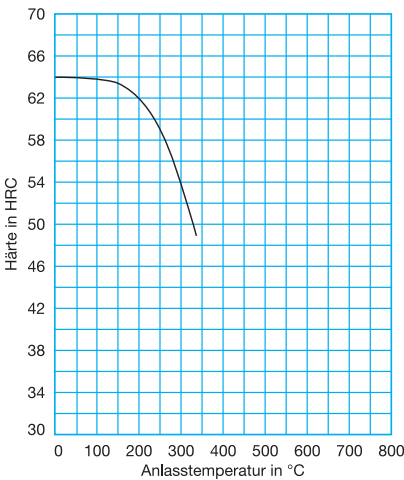
Cryodur® 1520

(C70W) C 0,70 Si 0,25 Mn 0,25			
Werkstoff-eigenschaften	Schalenhärter mit verschleißfester Oberfläche, hohe Kernzähigkeit.		
Verwendungshinweise	Abkratwerkzeuge, Zangen, Einsteckwerkzeuge für Pressluft- und Handwerkzeuge.		
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	Abkühlen	Glühhärt HB
	680 - 710	Ofen, ab 500 °C Luft	Max. 180
	Spannungsarmglühen °C	Abkühlen	
	Ca. 600 – 650	Ofen	
	Härten °C	Abschrecken	Härte nach dem Abschrecken HRC
	780 - 810	Wasser	64
Anlassen °C		100 200 300 350	
HRC		64 61 56 49	

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

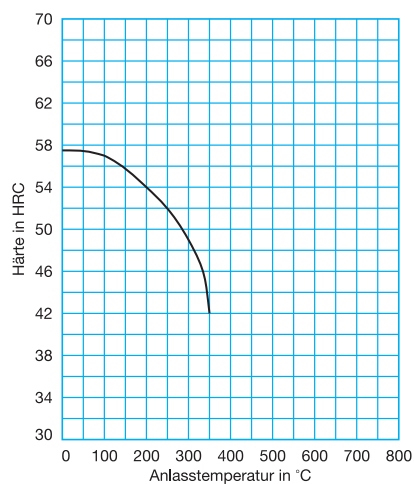


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

Cryodur® 1730

C45U C 0,45 Si 0,20 Mn 0,70				
Werkstoff-eigenschaften	Schalenhärter, harte Oberfläche, zäher Kern.			
Normenzuordnung	AISI 1045			
Verwendungs-hinweise	Aufbauteile für Werkzeuge, z. B. Grundplatten für Kunst- und Druckgießwerkzeuge. Ferner für Handwerkzeuge, Zangen und landwirtschaftliche Werkzeuge aller Art.			
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 680 - 710	Abkühlen Ofen		Glühhäte HB Max. 207
	Spannungsarmglühen °C Ca. 600 - 650	Abkühlen Ofen		
	Härten °C 800 - 830	Abschrecken Wasser		Härte nach dem Abschrecken HRC 57
	Anlassen °C HRC	100 57	200 54	300 49

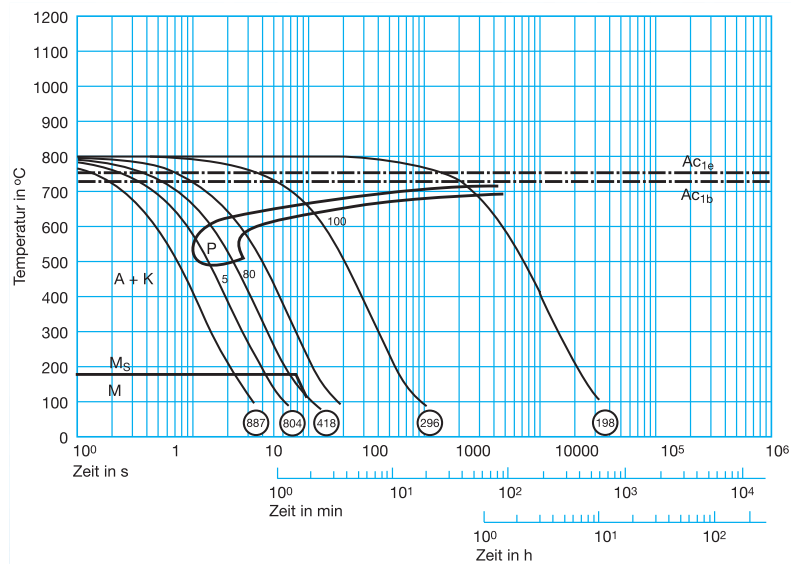
Anlassschaubild



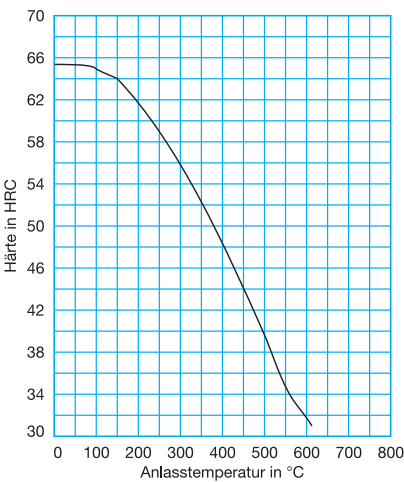
Cryodur® 2002

(125Cr1) C 1,30 Cr 0,25 Si 0,25 Mn 0,30				
Werkstoff-eigenschaften	Werkzeugstahl mit hoher Oberflächenhärte.			
Verwendungshinweise	Schneidwerkzeuge, Ziehmatrizen, Feilen und Dorne.			
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	Abkühlen		Glühhärte HB
	700 - 720	Ofen		Max. 200
	Spannungsarmglühen °C	Abkühlen		
	Ca. 650 - 680	Ofen		
	Härten °C	Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC
	770 - 800	Öl: < 10 mm Ø		65
	Anlassen °C	100	200	300
	HRC	64	62	56
			350	49

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

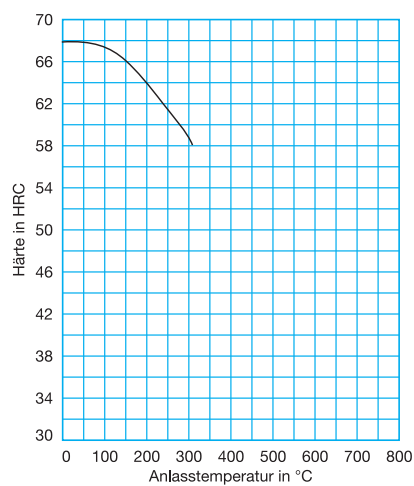


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

Cryodur® 2008

(140Cr3)		C 1,50	Si 0,25	Mn 0,25	Cr 0,85	V 0,20
Werkstoff-eigenschaften	Wasserhärtender Sonderstahl.					
Verwendungshinweise	Feilen.					
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	Abkühlen			Glühhärt HB	
	730 - 760	Ofen			Max. 220	
	Spannungsarmglühen °C	Abkühlen				
	Ca. 650 - 680	Ofen				
	Härten °C	Abschrecken			Härte nach dem Abschrecken HRC	
	780 - 820	Wasser			68	
	Anlassen °C	100	200	300		
	HRC	63	62	59		

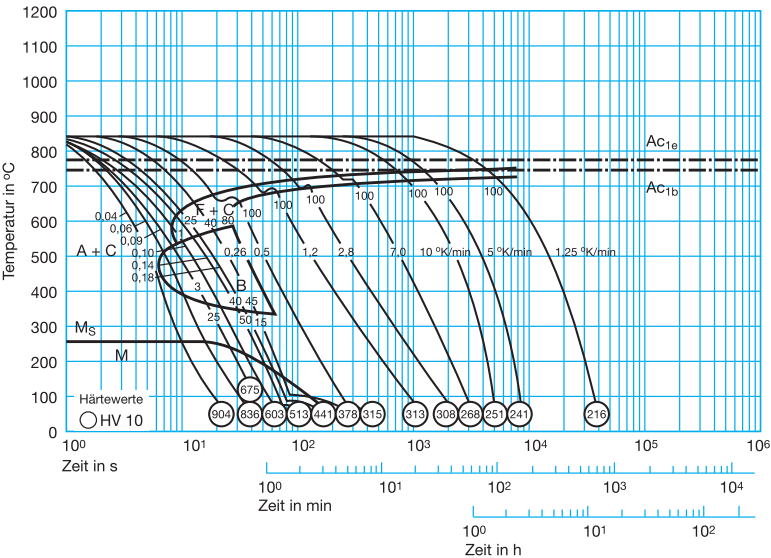
Anlassschaubild



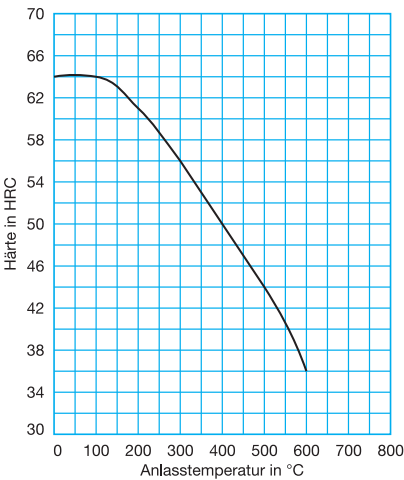
Cryodur® 2067

100Cr6	C 1,00 Si 0,20 Mn 0,35 Cr 1,50						
Werkstoff-eigenschaften	Ölhärter mit geringer Einhärtungstiefe, verschleißfest.						
Normenzuordnung	AISI L1/L3		AFNOR Y100C6				
Physikalische Eigenschaften	Wärmeleitfähigkeit bei °C W/(m • K)	20	350	700			
		33,0	32,2	31,4			
Verwendungshinweise	Kaltpilgerwalzen und -backen, Gewindeschneidwerkzeuge, Lehren, Dorne, Holz- und Papierbearbeitungs- werkzeuge, Kaltfließpress- und Drückwerkzeuge, Bördelrollen, Scheren- und Rollscherenmesser.						
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 710 - 750	Abkühlen Ofen			Glühhärte HB Max. 225		
	Spannungsarmglühen °C Ca. 650	Abkühlen Ofen					
	Härten °C 830 - 860	Abschrecken Öl oder Warmbad, 180 - 220 °C			Härte nach dem Abschrecken HRC 64		
	Anlassen °C HRC	100 64	200 61	300 56	400 50	500 44	600 36

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



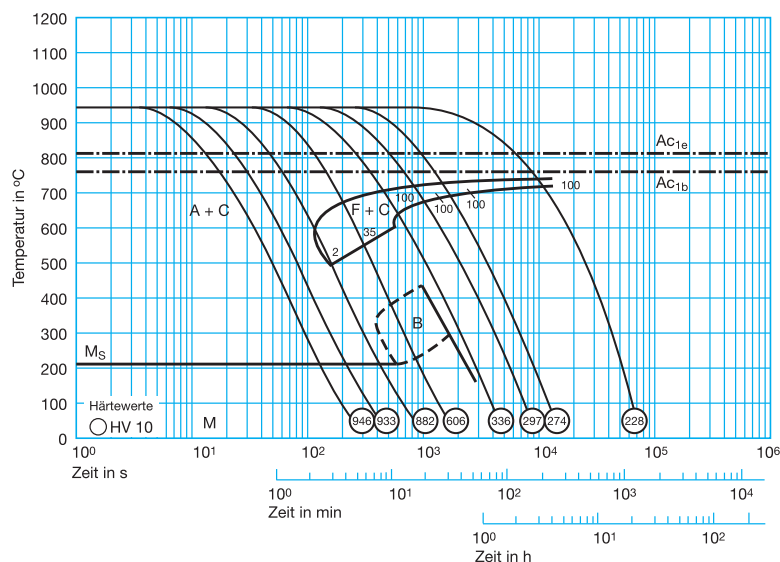
Anlassschaubild



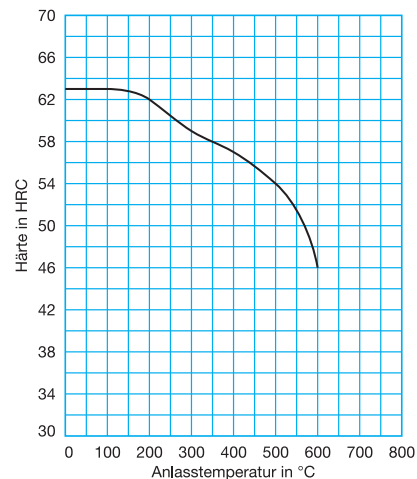
Cryodur® 2080

X210Cr12									C 2,00	Si 0,30	Mn 0,30	Cr 12,00
Werkstoff-eigenschaften	Ledeburitischer 12%iger Cr-Stahl, höchster Verschleißwiderstand.											
Normenzuordnung	AISI D3				AFNOR Z200C12							
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C				20 - 100	20 - 200	20 - 300	20 - 400	20 - 500	20 - 600	20 - 700	
	10 ⁻⁶ m/(m • K)				10,8	11,7	12,2	12,6	12,8	13,1	13,3	
	Wärmeleitfähigkeit bei °C				20	350	700					
	W/(m • K)				16,7	20,5	24,2					
Verwendungshinweise	Werkzeuge zum Schneiden von Blechen bis 4 mm Dicke, Abgratwerkzeuge, Schnitte für Papier und Kunststoff, Lang- und Rundscherenmesser für Blechdicken bis 2 mm, Zieh- und Tiefziehwerkzeuge. Holzbearbeitungswerkzeuge, Steinpresswerkzeuge, Schliebleisten und hochverschleißfeste Kunststoffformen, Profilrollen.											
Wärmebehandlung	Weichglühen °C				Abkühlen			Glühhärt HB				
	800 - 840				Ofen			Max. 250				
	Spannungsarmglühen °C				Abkühlen							
	Ca. 650 – 700				Ofen							
	Härten °C				Abschrecken			Härte nach dem Abschrecken HRC				
	930 - 960				Öl			64				
	950 - 980				Luft (bis 30 mm Dicke)			64				
	Anlassen °C				100	200	300	400	500	600		
	HRC				63	62	59	57	54	46		

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



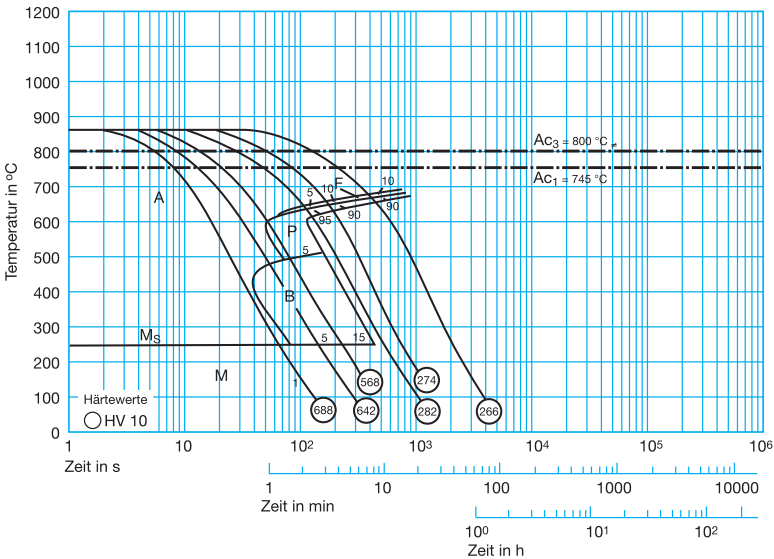
Anlassschaubild



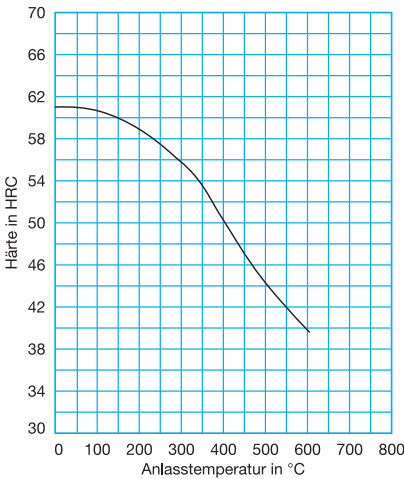
Cryodur® 2101

(62SiMnCr4)	C 0,65 Si 1,10 Mn 1,10 Cr 0,70						
Werkstoff- eigenschaften	Gute Zähigkeit, verschleißfest.						
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient						
	bei °C		20 - 100		20 - 200		
	10⁻⁶ m/(m • K)		11,8		12,5		
	Wärmeleitfähigkeit bei °C		20		350		700
	W/(m • K)		31,0		31,5		31,9
Verwendungshinweise	Spannzangen, Scherenmesser, Führungsleisten und Lochstanzwerkzeuge.						
Wärmebehandlung	Weichglühen °C		Abkühlen			Glühhärte HB	
	700 - 750		Ofen			Max. 225	
	Spannungsarmglühen °C		Abkühlen				
	Ca. 650 - 680		Ofen				
	Härten °C		Abschrecken			Härte nach dem Abschrecken HRC	
	830 - 860		Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C			61	
	Anlassen °C		100	200	300	400	500 600
	HRC		61	59	56	50	45 40

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

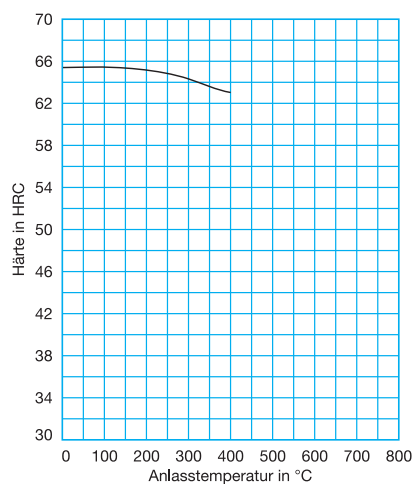


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

Cryodur® 2201

(X165CrV12) C 1,60 Cr 12,00 V 0,10				
Werkstoff-eigenschaften	Maßbeständiger Ölhärter, sehr verschleißfest bei noch guter Zähigkeit.			
Verwendungshinweise	Hochleistungsstahl für Schnitte, Einsenkwerkzeuge, Gewindewalzen, Metallsägen, Holzfräser u. Ä.			
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 800 - 830	Abkühlen Ofen		Glühhäte HB Max. 231
	Spannungsarmglühen °C Ca. 650 - 680	Abkühlen Ofen		
	Härten °C 960 - 1000	Abschrecken Öl oder Warmbad, 350 - 400 °C		Härte nach dem Abschrecken HRC 64
	Anlassen °C HRC	100 64	200 63	300 61

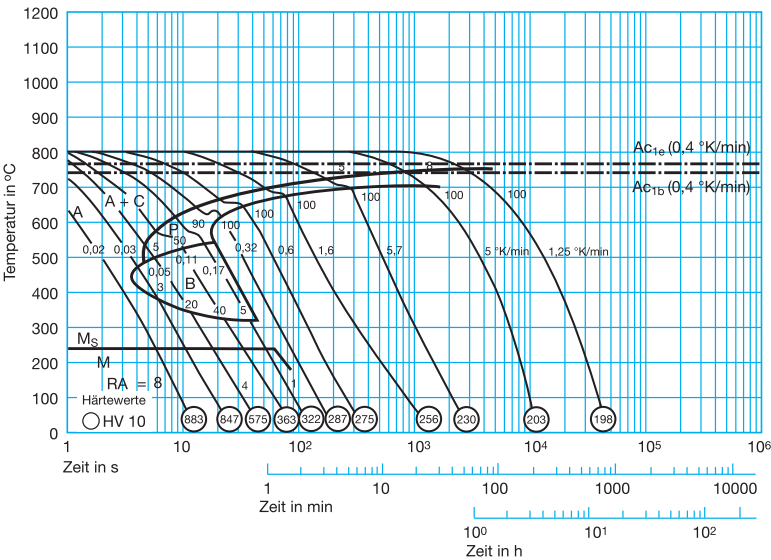
Anlassschaubild



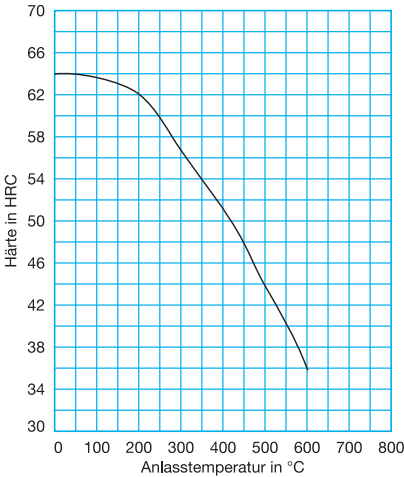
Cryodur® 2210

(115CrV3) C 1,20 Cr 0,70 V 0,10							
Werkstoff-eigenschaften	Verschleißfester Cr-V-legierter Kaltarbeitsstahl.						
Normenzuordnung	AISI L2						
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient						
	bei °C	20 - 100	20 - 200	20 - 300	20 - 400	20 - 500	20 - 600 20 - 700
	10 ⁻⁶ m/(m • K)	10,0	12,7	13,7	14,2	14,9	15,8 16,8
	Wärmeleitfähigkeit bei °C						
	W/(m • K)	20	350	700			
		34,2	32,6	31,0			
Verwendungshinweise	Lochstempel, Führungsstifte, Spiralbohrer, Auswerfer und Holzbeitel.						
Wärmebehandlung	Weichglühen °C		Abkühlen		Glühhärt HB		
	710 - 750		Ofen		Max. 220		
	Spannungsarmglühen °C		Abkühlen				
	Ca. 650 - 680		Ofen				
	Härten °C		Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC		
	810 - 840		Öl: < 15 mm Ø		64		
	780 - 810		Wasser: > 15 mm Ø		64		
	Anlassen °C						
			100		400		
			200		500		
			300		600		
	HRC		64		51		
			62		44		
			57		36		

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

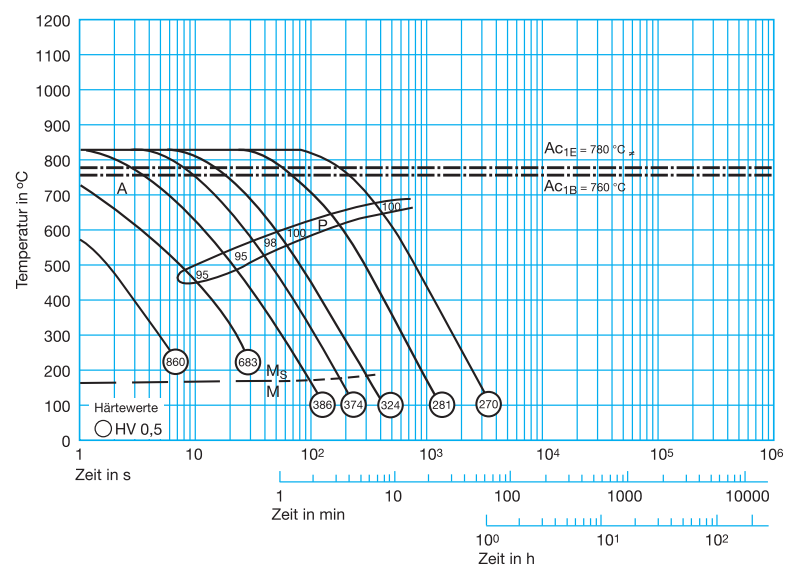


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

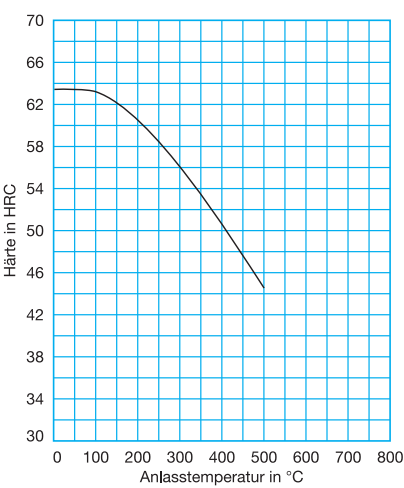
Cryodur® 2235

(80CrV2) C 0,80 Cr 0,60 V 0,20					
Werkstoff-eigenschaften	Schneidhaltiger Sonderstahl für Holzarbeit.				
Physikalische Eigenschaften	Wärmeleitfähigkeit bei °C	20	350	700	
	W/(m • K)	33,5	32,0	31,0	
Verwendungshinweise	Kreis- und Gattersägen, Maschinenmesser, Schneidwerkzeuge für Holz und Nichteisenmetalle, Zangen und Holzbeitel.				
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	Abkühlen		Glühhärt HB	
	690 - 730	Ofen		Max. 225	
	Spannungsarmglühen °C	Abkühlen			
	Ca. 650 - 680	Ofen			
	Härten °C	Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC	
	800 - 830	Öl		63	
	Anlassen °C	100	200	300	400 500
	HRC	63	61	57	52 45

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

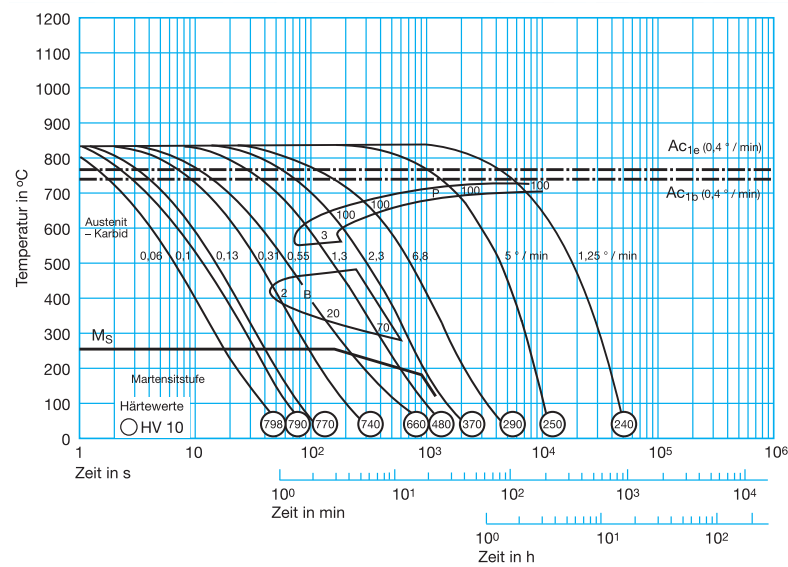


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

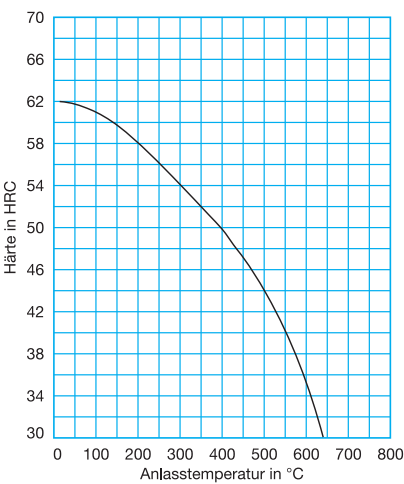
Cryodur® 2242

(59CrV4)	C 0,59 Mn 0,90 Cr 1,00 V 0,10					
Werkstoff-eigenschaften	Verschleißfest, hohe Zähigkeit.					
Verwendungshinweise	Sonderstahl für Handmeißel aller Art, wie Flach-, Kreuz- und Spitzenmeißel für die Bearbeitung harter Werkstoffe, ferner für Schraubendreher etc.					
Wärmebehandlung	Weichglühen °C		Abkühlen		Glühhärte HB	
	710 - 740		Ofen		Max. 230	
	Spannungsarmglühen °C		Abkühlen			
	Ca. 650 - 680		Ofen			
	Härten °C		Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC	
	810 - 850		Öl		62	
	Anlassen °C		100	200	300	400
	HRC		61	58	55	50

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild

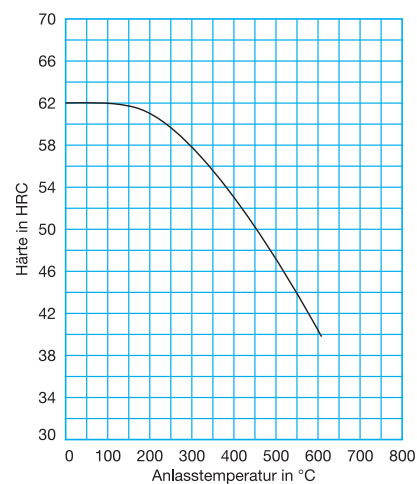


Anlassschaubild



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

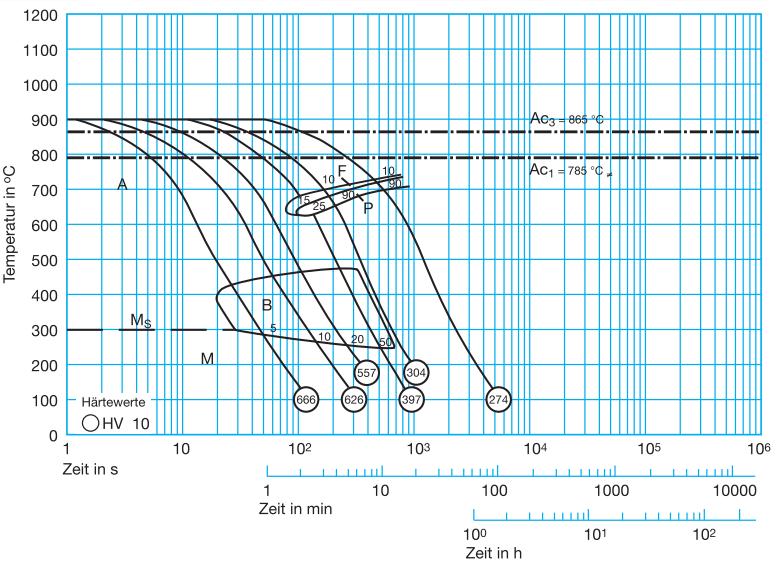
Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



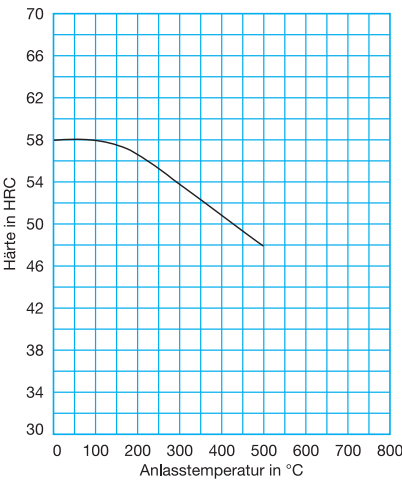
Cryodur® 2249

(45SiCrV6) C 0,45 Si 1,35 V 0,10 Cr 1,35					
Werkstoff-eigenschaften	Werkzeugstahl, zähfest bei Schlagbeanspruchung.				
Verwendungshinweise	Pressluftmeißel, Lochstanzwerkzeuge, Niethämmer, Stempel und Werkzeuge für die Holzbearbeitung.				
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	Abkühlen		Glühhärt HB	
	710 - 750	Ofen		Max. 219	
	Spannungsarmglühen °C	Abkühlen			
	Ca. 650 - 680	Ofen			
	Härten °C	Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC	
	860 - 890	Öl		58	
	Anlassen °C	100	200	300	400 500
	HRC	58	57	53	51 49

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

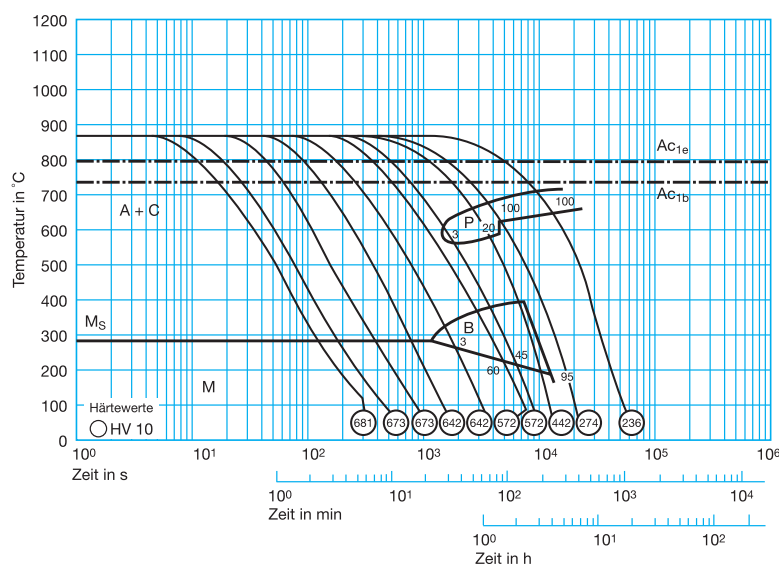


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

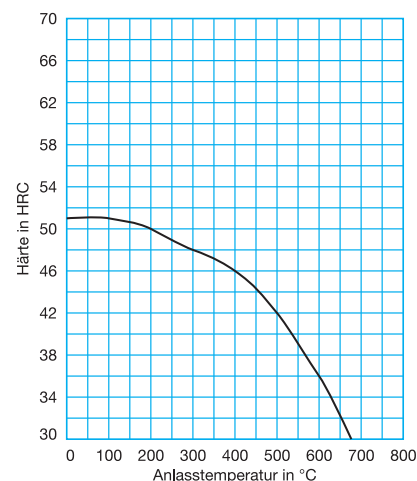
Formadur® 2312

40CrMnMoS8-6 ¹⁾		C 0,40	Si 0,35	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, polierfähig.						
Normenzuordnung	AISI P20+S						
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient						
	bei °C	20 - 100	20 - 200	20 - 300			
	10 ⁻⁶ m/(m • K) Geglüht	12,5	13,4	13,9			
	10 ⁻⁶ m/(m • K) Vergütet	12,3	13,0	13,7			
	Wärmeleitfähigkeit bei °C	100	150	200	250	300	
	W/(m • K) Geglüht	40,2	40,9	40,3	40,0	39,0	
	W/(m • K) Vergütet	39,8	40,4	40,4	39,9	39,0	
Verwendungshinweise	Kunststoffformen, Formrahmen für Kunststoff- und Druckgießformen, Rezipientenmäntel, Aufbauten für Schnittwerkzeuge, Abkantleisten und Werkzeughalter.						
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 710 - 740	Abkühlen Ofen			Glühhäte HB Max. 235		
	Spannungsarmglühen °C (geglüht) Ca. 600	Spannungsarmglühen °C (vergütet) Ca. 30 – 50 unter der Anlasstemperatur			Abkühlen Ofen		
	Härten °C 840 - 870	Abschrecken Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C			Härte nach dem Abschrecken HRC 51		
	Anlassen °C HRC	100 51	200 50	300 48	400 46	500 42	600 36

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

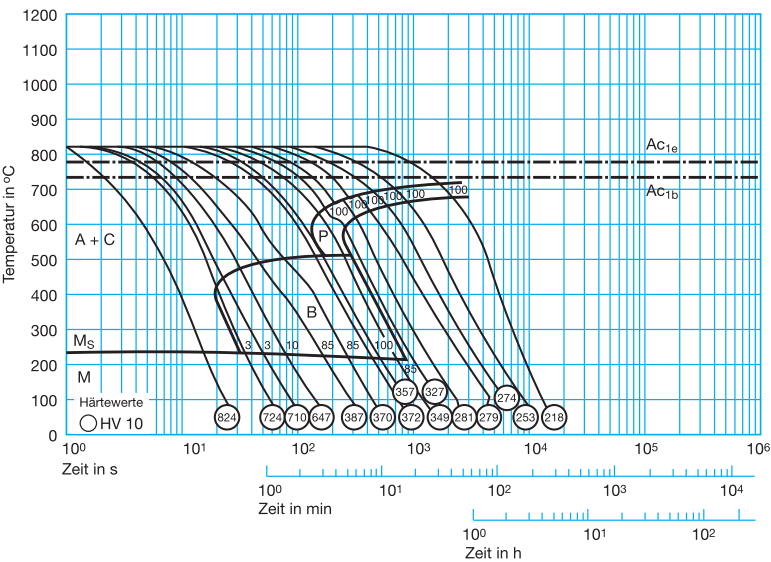


¹⁾ S kann auf 0,05 % bis 0,10 % angehoben werden und Ni kann entfallen.

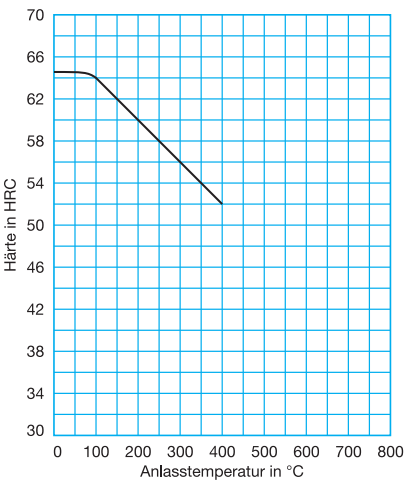
Cryodur® 2327

(~86CrMoV7)	C 0,83 Si 0,45 Mn 0,40 Cr 1,90 Mo 0,30				
Werkstoff-eigenschaften	Cr-Mo-legierter Schalenhärter mit hohem Verschleißwiderstand.				
Verwendungshinweise	Standard-Kaltwalzenstahl für Walzen aller Abmessungen, Stütz- und Arbeitswalzen.				
Wärmebehandlung	Weichglühen °C		Abkühlen		Glühhärte HB
	710 - 750		Ofen		Max. 250
	Härten °C		Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC
	830 - 850		Wasser		64 - 65
	Anlassen °C		100	200	300
	HRC		64	60	56
				400	52

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

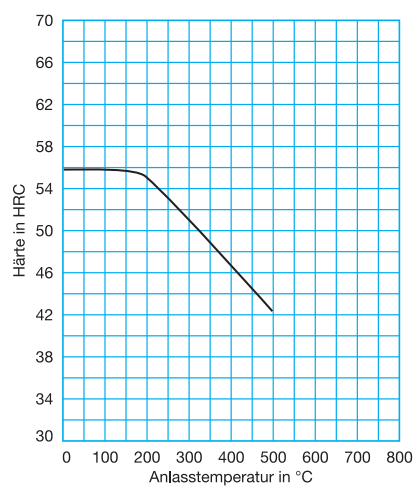


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

Cryodur® 2328

(45CrMoV7)		C 0,45	Mn 0,90	Cr 1,80	Mo 0,30	V 0,05
Werkstoff-eigenschaften	Lufthärter von hoher Härte bei hoher Zähigkeit.					
Verwendungshinweise	Spezialstahl für Handmeißel.					
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 690 - 730	Abkühlen Ofen			Glühhärt HB Max. 248	
	Spannungsarmglühen °C Ca. 650	Abkühlen Ofen				
	Härten °C 840 - 860	Abschrecken Luft			Härte nach dem Abschrecken HRC 55	
	Anlassen °C HRC	100 55	200 55	300 52	400 49	500 45 600 38

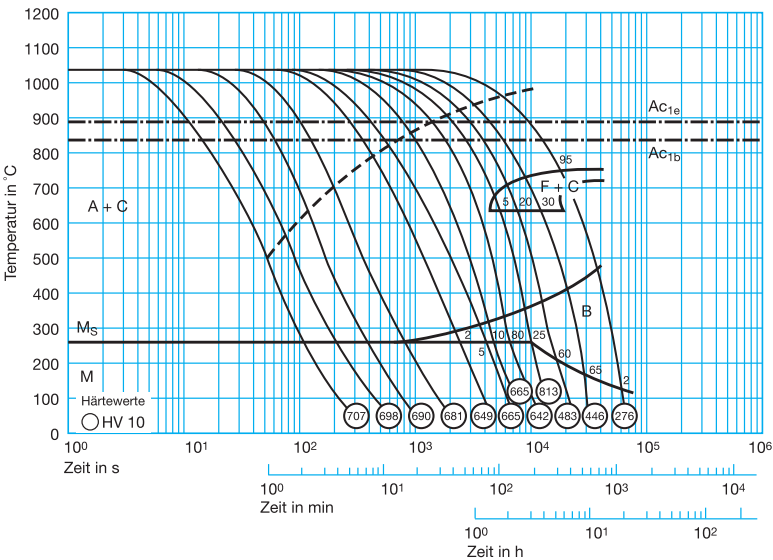
Anlassschaubild



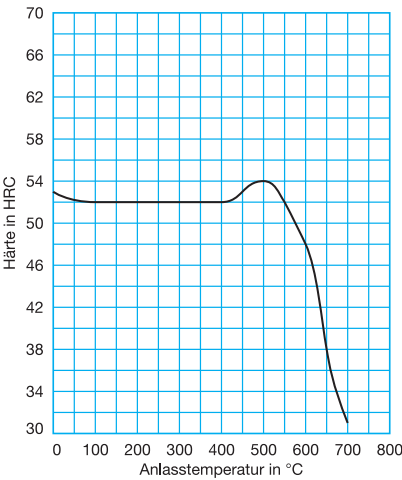
Thermodur® 2343

X37CrMoV5-1C 0,38Si 1,00Cr 5,30Mo 1,30V 0,40									
Werkstoff-eigenschaften	Hohe Warmfestigkeit und Zähigkeit. Gute Wärmeleitfähigkeit und Warmrissunempfindlichkeit. Bedingt wasserkühlbar.								
Normenzuordnung	AISI H11		AFNOR Z38CDV5						
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient 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
	Wärmeleitfähigkeit bei °C		20	350	700				
	W/(m • K) Geglüht		29,8	30,0	33,4				
Verwendungshinweise	W/(m • K) Vergütet		26,8	27,3	30,3				
	Neben den typischen Anwendungen im Warmarbeitsstahlbereich kommt dieser Werkstoff insbesondere für Auswerferstite, Werkzeughalter und Schrumpffutter zum Einsatz.								
Wärmebehandlung	Weichglühen °C		Abkühlen				Glühhärte HB		
	750 - 800		Ofen				Max. 230		
	Spannungsarmglühen °C		Abkühlen						
	Ca. 600 - 650		Ofen						
	Härten °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
	HRC		52	52	52	52	54	52	48

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



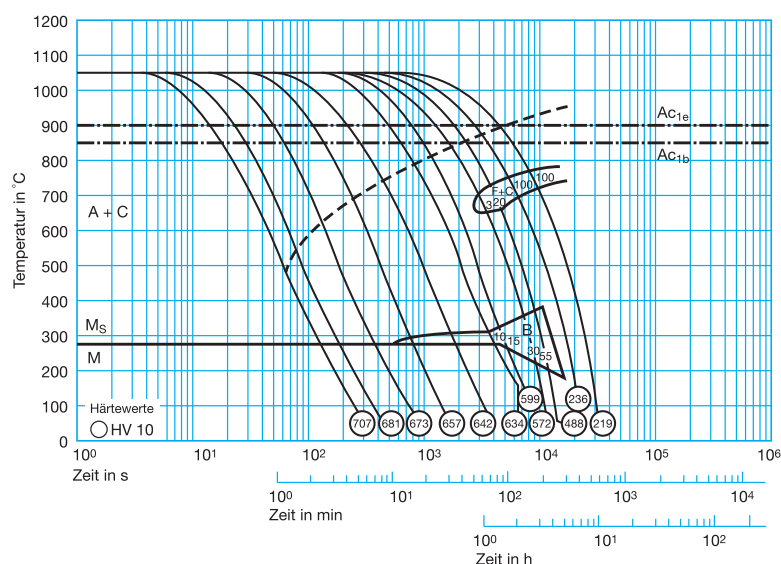
Anlassschaubild



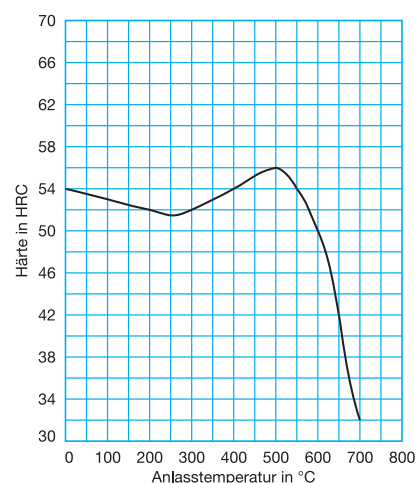
Thermodur® 2344

X40CrMoV5-1		C 0,40	Si 1,00	Cr 5,30	Mo 1,40	V 1,00				
Werkstoff-eigenschaften	Hoher Warmverschleißwiderstand, hohe Warmfestigkeit und Zähigkeit. Gute Wärmeleitfähigkeit und Warmrissunempfindlichkeit. Bedingt wasserkühlbar.									
Normenzuordnung	AISI H13		AFNOR Z40CDV5							
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C	20 - 100	20 - 200	20 - 300	20 - 400	20 - 500	20 - 600	20 - 700		
	10 ⁻⁶ m/(m • K)	10,9	11,9	12,3	12,7	13,0	13,3	13,5		
	Wärmeleitfähigkeit bei °C	20	350	700						
	W/(m • K) Geglüht	27,2	30,5	33,4						
	W/(m • K) Vergütet	25,5	27,6	30,3						
Verwendungshinweise	Neben den typischen Anwendungen im Warmarbeitsstahlbereich kommt dieser Werkstoff insbesondere für Auswerferstifte, Werkzeughalter und Schrumpffutter zum Einsatz.									
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	Abkühlen			Glühhärte HB					
	750 - 800	Ofen			Max. 230					
	Spannungsarmglühen °C	Abkühlen								
	Ca. 600 - 650	Ofen								
	Härten °C	Abschrecken			Härte nach dem Abschrecken HRC					
	1020 - 1050	Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C			54					
	Anlassen °C	100	200	300	400	500	550	600	650	700
	HRC	53	52	52	54	56	54	50	42	32

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



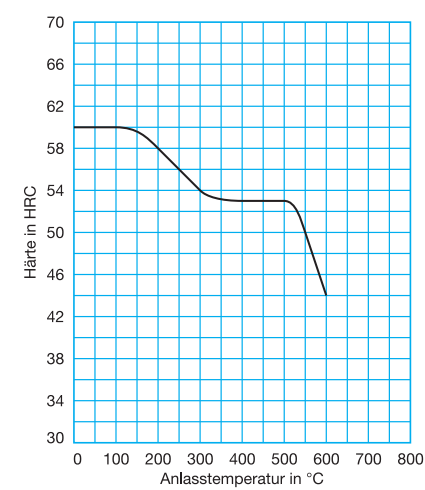
Anlassschaubild



Cryodur® 2357

(50CrMoV13-15)	C 0,50	Si 0,30	Mn 0,70	Cr 3,35	Mo 1,60	V 0,25				
Werkstoff-eigenschaften	Hohe Zähigkeit, hoher Verschleißwiderstand, hohe Druckfestigkeit und Maßhaltigkeit, gute Polierbarkeit.									
Normenzuordnung	AISI S7									
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C				20 - 200	20 - 400				
	10 ⁻⁶ m/(m • K)				12,2	12,5				
	Wärmeleitfähigkeit bei °C				20	200	400			
	W/(m • K)				28,9	30,0	31,0			
Verwendungshinweise	Kaltarbeitsstahl für Stanzwerkzeuge, Formwerkzeuge, Schrottscheren, Lochstempel, Einsenkstempel, Prägestempel, Abgratwerkzeuge, Kunststoffformen und Tablettierpressstempel.									
Wärmebehandlung	Weichglühen °C			Abkühlen			Glühhärte HB			
	810 - 850			Ofen			Ca. 220			
	Spannungsarmglühen °C			Abkühlen						
	Ca. 600			Ofen						
	Härten °C			Abschrecken			Härte nach dem Abschrecken HRC			
	920 - 970			Luft oder Öl			60 - 62			
	Anlassen °C			100	200	300	400	500	550	600
	HRC			60	58	54	53	53	50	44

Anlassschaubild

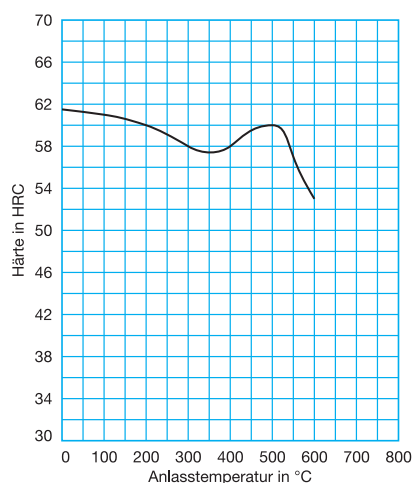


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

Cryodur® 2360

(~X48CrMoV8-1-1)		C 0,50	Si 1,20	Mn 0,35	Cr 7,30	Mo 1,50	V 0,50
Werkstoff-eigenschaften	Cryodur® 2360 ist ein 7%iger Cr-Stahl, der seinen hohen Verschleißwiderstand durch eine ausgewogene Abstimmung der Legierungselemente erhält. Der mittlere V-Gehalt von 0,5 % verbindet ausreichend hohe Härbarkeit mit hoher Zähigkeit, auch bei relativ niedrigen Betriebstemperaturen unter RT.						
Verwendungshinweise	Cryodur® 2360 ist besonders geeignet für den Einsatz für Holzhackmesser (Chipper-Knife), Messerhalter, Furniermesser, Messereinsätze, Knüppelscherenmesser, Armierungen mit hoher Härte bei gleichzeitig hohen Zähigkeitsanforderungen sowie kompliziert geformten Kaltfließpresswerkzeugen in großen Abmessungen.						
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	830 - 830		Abkühlen		Glühhärt HB	
				Ofen		Max. 240	
	Spannungsarmglühen °C	Ca. 650		Abkühlen			
				Ofen			
	Härten °C	1030 - 1070		Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC	
				Luft, Öl oder Warmbad, 550 °C		60 - 61	
	Anlassen °C	100	200	300	400	500	550
	HRC	61	60	58	58	60	57

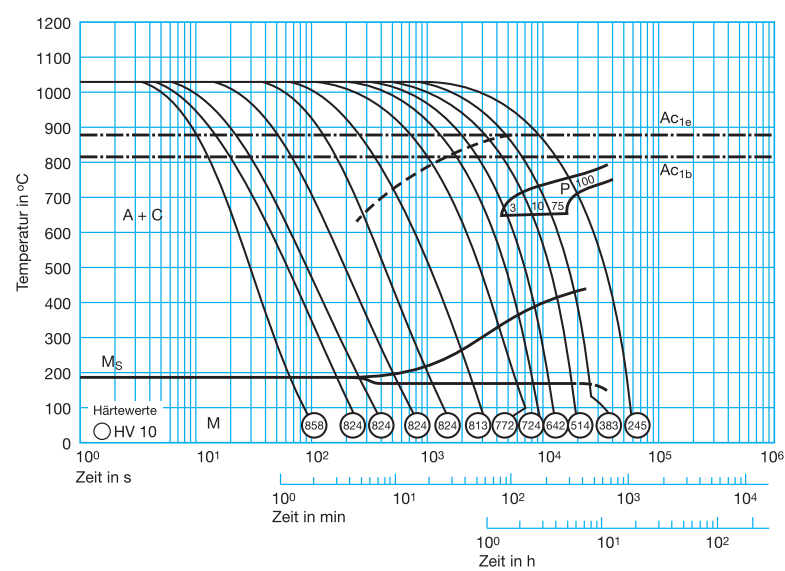
Anlassschaubild



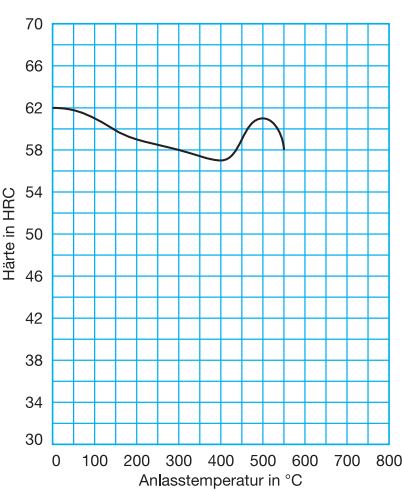
Cryodur® 2362

(~X63CrMoV5-1) C 0,65 Si 1,10 Mn 0,40 Cr 5,20 Mo 1,40 V 0,50						
Werkstoff-eigenschaften	Cr-Mo-legierter Durchhärter mit hoher Anlassbeständigkeit.					
Verwendungshinweise	Zwischenwalzen für Vielrollengerüste.					
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	Abkühlen		Glühhärte HB		
	800 - 840	Ofen		Max. 250		
	Härten °C	Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC		
	980 - 1020	Öl oder Warmbad		61 - 63		
	Anlassen °C	100	200	300	400	500
	HRC	61	59	58	57	61
					550	58

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

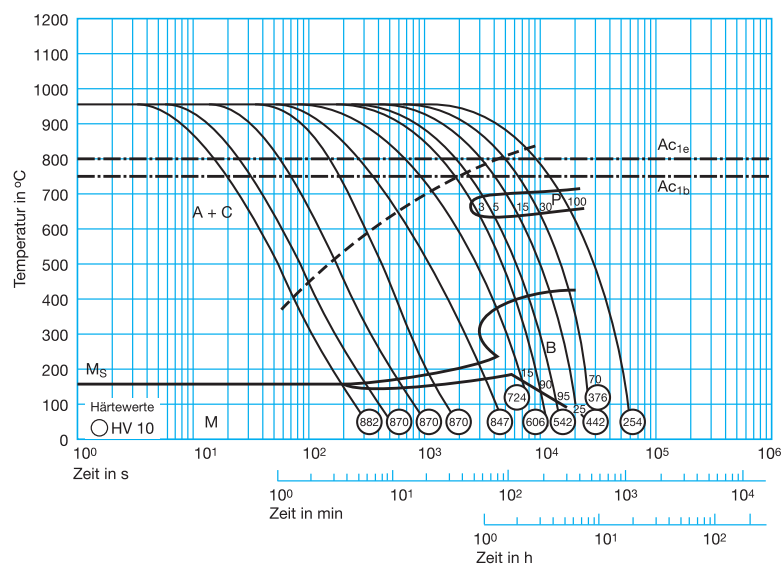


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

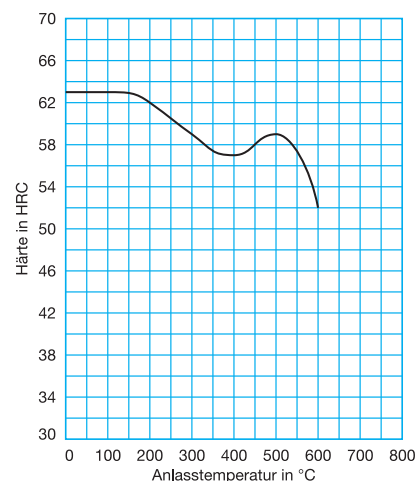
Cryodur® 2363

X100CrMoV5								C 1,00	Si 0,30	Mn 0,50	Cr 5,00	Mo 0,95	V 0,20
Werkstoff-eigenschaften		Geringe Maßänderung bei der Wärmebehandlung. Hoher Verschleißwiderstand, gute Zähigkeit.											
Normenzuordnung		AISI A2			AFNOR Z100CDV5								
Physikalische Eigenschaften		Wärmeleitfähigkeit bei °C		20	350	700							
		W/(m • K)		15,8	26,7	29,1							
Verwendungshinweise		Schneidwerkzeuge, Rollen, Scherenmesser, Kaltpilgerdorne, Kaltprägewerkzeuge, Formen für die Kunststoffverarbeitung.											
Wärmebehandlung		Weichglühen °C			Abkühlen		Glühhärte HB						
		800 - 840			Ofen		Max. 231						
		Spannungsarmglühen °C			Abkühlen								
		Ca. 650			Ofen								
		Härten °C			Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC						
		930 - 970			Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C		63						
		Anlassen °C			100	200	300	400	500	600			
		HRC			63	62	59	57	59	52			

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild



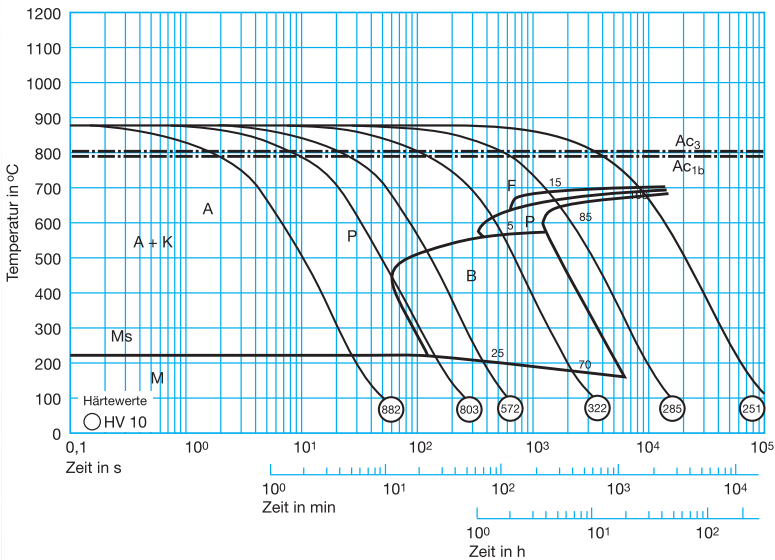
Cryodur® 2379

X153CrMoV12		C 1,55	Si 0,30	Mn 0,35	Cr 12,00	Mo 0,75	V 0,90			
Werkstoff-eigenschaften	Ledeburitischer 12%iger Cr-Stahl. Höchster Verschleißwiderstand, gute Zähigkeit. Beste Schneidhaltigkeit und Anlassbeständigkeit, nitrierbar nach Sonderwärmebehandlung.									
Normenzuordnung	AISI D2		AFNOR Z160CDV12							
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C		20 - 100	20 - 200	20 - 300	20 - 400				
	10 ⁻⁶ m/(m • K)		10,5	11,5	11,9	12,2				
	Wärmeleitfähigkeit bei °C		20	350	700					
	W/(m • K)		16,7	20,5	24,2					
Verwendungshinweise	Gewindewalzrollen und -backen, Kaltfließpresswerkzeuge, Schneid- und Stanzwerkzeuge für Blechdicken bis 6 mm, Feinschneidwerkzeuge bis 12 mm. Kaltpilgerdorne, Kreisscherenmesser, Tiefziehwerkzeuge, Schließleisten und Kunststoffformen mit hohem Verschleißwiderstand.									
Wärmebehandlung	Weichglühen °C		Abkühlen			Glühhärte HB				
	830 - 860		Ofen			Max. 250				
	Spannungsarmglühen °C		Abkühlen							
	650 - 700		Ofen							
	Härten °C		Abschrecken			Härte nach dem Abschrecken HRC				
	1000 - 1050		Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C			63				
	Anlassen °C (dreimal)		100	200	300	400	500	525	550	600
	HRC		63	61	58	58	58	60	56	50
Sonder-wärmebehandlung	Härten °C		Abschrecken			Härte nach dem Abschrecken HRC				
	1050 - 1080		Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C			61				
	Anlassen °C (dreimal)		100	200	300	400	500	525	550	600
	HRC		61	60	58	59	62	62	57	50

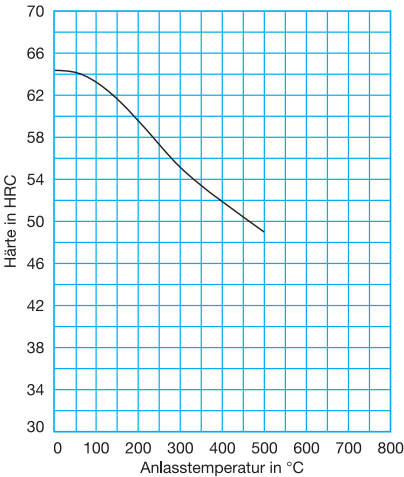
Cryodur® 2381

(73MoV5-2) C 0,73 Si 1,20 Mn 0,50 Mo 0,55 V 0,20						
Werkstoff-eigenschaften	Hochfester Sonderstahl mit guter Verdrehfestigkeit.					
Normenzuordnung	AISI ~S2					
Verwendungshinweise	Schraubendreher, Bits, gering beanspruchte Werkzeuge zum Schneiden, Stanzen und Abkanten von Blechen.					
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	Abkühlen		Glühhärte HB		
	700 - 750	Ofen		Max. 230		
	Spannungsarmglühen °C	Abkühlen				
	650 - 680	Ofen				
	Härten °C	Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC		
	840 - 860	Öl		64		
	Anlassen °C	100	200	300	400	500
	HRC	64	60	56	52	48

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

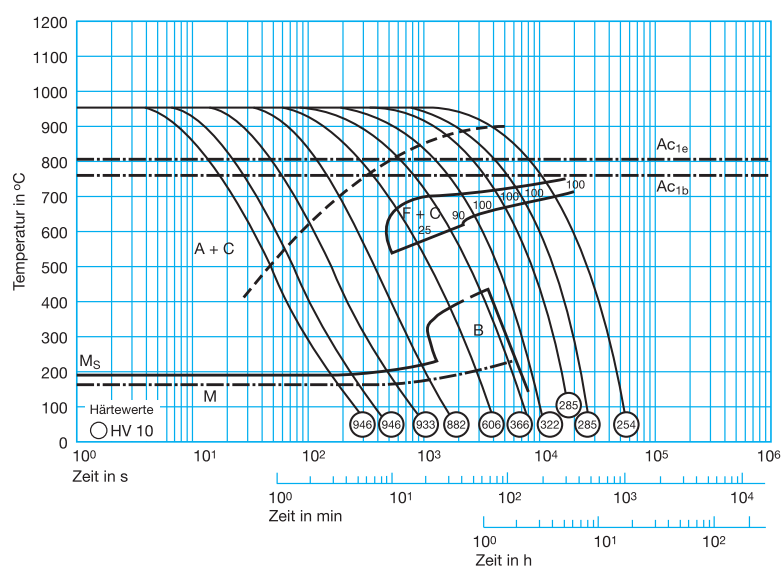


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

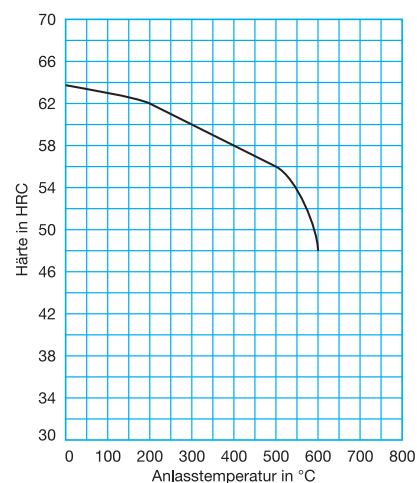
Cryodur® 2436

X210CrW12		C 2,10	Si 0,35	Mn 0,35	Cr 12,00	W 0,70		
Werkstoff-eigenschaften	Ledeburitischer 12%iger Cr-Stahl. Höchster Verschleißwiderstand und höchste Schneidhaltigkeit, verbesserte Härbarkeit gegenüber Cryodur® 2080.							
Normenzuordnung	AISI ~D6		AFNOR Z210CW12-01					
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C	20 - 100	20 - 200	20 - 300	20 - 400	20 - 500	20 - 600	20 - 700
	10 ⁻⁶ m/(m • K)	10,9	11,9	12,3	12,6	12,9	13,0	13,2
	Wärmeleitfähigkeit bei °C	20	350	700				
	W/(m • K)	16,7	20,5	24,2				
Verwendungshinweise	Hochleistungsschneidwerkzeuge zum Schneiden von Trafo- und Dynamoblechen bis 2 mm Dicke sowie für Papier und Kunststoff, Tiefziehwerkzeuge, Ziehmatrizen, Ziehdorne, Scherenmesser, Steinpressformen.							
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	800 - 840		Abkühlen		Glühhärte HB		
				Ofen		Max. 250		
	Spannungsarmglühen °C	650 - 700		Abkühlen				
				Ofen				
	Härten °C	950 - 980		Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC		
				Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C		64		
	Anlassen °C	100	200	300	400	500	600	
	HRC	63	62	60	58	56	48	

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



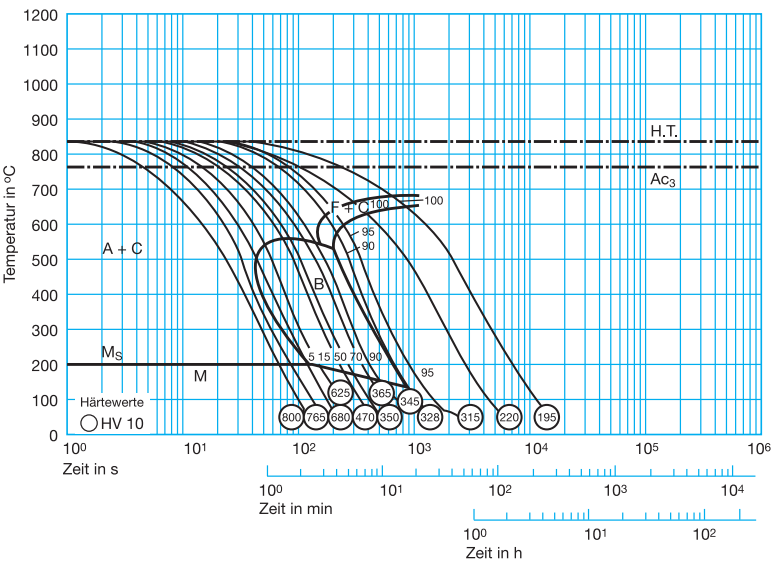
Anlassschaubild



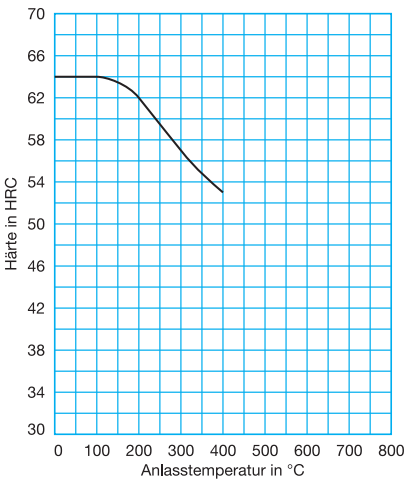
Cryodur® 2510

(100MnCrW4)	C 0,95 Si 0,20 Mn 1,10 Cr 0,60 V 0,10 W 0,60			
Werkstoff-eigenschaften	Gute Schneidhaltigkeit, hohe Härtebarkeit, maßbeständig bei der Wärmebehandlung.			
Normenzuordnung	AISI O1		AFNOR 90MWCV5	
Physikalische Eigenschaften	Wärmeleitfähigkeit bei °C W/(m • K)	20 33,5	350 32,0	700 30,9
Verwendungshinweise	Schneid- und Stanzwerkzeuge bis 6 mm Blechdicke, Gewindeschneidwerkzeuge, Bohrer, Reibahlen, Kaliber, Messwerkzeuge, Kunststoffformen, Scherenmesser, Führungsleisten.			
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 740 - 770 Spannungsarmglühen °C Ca. 650 Härten °C 780 - 820 Anlassen °C HRC	Abkühlen Ofen Abkühlen Ofen Abschrecken Öl oder Warmbad, 180 - 220 °C 100 64	Glühhäte HB Max. 230 Härte nach dem Abschrecken HRC 64 200 62	300 57 400 53

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

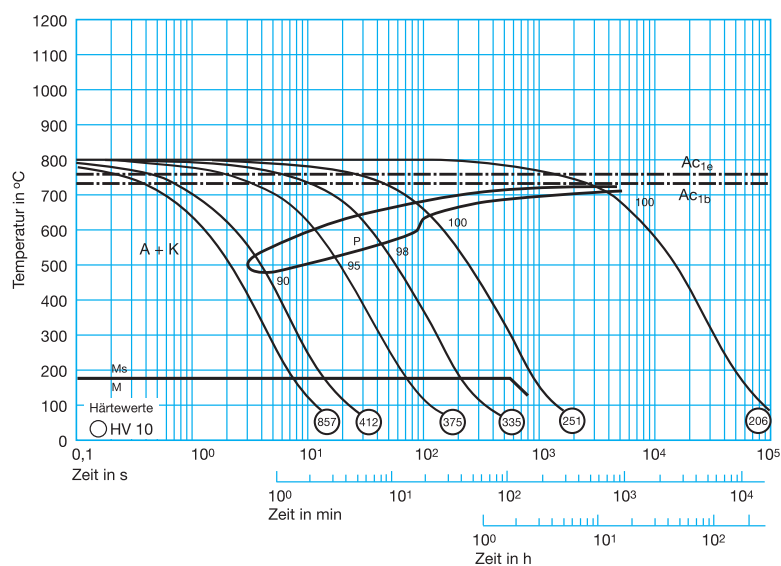


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

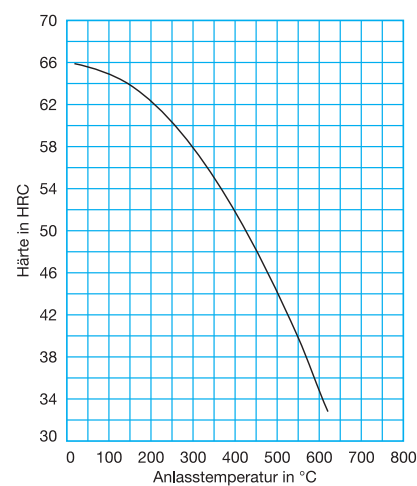
Cryodur® 2516

(120WV4) C 1,20 Cr 0,20 V 0,10 W 1,00				
Werkstoff-eigenschaften	Gute Schneidhaltigkeit, hohe Härtebarkeit, Wasserhärter.			
Verwendungshinweise	Gewindeschneidwerkzeuge, Spiralbohrer, Zahnbohrer und Metallsägen.			
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 700 - 720	Abkühlen Ofen		Glühhäte HB Max. 230
	Spannungsarmglühen °C 650 - 680	Abkühlen Ofen		
	Härten °C 780 - 820	Abschrecken Öl oder Wasser		Härte nach dem Abschrecken HRC 66
	Anlassen °C HRC	100 65	200 62	300 57

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



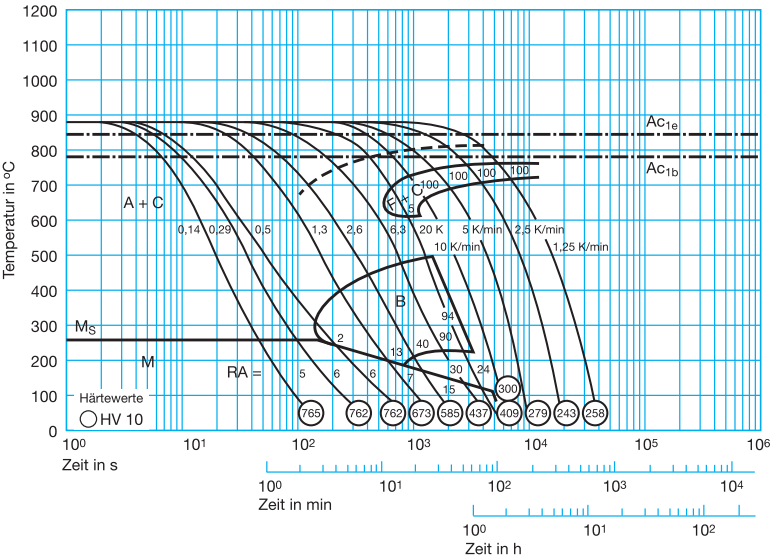
Anlassschaubild



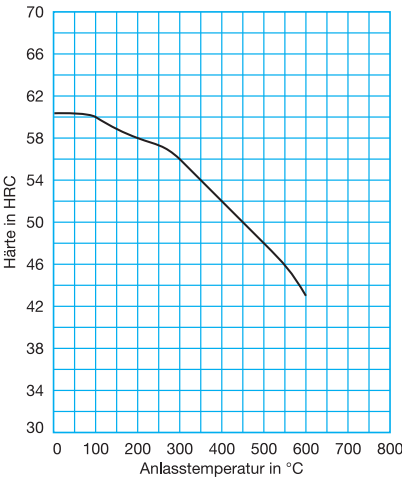
Cryodur® 2550

60WCrV8	C 0,60 Si 0,60 Mn 0,35 Cr 1,10 V 0,20 W 2,00								
Werkstoff-eigenschaften	Schlagzäher Ölhärter, sehr gute Zähigkeit bei hoher Härteannahme.								
Normenzuordnung	AISI ~S1			AFNOR 55WC20					
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C		20 - 100	20 - 200	20 - 300	20 - 400	20 - 500	20 - 600	20 - 700
	10 ⁻⁶ m/(m • K)		11,8	12,7	13,1	13,5	14,0	14,3	14,5
	Wärmeleitfähigkeit bei °C		20	350	700				
	W/(m • K)		34,2	32,6	30,9				
Verwendungshinweise	Schneidwerkzeuge für Blechdicken bis 12 mm, Abgratschnitte, Spaltschnitte, Kaltlochstempel, Tablettierstempel, Scherenmesser, Holzhackmesser, Pressluftmeißel, Prägwerkzeuge, Kaltscherenmesser, Auswerfer.								
Wärmebehandlung	Weichglühen °C		Abkühlen			Glühhärte HB			
	710 - 750		Ofen			Max. 225			
	Spannungsarmglühen °C		Abkühlen						
	Ca. 650		Ofen						
	Härten °C		Abschrecken			Härte nach dem Abschrecken HRC			
	870 - 900		Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C			60			
	Anlassen °C		100	200	300	400	500	600	
	HRC		60	58	56	52	48	43	

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



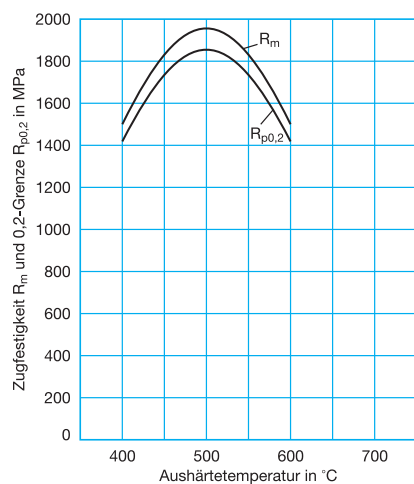
Anlassschaubild



Cryodur® 2709

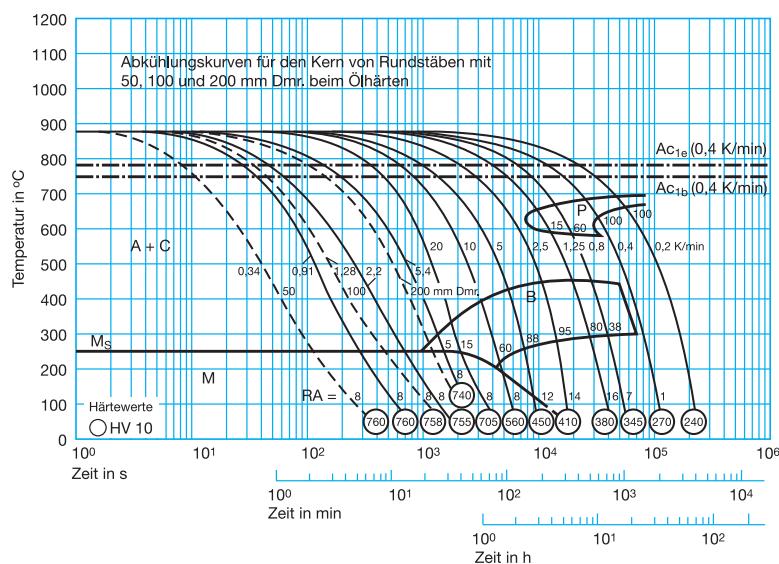
(X3NiCoMoTi18-9-5) C < 0,02 Mo 5,00 Ni 18,00 Co 10,00 Ti 1,00						
Werkstoff-eigenschaften	Verzugsarm, ausscheidungshärtend, hohe Streckgrenze und Zugfestigkeit bei guter Zähigkeit.					
Normenzuordnung	AISI 18MAR300					
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C $10^{-6} \text{ m/(m} \cdot \text{K)}$					
	20 - 100	20 - 200	20 - 300	20 - 400	20 - 500	20 - 600
	10,3	11,0	11,2	11,5	11,8	11,6
	Wärmeleitfähigkeit bei °C $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$					
	20	350	700			
	14,2	18,5	22,5			
Verwendungshinweise	Armierungen für Kaltfließpress-, Schnitt- und Stanzwerkzeuge.					
Wärmebehandlung	Lösungsglühen °C 820 - 850		Abkühlen Wasser		Glühhärt HB Max. 340	
	Ausscheidungshärte °C 490 / 6 Std. (Luft)		Erreichbare Härte HRC Ca. 55			

Auslagerungsdiagramm

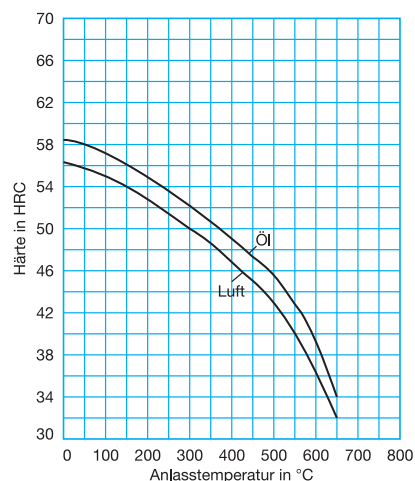


55NiCrMoV7											
C 0,56 Cr 1,10 Mo 0,50 Ni 1,70 V 0,10											
Werkstoff-eigenschaften	Zäher Gesenkstahl mit hoher Anlassbeständigkeit und Durchvergütung. Dieser Stahl wird üblicherweise gegläht oder auf Einbauhärtigkeit von 370 bis 410 HB (rd.) bzw. 355 bis 400 HB (vkt., flach) vergütet geliefert.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

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



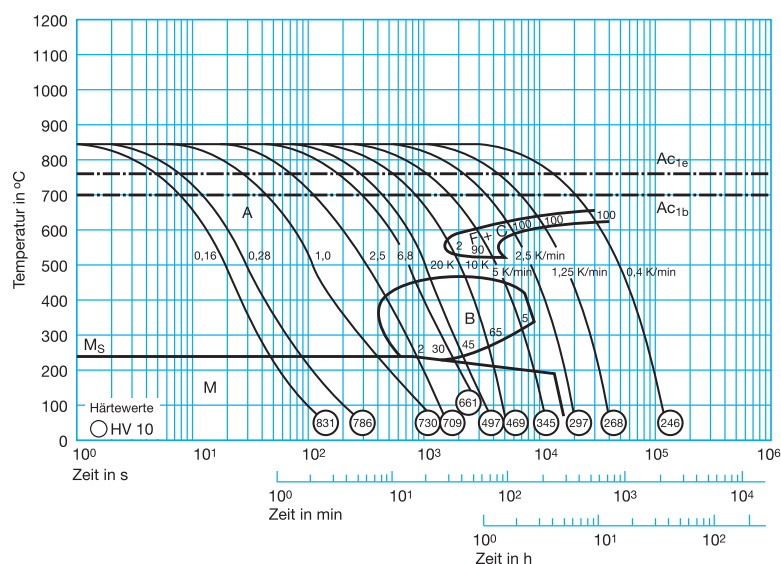
Anlassschaubild



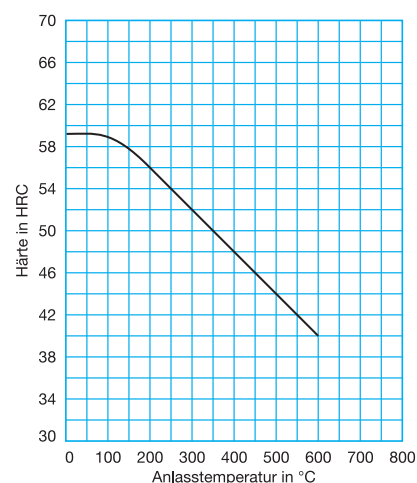
Cryodur® 2721

(50NiCr13)	C 0,55 Si 0,25 Mn 0,45 Cr 1,00 Ni 3,10						
Werkstoff-eigenschaften	Luft- oder Ölhärter, gute Bearbeitbarkeit, hohe Zähigkeit.						
Physikalische Eigenschaften	Wärmeleitfähigkeit bei °C		20	350	700		
	W/(m • K)		31,0	31,2	31,8		
Verwendungshinweise	Kaltprägewerkzeuge, Einsenkstempel, Besteckstanzen, Armierungen und Tablettierpresstempel.						
Wärmebehandlung	Weichglühen °C		Abkühlen		Glühhärt ­ e HB		
	610 - 650		Ofen		Max. 250		
	Spannungsarmglühen °C		Abkühlen				
	Ca. 600		Ofen				
	Härten °C		Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC		
	840 - 870		Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C		59		
	Anlassen °C		100	200	300	400	500
	HRC		59	56	52	48	44
						600	60

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



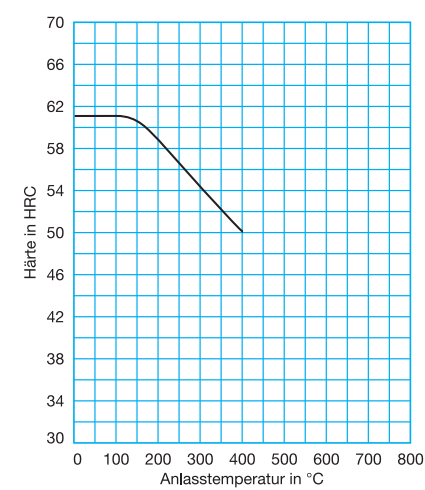
Anlassschaubild



Cryodur® 2743

(60NiCrMoV12-4)											C 0,58	Si 0,40	Mn 0,65	Cr 1,15	Mo 0,35	Ni 2,85	V 0,10
Werkstoff-eigenschaften		Nickellegierter Kaltarbeitsstahl mit guter Kombination aus Verschleißwiderstand und Zähigkeit.															
Physikalische Eigenschaften		Wärmeausdehnungskoeffizient															
		bei °C					20 - 200		20 - 400								
		10 ⁻⁶ m/(m • K)					12,2		12,5								
		Wärmeleitfähigkeit bei °C					20		200		400						
		W/(m • K)					28,9		30,0		31,0						
Verwendungshinweise		Schrottscherenmesser, Matrizen und Prägewerkzeuge, Lochstempel.															
Wärmebehandlung		Weichglühen °C					Abkühlen				Glühhärte HB						
		690 - 700					Ofen				Ca. 235						
		Spannungsarmglühen °C					Abkühlen										
		600 - 650					Ofen										
		Härten °C					Abschrecken				Härte nach dem Abschrecken HRC						
		840 - 870					Öl				61						
		Anlassen °C					100		200		300		400				
		HRC					61		59		54		50				

Anlassschaubild

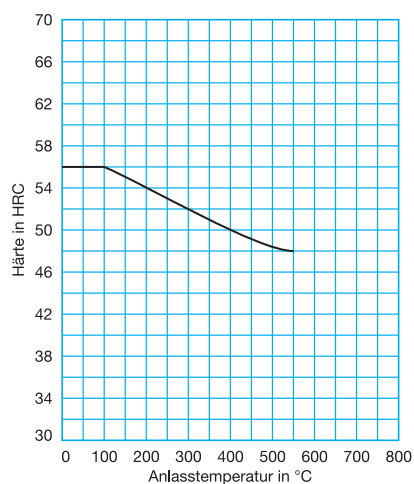


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

Cryodur® 2746

(45NiCrMoV16-6) C 0,45 Si 0,25 Mn 0,70 Cr 1,50 Mo 0,80 Ni 4,00 V 0,50							
Werkstoff-eigenschaften	Luft- oder Ölhärter, hohe Zähigkeit.						
Verwendungshinweise	Sonderstahl für Kaltscherenmesser, insbesondere zum Schneiden von Schrott. Ziehbacken, Präge- und Biegewerkzeuge.						
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 610 - 650	Abkühlen Ofen			Glühhärt HB Max. 295		
	Spannungsarmglühen °C Ca. 600	Abkühlen Ofen					
	Härten °C 880 - 910	Abschrecken Luft, Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C			Härte nach dem Abschrecken HRC 56		
	Anlassen °C HRC	100 56	200 54	300 52	400 50	500 49	550 48

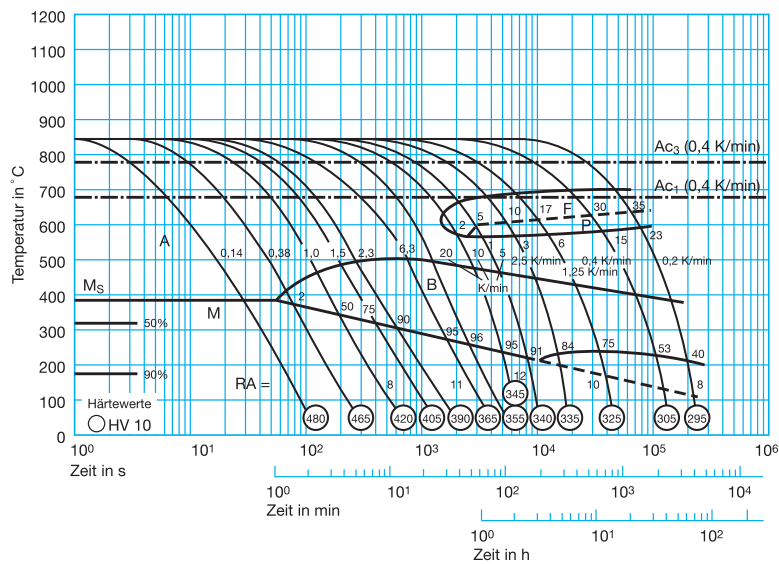
Anlassschaubild



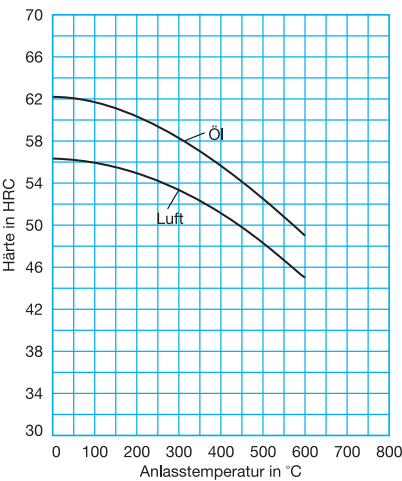
Formadur® 2764

(X19NiCrMo4)	C 0,19 Cr 1,30 Mo 0,20 Ni 4,10			
Werkstoff-eigenschaften	Einsatzstahl, hohe Kernfestigkeit, gute Polierbarkeit.			
Normenzuordnung	AISI ~P21			
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient			
	bei °C	20 - 100	20 - 200	20 - 300 20 - 400
	10 ⁻⁶ m/(m • K)	12,1	13,0	13,1 13,5
	Wärmeleitfähigkeit bei °C			
	W/(m • K)	20	350	700
		33,5	32,5	32,0
Verwendungshinweise	Hochbeanspruchte Kunststoffformen, Werkzeughalter für Schrägmeißel.			
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	Abkühlen		Glühhärt HB
	620 - 660	Ofen		Max. 250
	Spannungsarmglühen °C	Abkühlen		
	600	Ofen		
	Einsetzen °C	Zwischen-glühen °C	Härten °C	Abschrecken in
	860 - 890	600 - 630	780 - 810	Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C
	860 - 890	600 - 630	800 - 830	Luft
	Anlassen °C	100	200	300 400 500 600
	nach der Ölhärtung HRC	62	60	58 56 52 49
	nach der Lufthärtung HRC	56	55	53 51 48 45

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

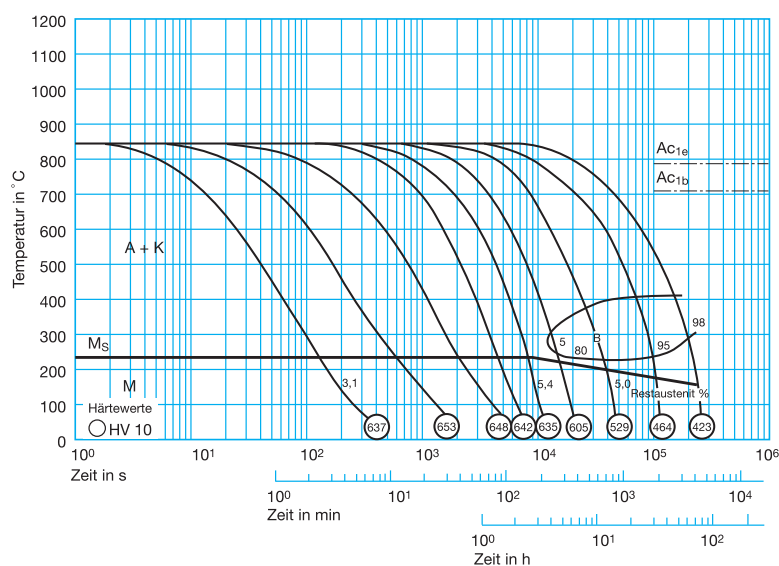


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

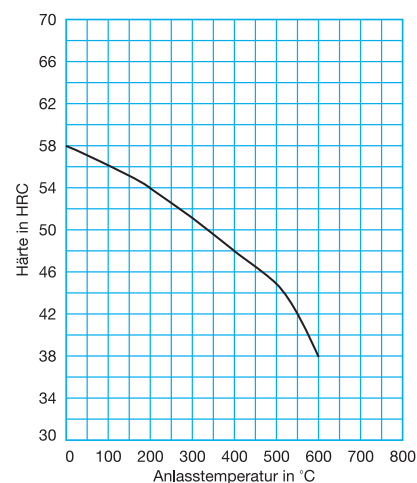
Cryodur® 2766

(35NiCrMo16) C 0,35 Si 0,25 Mn 0,50 Cr 1,35 Ni 4,10 Mo 0,30						
Werkstoff-eigenschaften	Maßänderungsbeständiger Lufthärter, höchste Zähigkeit, polierfähig. Auch mit niedrigeren C- sowie höheren Cr-Gehalten lieferbar.					
Verwendungshinweise	Pressmatrizen, Gesenke mit tiefen Gravuren, Kunststoffformen und Hydraulikmeißel.					
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 590 - 610	Abkühlen Ofen			Glühhärt HB Max. 260	
	Spannungsarmglühen °C 600 - 650	Abkühlen Ofen				
	Härten °C 820 - 840	Abschrecken Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C			Härte nach dem Abschrecken HRC Ca. 58	
	Anlassen °C HRC	100	200	300	400	500 600
		56	54	51	48	45 38

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild



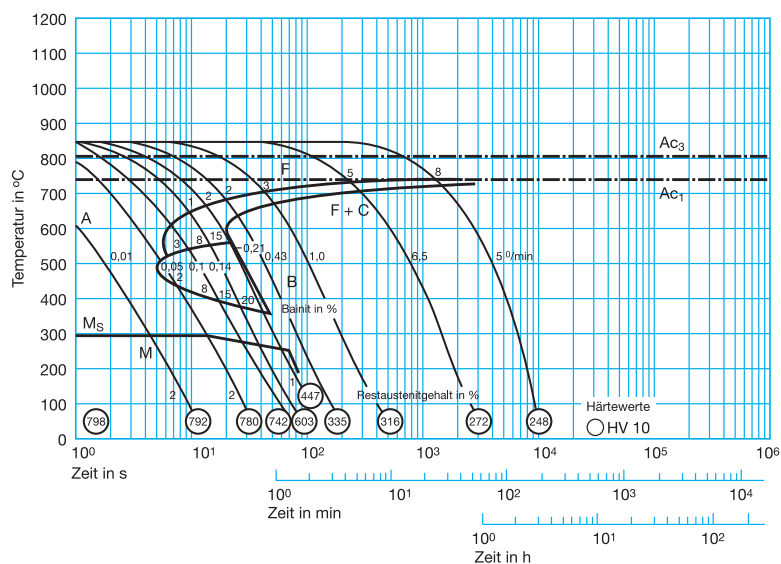
Cryodur® 2767

45NiCrMo16	C 0,45	Si 0,25	Mn 0,35	Cr 1,40	Mo 0,20	Ni 4,00		
Werkstoff-eigenschaften	Hohe Härtebarkeit und Zähigkeit, gute Polier-, Narbätz- und Erodierbarkeit. Für extreme Anforderungen empfehlen wir Cryodur® 2767 Superclean (ESU) zu verwenden.							
Normenzuordnung	AISI 6F3							
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient							
	bei °C		20 - 100	20 - 200	20 - 300			
	10 ⁻⁶ m/(m • K) Geglüht		11,7	12,6	13,1			
	10 ⁻⁶ m/(m • K) Vergütet		12,0	12,5	13,0			
	Wärmeleitfähigkeit bei °C		100	150	200	250	300	
	W/(m • K) Geglüht		38,2	38,6	38,9	39,1	39,6	
	W/(m • K) Vergütet		27,7	28,9	29,7	30,5	31,0	
Verwendungshinweise	Besteckstanzen, Schneidewerkzeuge für dicke Abmessungen, Knüppelscherenmesser, Ziehbacken, Massivpräge- und Biegewerkzeuge, Kunststoffformen, Armierungen.							
Wärmebehandlung	Weichglühen °C		Abkühlen		Glühhärte HB			
	610 - 650		Ofen		Max. 260			
	Spannungsarmglühen °C		Abkühlen					
	Ca. 600 - 650		Ofen					
	Härten °C		Abschrecken		Härte nach dem Abschrecken HRC			
	840 - 870		Luft, Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C		56			
	Anlassen °C		100	200	300	400	500	600
	HRC		56	54	50	46	42	38

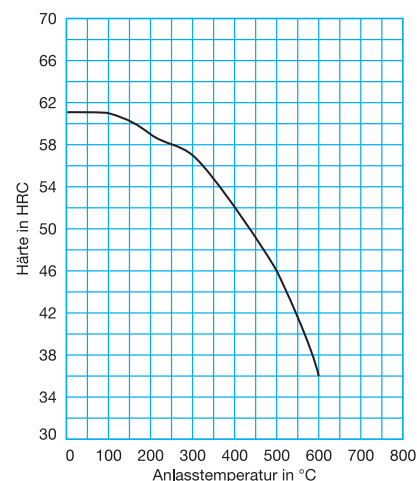
Cryodur® 2826

(60MnSiCr4)		C 0,63 Si 0,80 Mn 1,10 Cr 0,30					
Werkstoff-eigenschaften	Hohe Zähigkeit, gute Federeigenschaften im angelassenen Zustand.						
Normenzuordnung	AISI S4						
Physikalische Eigenschaften	Wärmeleitfähigkeit bei °C	20		350		700	
	W/(m • K)	34,2		32,6		31,0	
Verwendungshinweise	Spannzangen, Scherenmesser, Abgratschnitte.						
Wärmebehandlung	Weichglühen °C	Abkühlen			Glühhärte HB		
	680 - 710	Ofen			Max. 220		
	Spannungsarmglühen °C	Abkühlen					
	Ca. 650	Ofen					
	Härten °C	Abschrecken			Härte nach dem Abschrecken HRC		
820 - 860	Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C			61			
Anlassen °C	100	200	300	400	500	600	
HRC	61	59	57	52	46	36	

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



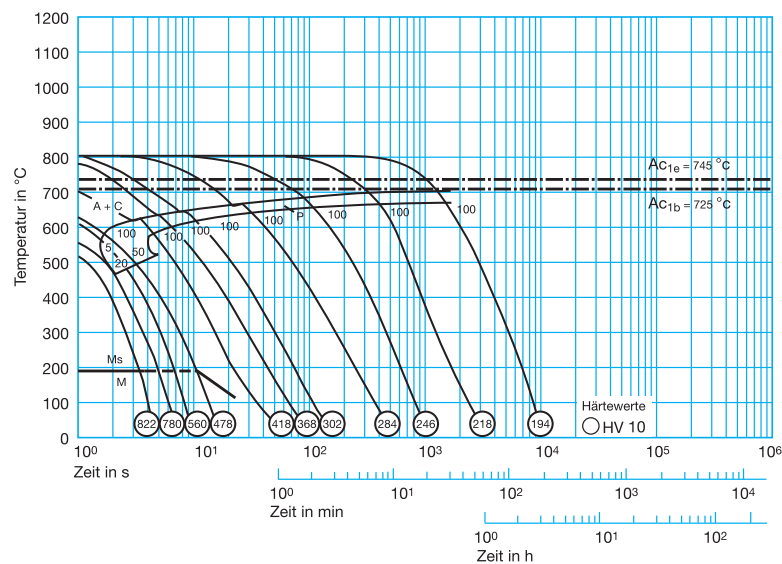
Anlassschaubild



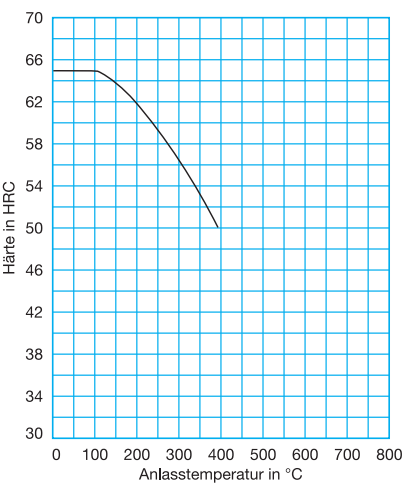
Cryodur® 2833

(100V1)	C 1,00 Si 0,20 Mn 0,20 V 0,10			
Werkstoff-eigenschaften	Verschleißfester Wasserhärter mit hoher Überhitzungsunempfindlichkeit.			
Normenzuordnung	AISI W210		AFNOR 100V2	
Physikalische Eigenschaften	Wärmeleitfähigkeit bei °C W/(m • K)	20 37,6	350 35,2	700 32,6
Verwendungshinweise	Kaltschlagwerkzeuge, Vor- und Fertigstaucher, Kaltstempel und Matrizen in der Schrauben-, Nieten- und Bolzenfabrikation, Pressluftkolben.			
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 730 - 760	Abkühlen Ofen		Glühhärte HB Max. 200
	Spannungsarmglühen °C 650 - 680	Abkühlen Ofen		
	Härten °C 780 - 820	Abschrecken Wasser		Härte nach dem Abschrecken HRC 65
	Anlassen °C HRC	100 65	200 62	300 57
		400 50		

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild

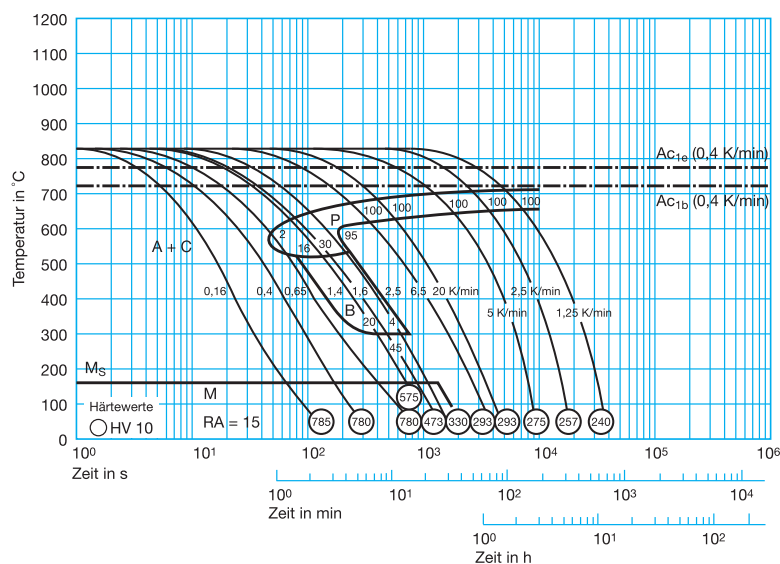


Der in Klammern gesetzte Kurzname ist nicht standardisiert in EN ISO 4957.

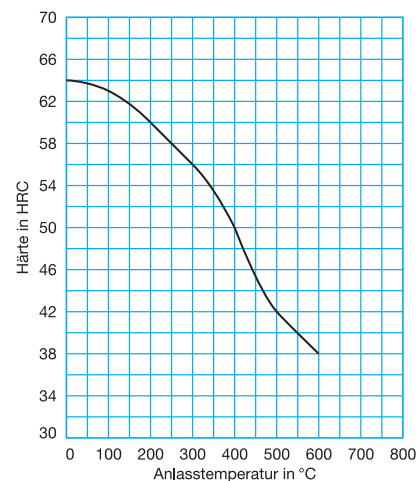
Cryodur® 2842

90MnCrV8		C 0,90	Si 0,20	Mn 2,00	Cr 0,40	V 0,10			
Werkstoff-eigenschaften	Gute Schneidhaltigkeit, hohe Härtebarkeit, maßbeständig bei der Wärmebehandlung.								
Normenzuordnung	AISI O2		AFNOR 90MV8						
Physikalische Eigenschaften	Wärmeausdehnungskoeffizient bei °C		20 - 100	20 - 200	20 - 300	20 - 400	20 - 500	20 - 600	20 - 700
	10 ⁻⁶ m/(m • K)		12,2	13,2	13,8	14,3	14,7	15,0	15,3
	Wärmeleitfähigkeit bei °C		20	350	700				
	W/(m • K)		33,0	32,0	31,3				
Verwendungshinweise	Universell verwendbarer Werkzeugstahl, Schneid- und Stanzwerkzeuge bis 6 mm Blechdicke, Schneidplatten, Gewindeschneidwerkzeuge, Reibahlen, Kaliber, Messwerkzeuge, Kunststoffformen, Scherenmesser, Führungsleisten und Auswerferstifte.								
Wärmebehandlung	Weichglühen °C		Abkühlen			Glühhärte HB			
	680 - 720		Ofen			Max. 220			
	Spannungsarmglühen °C		Abkühlen						
	Ca. 650		Ofen						
	Härten °C		Abschrecken			Härte nach dem Abschrecken HRC			
	790 - 820		Öl oder Warmbad, 180 – 220 °C			64			
	Anlassen °C		100	200	300	400	500	600	
	HRC		63	60	56	50	42	38	

Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild

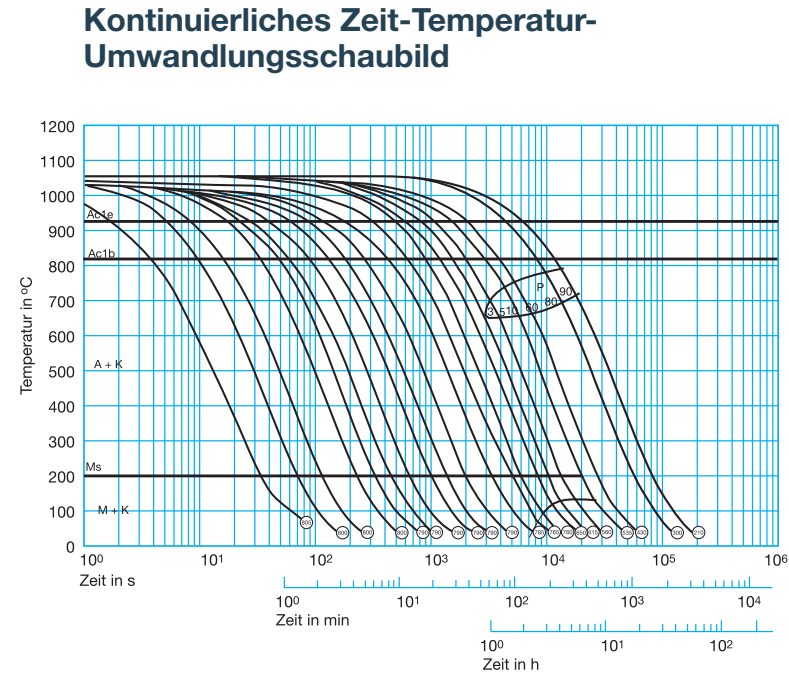


Anlassschaubild

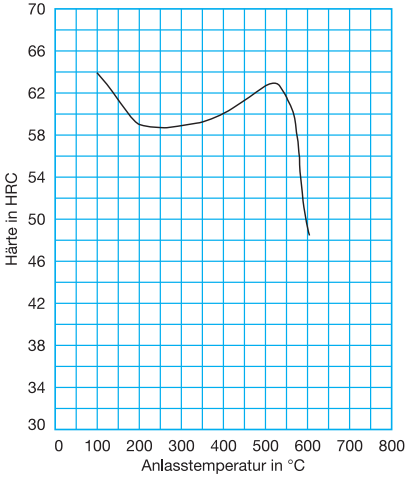
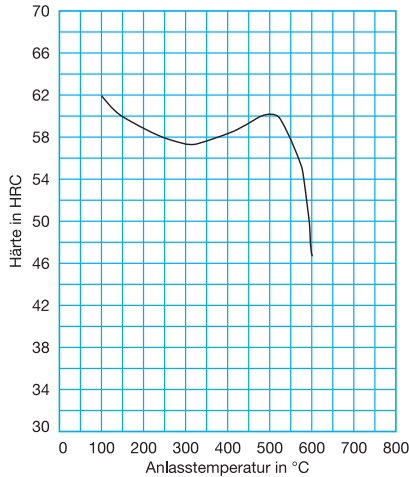


Cryodur® 2990

(~X100CrMoV8-1-1)											C 1,00	Si 0,90	Cr 8,00	Mo 1,10	V 1,60
Werkstoff-eigenschaften		Neu entwickelter ledeburitischer Kaltarbeitsstahl mit hoher Härte, guter Zähigkeit und hoher Anlassbeständigkeit bei gleichzeitig hohem Verschleißwiderstand.													
Physikalische Eigenschaften		Wärmeausdehnungskoeffizient													
		bei °C		20 - 100	20 - 150	20 - 200	20 - 250	20 - 300	20 - 350	20 - 400	20 - 450	20 - 500			
		10 ⁻⁶ m/(m • K)		11,4	11,6	11,7	11,9	12,0	12,1	12,3	12,4	12,6			
		Wärmeleitfähigkeit													
		bei °C		RT	100	150	200	300	400	500					
		W/(m • K)		24,0	25,9	26,8	27,1	27,4	27,2	26,8					
Verwendungshinweise		Schneid- und Stanzwerkzeuge, Feinschneidwerkzeuge, Gewindewalzbacken und -rollen, Kreisscherenmesser, Kaltpilgerdorne, Schließleisten und Kunststoffformen, Kaltfließpresswerkzeuge und Tiefziehwerkzeuge, Holzbearbeitungswerkzeuge, Kaltwalzen.													
Wärmebehandlung		Weichglühen °C			Abkühlen			Glühhärte HB							
		830 - 860			Ofen			Max. 250							
		Spannungsarmglühen °C			Abkühlen										
		Ca. 650			Ofen										
		Härten °C			Abschrecken			Härte nach dem Abschrecken HRC							
		1030 ¹⁾ - 1080 ²⁾			Luft, Öl oder Warmbad, 500 – 550 °C			62 - 64							
		Anlassen °C			100	200	300	400	500	525	550	575	600		
¹⁾ HRC			62	59	57	58	60	60	59	55	46				
²⁾ HRC			64	59	59	60	63	63	61	57	48				



Anlassschaubilder
Oben: Härten bei 1030°C
Unten: Härten bei 1080°C



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

Rapidur® 3202

(HS12-1-4-5) C 1,35 Cr 4,10 Mo 0,80 V 3,80 W 12,00 Co 4,80						
Werkstoff-eigenschaften	Hochleistungsschnellarbeitsstahl, der aufgrund seines hohen V-Gehalts beste Schnitthaltigkeit und Verschleißfestigkeit besitzt. Der Co-Anteil verleiht ihm außerdem eine hohe Warmhärte und Anlassbeständigkeit.					
Normenzuordnung	AISI ~T15					
Verwendungshinweise	Bearbeitung von harten, die Schneiden abnutzenden Werkstoffen wie z. B. hochvergütetem Cr-Ni-Stahl, Nichteisenmetallen sowie Perlmutter, Papier, Hartgummi, Kunstharz, Marmor, Schiefer. Bestens geeignet für Drehmeißel und Formstahl aller Art, Schlichtwerkzeuge, Hochleistungsfräser oder bei Automatenarbeit.					
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 820 - 860		Abkühlen Ofen		Glühhärt HB Max. 280	
	Spannungsarmglühen °C 630 - 650		Abkühlen Ofen			
	1. Vorwärmen °C Bis ca. 400 °C im Luftumwälzofen	2. und 3. Vorwärmen °C a) 850 b) 850 und 1050	Härten¹⁾ °C 1190 - 1240	Abschrecken in a) Warmbad, 550 °C b) Öl c) Luft	Anlassen °C Mind. dreimal, 540 - 580	Härte nach dem Anlassen HRC 64 - 67
	¹⁾ Bei formschwierigen Werkzeugen für die Kaltumformung wird empfohlen, die Härtetemperatur an der unteren Grenze des angegebenen Bereichs zu wählen. Die Härtetemperaturen gelten für Salzbadhärtung. Bei Vakuumhärtung empfiehlt sich eine Senkung um 10 °C bis 30 °C.					

Rapidur® 3207

HS10-4-3-10		C 1,23 Cr 4,10 Mo 3,50 V 3,30 W 9,50 Co 10,00				
Werkstoff-eigenschaften	Schnellarbeitsstahl höchster Leistungsfähigkeit, der aufgrund seiner Zusammensetzung beste Schnitthaltigkeit, Warmfestigkeit und Zähigkeit vereint.					
Normenzuordnung	AISI ~T42		AFNOR Z130WKCDV10-10-04-04-03			
Verwendungshinweise	Universell einsetzbar für Schrubb- und Schlichtarbeiten, wenn höchste Werkzeugstandzeiten gefordert werden, für Automatenbeanspruchung großer Serien, alle Arten von Schneidstählen sowie höchstbeanspruchte Fräswerkzeuge.					
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 820 - 860		Abkühlen Ofen		Glühhärte HB Max. 302	
	Spannungsarmglühen °C 630 - 650		Abkühlen Ofen			
	1. Vorwärmen °C Bis ca. 400 °C im Luftumwälzofen	2. und 3. Vorwärmen °C a) 850 b) 850 und 1050	Härten ¹⁾ °C 1190 - 1230	Abschrecken in a) Warmbad, 550 °C b) Öl c) Luft	Anlassen °C Mind. dreimal, 540 - 570	Härte nach dem Anlassen HRC 65 - 67
	¹⁾ Bei formschwierigen Werkzeugen für die Kaltumformung wird empfohlen, die Härtetemperatur an der unteren Grenze des angegebenen Bereichs zu wählen. Die Härtetemperaturen gelten für Salzbadhärtung. Bei Vakuumhärtung empfiehlt sich eine Senkung um 10 °C bis 30 °C.					

Rapidur® 3243

HS6-5-2-5 C 0,92 Cr 4,10 Mo 5,00 V 1,90 W 6,40 Co 4,80						
Werkstoff-eigenschaften	Der Co-Gehalt dieses schneidhaltigen, zähen Hochleistungsschnellarbeitsstahls bewirkt eine hohe Warmhärte und Anlassbeständigkeit. Daher ist dieser Stahl besonders geeignet, wenn thermische Belastungen und unterbrochener Schnitt auftreten. Dieser Stahl wird unter der Bezeichnung Rapidur® 3245, Kurzname (S6-5-2-5S), Werkstoff-Nr. 1.3245, auch mit erhöhtem S-Gehalt (S = 0,10 %) geliefert.					
Normenzuordnung	AISI M35 AFNOR Z85WDKCV06-05-05-04-02					
Verwendungshinweise	Hochleistungsfräser aller Art, hoch beanspruchte Spiral- und Gewindebohrer, Profilmesser, Zerspanung hochfester Werkstoffe, Räumnadeln.					
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 820 - 860		Abkühlen Ofen		Glühhärte HB Max. 269	
	Spannungsarmglühen °C 630 - 650		Abkühlen Ofen			
	1. Vorwärmen °C Bis ca. 400 °C im Luftumwälzofen	2. und 3. Vorwärmen °C a) 850 b) 850 und 1050	Härten¹⁾ °C 1190 - 1230	Abschrecken in a) Warmbad, 550 °C b) Öl c) Luft	Anlassen °C Mind. dreimal, 540 - 570	Härte nach dem Anlassen HRC 64 - 67
	¹⁾ Bei formschwierigen Werkzeugen für die Kaltumformung wird empfohlen, die Härtetemperatur an der unteren Grenze des angegebenen Bereichs zu wählen. Die Härtetemperaturen gelten für Salzbadhärtung. Bei Vakuumhärtung empfiehlt sich eine Senkung um 10 °C bis 30 °C.					

Rapidur® 3247

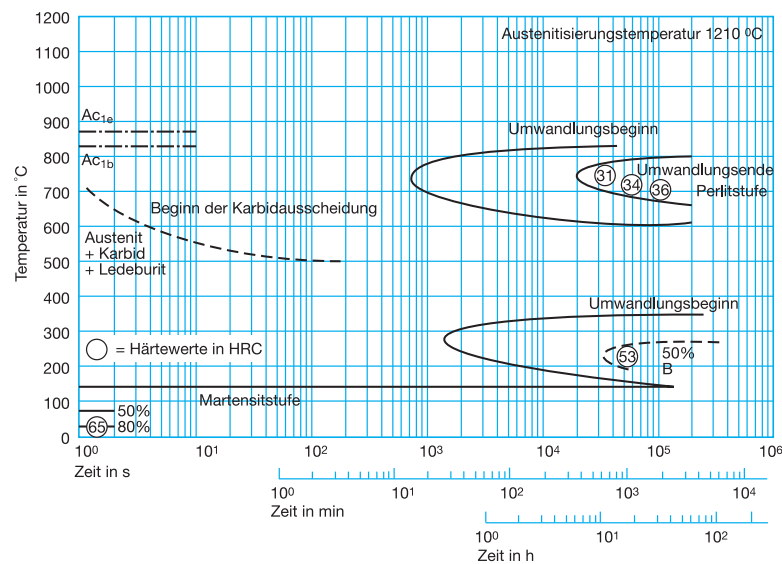
HS2-9-1-8							C 1,08	Cr 4,10	Mo 9,50	V 1,20	W 1,50	Co 8,00
Werkstoff-eigenschaften	Auf Mo-Basis aufgebauter, hochgekoelter Schnellarbeitsstahl mit hohem Verschleißwiderstand, Warmfestigkeit und Zähigkeit. Infolge seines niedrigen V-Gehaltes weist der Stahl eine gute Schleifbarkeit auf.											
Normenzuordnung	AISI M42						AFNOR Z110DKCWV					
Verwendungshinweise	Für Werkzeuge, die stark auf mechanischen Verschleiß beansprucht werden, z. B. bei leichten Zerspanungsquerschnitten mit hohen Schnittgeschwindigkeiten. Besonders geeignet für Gesenk- und Geviertfräsen (Stichel) sowie als Drehling bei Automatenarbeiten. Weiterhin geeignet für spanlose Umformung, z. B. Kaltfließpressstempel, und für Werkzeuge für die Bearbeitung von Luftfahrtwerkstoffen wie Titanlegierungen usw.											
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 820 - 860				Abkühlen Ofen				Glühhärte HB Max. 277			
	Spannungsarmglühen °C 630 - 650				Abkühlen Ofen							
	1. Vorwärmen °C Bis ca. 400 °C im Luftumwälzofen		2. und 3. Vorwärmen °C a) 850 b) 850 und 1050		Härten ¹⁾ °C 1160 - 1190		Abschrecken in a) Warmbad, 550 °C b) Öl c) Luft		Anlassen °C Mind. dreimal, 530 - 560		Härte nach dem Anlassen HRC 66 - 69	
	¹⁾ Bei formschwierigen Werkzeugen für die Kaltumformung wird empfohlen, die Härtetemperatur an der unteren Grenze des angegebenen Bereichs zu wählen. Die Härtetemperaturen gelten für Salzbadhärtung. Bei Vakuumhärtung empfiehlt sich eine Senkung um 10 °C bis 30 °C.											

HS3-3-2		C 1,00	Cr 4,00	Mo 2,60	V 2,30	W 3,00						
Werkstoff-eigenschaften	Schnellarbeitsstahl sparsamster Legierung für allgemeine Verwendung bei mittlerer Leistung. Geeignet für Serienwerkzeuge.											
Verwendungshinweise	Spiralbohrer, Kreissägen, Bügelsägen, Reibahlen und Fräser.											
Wärmebehandlung	Weichglühen °C 770 - 840			Abkühlen Ofen			Glühhärte HB Max. 255					
	Spannungsarmglühen °C 630 - 650			Abkühlen Ofen								
	1. Vorwärmen °C Bis 450	2. und 3. Vorwärmen °C a) 850 b) 850 und 1050	Härten ¹⁾ °C 1180 - 1220			Abschrecken in a) Warmbad, 550 °C b) Öl c) Luft		Anlassen °C Mind. zweimal, 540 - 560		Härte nach dem Anlassen HRC 62 - 64		
	Anlassen °C			100	200	300	400	500	525	550	575	600
	HRC			63	61	60	58	62	63	64	63	62
¹⁾ Bei formschwierigen Werkzeugen für die Kaltumformung wird empfohlen, die Härtetemperatur an der unteren Grenze des angegebenen Bereichs zu wählen. Die Härtetemperaturen gelten für Salzbadhärtung. Bei Vakuumhärtung empfiehlt sich eine Senkung um 10 °C bis 30 °C.												

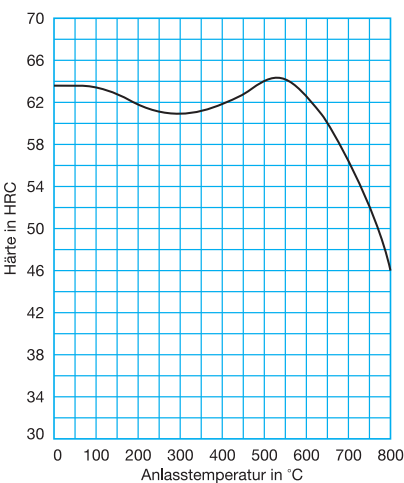
Rapidur® 3343

HS6-5-2C								C 0,90	Si 0,30	Mn 0,30	Cr 4,10	Mo 5,00	V 1,90	W 6,40
Werkstoff-eigenschaften	Standardmarke der Schnellarbeitsstähle. Infolge seines gut ausgewogenen Legierungsaufbaues hohe Zähigkeit und gute Schneidfähigkeit, daher vielseitige Verwendungsmöglichkeiten. Dieser Stahl wird unter der Bezeichnung Rapidur® 3341 auch mit erhöhtem S-Gehalt (S = 0,12 %) geliefert.													
Normenzuordnung	AISI M2							AFNOR Z85WDCV06-05-04-02						
Physikalische Eigenschaften	Wärmeleitfähigkeit bei °C							20	350	700				
	W/(m • K)							32,8	23,5	25,5				
Verwendungshinweise	Für alle Zerspanungswerkzeuge zum Schruppen oder Schlichten wie Spiralbohrer, Fräser aller Art, Gewindebohrer, Schneideisen, Räumnadeln, Reibahlen, Senker, Strehler, Segmente für Kreissägen, Stoßwerkzeuge und Holzbearbeitungswerkzeuge. Weiterhin gut geeignet für Kaltumformwerkzeuge wie z. B. Kaltfließpressstempel und Matrizen sowie für Schneid- und Feinschneidwerkzeuge, Kunststoffformen mit erhöhtem Verschleißwiderstand, Schnecken.													
Wärmebehandlung	Weichglühen °C							Abkühlen				Glühhärte HB		
	770 - 860							Ofen				Max. 269		
	Spannungsarmglühen °C							Abkühlen						
	630 - 650							Ofen						
	1. Vorwärmen °C	2. und 3. Vorwärmen °C		Härten ¹⁾ °C		Abschrecken in		Anlassen °C	Härte nach dem Anlassen HRC					
	Bis ca. 400 im Luftumwälzofen	a) 850 b) 850 und 1050		1190 - 1230		a) Warmbad, 550 °C b) Öl c) Luft		Mind. dreimal, 530 - 560	64 - 66					
1) Bei formschwierigen Werkzeugen für die Kaltumformung wird empfohlen, die Härtetemperatur an der unteren Grenze des angegebenen Bereichs zu wählen. Die Härtetemperaturen gelten für Salzbadhärtung. Bei Vakuumhärtung empfiehlt sich eine Senkung um 10 °C bis 30 °C.														

Isothermes Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild



Rapidur® 3344

HS6-5-3							C 1,22	Cr 4,10	Mo 5,00	V 2,90	W 6,40
Werkstoff-eigenschaften	Grundzusammensetzung wie Rapidur® 3343, jedoch mit wesentlich höherem V- und C-Gehalt. Dieser Stahl verbindet daher höchsten Verschleißwiderstand, höchste Schnitthaltigkeit und gute Zähigkeit miteinander.										
Normenzuordnung	AISI M3 Typ 2			AFNOR Z120WDCV06-05-04-03							
Verwendungs-hinweise	Gewindebohrer, Reibahlen, Hochleistungsfräser, Schneideisen, Schneid- und Schabräder für die Bearbeitung harter Werkstoffe, Innensechskant- und Lochstempel für die Fertigung von Muttern.										
Wärmebehandlung	Weichglühen °C			Abkühlen		Glühhärte HB					
	820 - 860			Ofen		Max. 269					
	Spannungsarmglühen °C			Abkühlen							
	630 - 650			Ofen							
	1. Vorwärmen °C	2. und 3. Vorwärmen °C		Härten ¹⁾ °C	Abschrecken in	Anlassen °C	Härte nach dem Anlassen HRC				
Bis ca. 400											
im Luftumwälzofen	a) 850		1190 - 1230	a) Warmbad, 550 °C	Mind.	64 - 66					
	b) 850 und 1050			b) Öl	dreimal,						
				c) Luft	540 - 570						
¹⁾ Bei formschwierigen Werkzeugen für die Kaltumformung wird empfohlen, die Härtetemperatur an der unteren Grenze des angegebenen Bereichs zu wählen. Die Härtetemperaturen gelten für Salzbadhärtung. Bei Vakuumhärtung empfiehlt sich eine Senkung um 10 °C bis 30 °C.											

Verarbeitungshinweise

Die Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung industrieller Produkte wird u. a. von der Leistungsfähigkeit der verwendeten Werkzeuge bestimmt. Diese wird in starkem Maße beeinflusst durch:

konstruktive Gegebenheiten (Planung)

- » Werkstoffauswahl
- » Auslegung
- » Gestaltung

die Herstellungstechnologie

- » Wärmebehandlung
- » Oberflächenbehandlung
- » Bearbeitung
- » Montage

Fehler im betrieblichen Einsatz

- » Bedienungsfehler
- » Temperaturführung, Kühlung
- » Wartungsfehler

Fehler bei notwendigen Reparaturen

- » unsachgemäßes Schweißen

Da im Zuge der Werkzeugfertigung in der Regel bereits früh hohe Kosten (Konstruktion, Werkstoff, Bearbeitung usw.) anfallen, haben Fehler zumeist erhebliche finanzielle Verluste zur Folge. Entweder kommen derartige Werkzeuge gar nicht zum Einsatz (Produktionsverzögerung, Konventionalstrafen) oder es resultieren daraus deutliche Standzeiteinbrüche (Reparaturen).

Konstruktion

Es ist seit langem bekannt, dass bei der Konstruktion von Werkzeugen scharfe Kanten und große Querschnittsübergänge vermieden werden sollten, da sich an solchen Stellen Spannungsspitzen bilden, die die Dehngrenze um das Mehrfache übersteigen können. Trotzdem wird gegen diesen alten Konstruktionsgrundsatz auch heute noch überraschend oft verstoßen.

Riss- bzw. bruchbegünstigend können sich folgende Faktoren auswirken:

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

Mit zunehmender Festigkeit der Werkzeuge steigt die Kerbempfindlichkeit: Je höher die Härte gewählt wird, desto sorgfältiger müssen die Oberflächen und die Querschnittsübergänge der Werkzeuge bearbeitet werden. Daher sollten größtmögliche Radien vorgesehen werden, die möglichst noch poliert werden sollten.

Bearbeitung

Die Methoden der Werkzeugherstellung und die damit verbundene Werkstoffbeeinflussung können die Werkzeugstandzeit beeinträchtigen. Neben spanenden Verfahren (Fräsen, Hobeln, Bohren, Drehen, Schleifen) hat in den letzten Jahren die elektroerosive Bearbeitung bei der Werkzeugfertigung an Beachtung gewonnen. Schadensfallanalysen zeigen, dass Fehler bei diesen Bearbeitungsverfahren mit ca. 20 % eine Spitzenstellung einnehmen.

Erodieren

Die wesentlichen Vorteile des Elektroerodierens gegenüber den herkömmlichen Bearbeitungsverfahren liegen in der Fertigung kompliziertester geometrischer Formen in einem Arbeitsgang und in der Bearbeitung schwer zerspanbarer Werkstoffe. Vergessen wird dabei jedoch sehr häufig, dass es beim Abtragsvorgang vorwiegend durch thermische Einwirkungen zu einer massiven Beeinflussung der Werkzeugoberflächen kommt, und zwar vor allem dann, wenn zur Steigerung der Leistung mit hohen Abtragsraten gearbeitet wird.

Gefügeänderungen durch Aufkohlen und die Ausbildung von Zugeigenspannungen (Wärmespannungen) beeinträchtigen die Zähigkeit. Besonders bei harten (spröden) Werkstoffen kann es durch Überlagerung mit Wärmebehandlungsspannungen direkt oder im späteren Einsatz zu Brüchen kommen. Möglichkeiten der Abhilfe liegen zunächst in einer werkstoffgerechten Erodierbehandlung, also einer geeigneten Leistungsabsenkung in den jeweiligen Erostufen. Dadurch wird z. B. beim Schlichten die Schädigung des Schruppens reduziert.

Ein unzureichender Schlichtvorgang dient nur der Oberflächenkosmetik und kann die gewünschte Rauigkeit einstellen, nicht aber die Oberflächenschädigung beseitigen. Weitere Verbesserungen lassen sich durch nachgeschaltetes zweimaliges Anlassen oder eine mechanische Nachbearbeitung erzielen. Neben der Zähigkeitsbeeinträchtigung muss in gleicher Weise die veränderte chemische Zusammensetzung der Oberfläche berücksichtigt werden, da dadurch ein einheitliches Ätzbild, wie in vielen Kunststoffformen gefordert, nicht erreichbar ist. Auch hier ist zu beachten, dass z. B. die Streifenbildung von der eingestellten Abtragsleistung abhängt.

Besonders schwerwiegende Schädigungen treten auf, wenn es während des Erodiervorganges zu einem Kontakt der Elektrode mit dem Werkzeug kommt.

Schleifen

Auch beim Schleifvorgang wird die Oberfläche thermisch sehr stark belastet. Dies ist besonders dann der Fall, wenn aufgrund ungeeigneter Schleifscheiben (stumpf) mit zu hohem Anpressdruck oder unzureichender Kühlung gearbeitet wird. Die Oberflächentemperatur kann dabei die Härtetemperatur des Materials übersteigen und somit eine lokale Neuhärtung erzeugen. Wegen der sich dabei ausbildenden Zugspannungen bilden sich häufig Schleifrisse in der kennzeichnenden Netzanordnung aus.

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. Fehler können durch falsche Temperatur- und Zeitvorgaben, durch ungeeignete Atmosphären sowie durch falsche Aufheiz- und Abkühlbedingungen auftreten.

Spannungsarmglühen

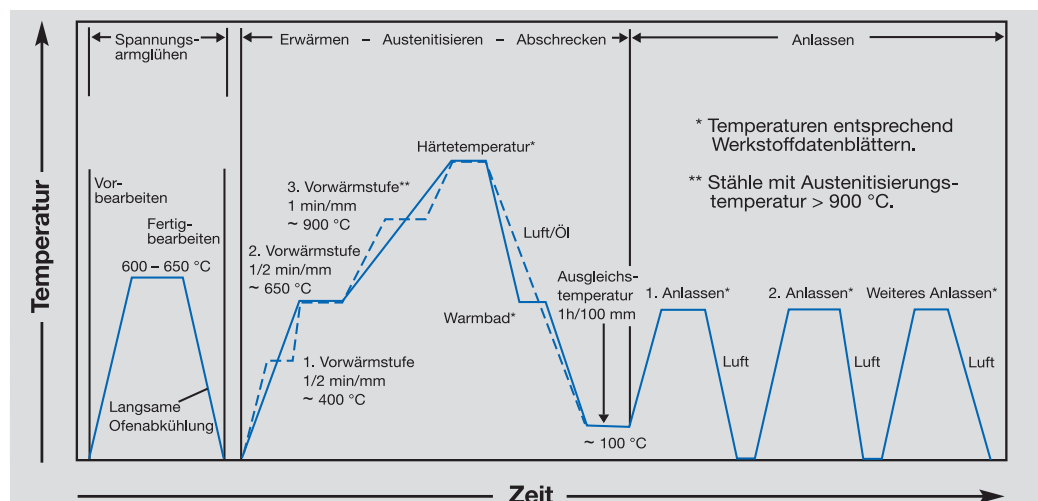
Als günstig erweist sich ein Spannungsarmglühen vor dem Härten, da dadurch ggf. vorhandene Eigenspannungen vom vorhergehenden Bearbeitungsprozess reduziert werden. Eigenspannungen können im Verlauf der späteren Wärmebehandlung zum Verzug und unter Umständen zu kostspieligen Nacharbeiten führen. Vor allem bei formschwierigen Werkzeugen sollte nach dem Vorbearbeiten ein Spannungsarmglühen bei einer Temperatur von 600 – 650 °C durchgeführt werden. Die Haltezeit auf dieser Temperatur sollte mindestens zwei Stunden, bei größeren Werkzeugen mindestens eine Stunde pro 50 mm Wanddicke betragen. Danach muss langsam im Ofen abgekühlt werden.

Aufheizen

Beim Erwärmen auf Verformungs- oder Härtetemperatur gelangen Oberflächen- und Kernzonen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf die vorgegebene Behandlungstemperatur. Die Temperaturdifferenz wird umso größer, je größer das Werkzeug und je höher die Aufheizgeschwindigkeit ist. Der Temperaturunterschied führt zu Zugspannungen im Kern, so dass wegen der gleichzeitig mit der Temperaturerhöhung abnehmenden Zugfestigkeit eine Rissbildungsgefahr besteht. Besonders gefährdet sind große, formkomplizierte Werkzeuge aus höherlegierten Stählen (verminderte Wärmeleitfähigkeit).

Weitgehend vermeidbar ist eine derartige Rissbildung durch eine mehrstufige Vorwärmung. Die Verweilzeit auf Temperatur beträgt auf der ersten und zweiten Vorwärmstufe jeweils eine halbe Minute pro 50 mm Wanddicke. Bei hochlegierten Werkzeugstählen mit einer Härtetemperatur über 900 °C dient die dritte Vorwärmstufe bei etwa 850 °C neben den bereits erwähnten Gründen außerdem dazu, schon einen Teil der Karbide in Lösung zu bringen. Die Verweilzeit auf Temperatur verdoppelt sich somit im Vergleich zur zweiten Vorwärmstufe.

Wärmebehandlung



Austenitisieren

Jede Wärmebehandlung erfordert in Abhängigkeit vom verwendeten Werkstoff eine bestimmte Temperatur und Haltezeit beim Austenitisieren, damit die beabsichtigten Umwandlungsvorgänge ablaufen können. Typische Fehler entstehen bei zu hoch gewählten Härtetemperaturen bzw. zu langer Haltedauer. Kornwachstum mit der damit einhergehenden Zähigkeitsminderung sowie partielles Aufschmelzen können damit verbunden sein. Zu niedrige Härtetemperaturen bzw. zu kurze Haltezeiten führen zu einer nur teilweisen Austenitisierung. Spannungen aufgrund unterschiedlicher Gefügebestandteile und Schwierigkeiten beim Einstellen der benötigten Härte können dabei auftreten.

Das Diagramm gibt Anhaltswerte für die Haltezeit auf Härtetemperatur nach Erreichen der Härtetemperatur an der Werkzeugoberfläche. Auch die Tauchzeiten im Salzbad lassen sich mit Hilfe des Schaubilds ermitteln.

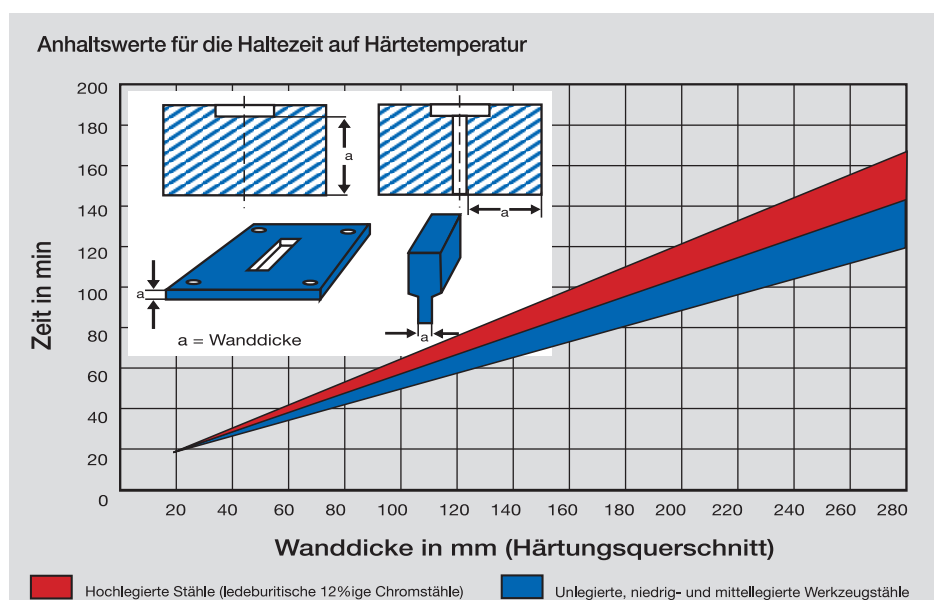
Härtungsverhalten

Zum besseren Verständnis der bei der Härtung ablaufenden Umwandlungsvorgänge sind in den Werkstoffdatenblättern die Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubilder für eine kontinuierliche Abkühlung wieder-

gegeben. Aus ihnen kann – entlang den verschiedenen Abkühlkurven, die bei der Härtetemperatur beginnen und bis auf Raumtemperatur verlaufen – abgelesen werden, welche Gefügebestandteile (in %) bei gegebener Abkühlgeschwindigkeit entstehen.

Die jeweilige Abkühlgeschwindigkeit ist an den Abkühlkurven in $^{\circ}\text{C} / \text{min.}$ bzw. bei sehr schneller Abkühlung als Parameter (Abkühlparameter = Abkühlzeit von 800°C auf 500°C in s geteilt durch 100) angegeben.

Um Werkzeugausfälle durch falsche Wärmebehandlung möglichst zu vermeiden, sind in den Werkstoffdatenblättern für die einzelnen Stahlmarken genaue Wärmebehandlungsvorschriften angegeben. Grundsätzlich ist auf folgenden Tatbestand hinzuweisen, der für die Wärmebehandlung sämtlicher Werkzeugstähle gilt: Bei der richtigen Wärmebehandlung von Werkzeugstählen gibt es keine Möglichkeit, die Zeiten abzukürzen und die Temperaturen wesentlich zu verändern. Der Gesamt Ablauf ist unbedingt einzuhalten. Die Härteannahme der einzelnen Stahlmarken ist, abgesehen vom Kohlenstoffgehalt, auch in starkem Maße querschnittbedingt.



Die in den Werkstoffdatenblättern genannten Härtewerte nach dem Abschrecken / Anlassen beziehen sich auf einen Querschnitt von 30 mm vkt. Für eine Mindesthärte von 64, 62, 60 und 58 HRC ist im Diagramm oben eine Einhärtungstiefe in Abhängigkeit vom Werkstückdurchmesser festgehalten.

Abschrecken

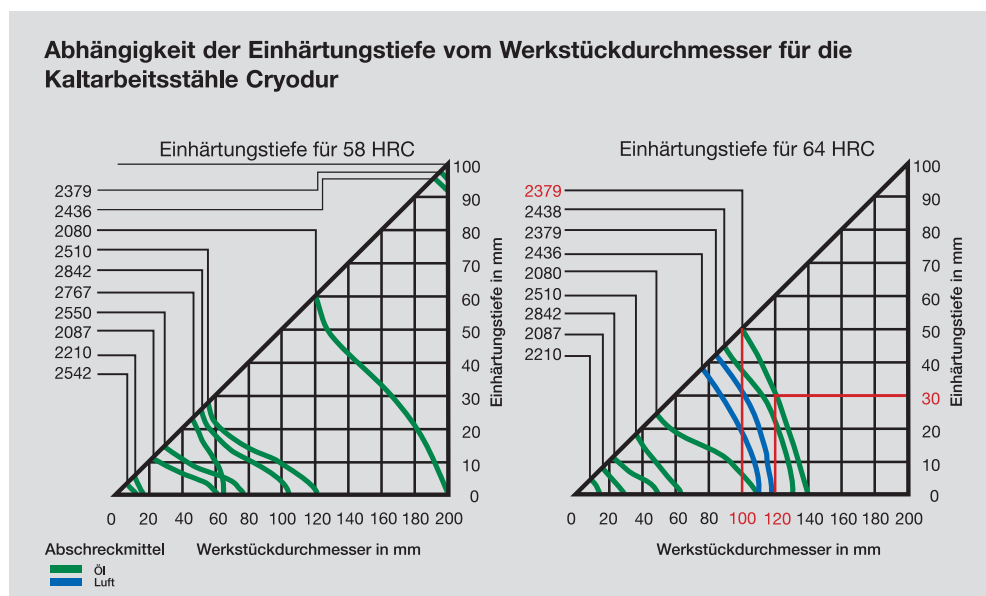
Das Abschrecken der Werkzeuge ist die kritischste Phase des Wärmebehandlungsprozesses. Abschreckvorgänge müssen einerseits die werkstoffabhängigen kritischen Abkühlgeschwindigkeiten für die Härtung erreichen, andererseits jedoch so langsam wie möglich ablaufen, um Verzugs-Spannungsrisssgefahr (Nacharbeit) zu minimieren.

Ähnlich wie beim Erwärmen ist auch hier die Gefahr bei formkomplizierten Werkzeugen am größten. Dies gilt insbesondere dann, wenn weitere Fehler hinzukommen. Typisch sind Rissbildungen nach überhitzter Härtung, da zu Wärme- und Umwandlungsspannungen noch Spannungen aufgrund

unterschiedlicher Gefügebestandteile hinzukommen. Besonders nachteilig ist aufgrund der Spannungsrisssgefahr ein Abkühlen bis auf Raumtemperatur. Zweckmäßig werden Werkzeuge nur bis auf 80 °C abgekühlt, dann zum Ausgleichen gebracht und anschließend direkt angelassen. Das Ausgleichen ist wichtig, um eine vollständige Martensitumwandlung über den gesamten Querschnitt zu erzielen, da ansonsten eine Rissbildung beim Abkühlen nach dem Anlassen möglich ist. Zur Vermeidung der Rissgefahr ist für kritische Fälle ein gestuftes Abschrecken anzuraten. Dadurch werden Wärmespannungen weitgehend reduziert und ein nahezu zeitgleiches Umwandeln von Rand und Kern wird erreicht.

Anlassen

Anlassvorgänge sind notwendig, um bei Werkzeugen die richtige Kombination von Festigkeit und Zähigkeit einzustellen. Dabei wird zum einen die Verspannung des Härtegefüges verringert, zum anderen werden Eigenspannungen vom Abschrecken (Wärmespannungen) abgebaut. Unzureichendes



Die Einhärtungstiefe für ein Werkzeug von 120 mm rund aus Cryodur® 2379 ist für eine Härte von 64 HRC und Ölhärtung zu ermitteln. Im oberen Schaubild ergibt der Schnittpunkt der senkrechten Linie für 120 mm rund mit der Kurve für Cryodur® 2379 bei Ölhärtung eine Einhärtungstiefe von 30 mm (an der rechten Achse abzulesen).

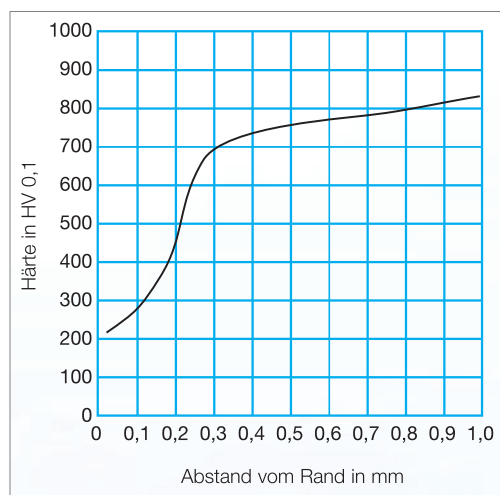
Der Schnittpunkt der Kurve für Cryodur® 2379 mit der unter 45° geneigten Geraden ergibt den auf der unteren Achse abzulesenden durchhärtenden Durchmesser: 100 mm rund.

Anlassen (Zeit, Temperatur, Häufigkeit) kann daher ein späteres Versagen begünstigen. Besonders kritisch sind Stähle, die nach dem Härten Restaustenit enthalten, der im Einsatz ggf. spannungsinduziert umwandeln kann. Um Fehler zu vermeiden, sollten die Angaben der Werkstoffdatenblätter hinsichtlich einer werkstoffgerechten Anlassbehandlung berücksichtigt werden, und es sollte nicht versucht werden, gerade hier verloren gegangene Zeit einzusparen. Die Haltezeit auf Anlasstemperatur beträgt eine Stunde pro 20 mm Wanddicke, mindestens jedoch zwei Stunden. Anschließend kühlen die Werkzeuge an der Luft ab und werden danach auf ihre Härte geprüft.

Ofenatmosphären

Bei üblichen Wärmebehandlungsvorgängen (Härten / Anlassen) geht man im Allgemeinen davon aus, dass die Ofenatmosphäre so angepasst wird, dass keine Randent- bzw. -aufkohlung eintritt. Trotzdem zeigt die Praxis, dass es bei Prozessstörungen immer wieder zu ungewollten Aufkohl- und Abkohlvorgängen kommt.

Eine Randentkohlung bewirkt bei mittelhärteten Stählen ein Mischgefüge, das beim Härten aufgrund der unterschiedlichen Gefügebestandteile zu Eigenspannungen und damit häufig zu Rissen führt. Höherlegierte Stähle zeigen oft nur eine Kohlenstoffverarmung, die zu Minderleistungen im Einsatz führt. Im Extremfall ist jedoch auch hier eine totale Auskohlung möglich. Eine ungewollte Auskohlung bewirkt in oberflächennahen Bereichen andere Gefügestände (falsche Wärmebehandlung) und damit eine zusätzliche Rissgefahr. Zur Vermeidung sollte in Kammeröfen das Härtegut geschützt verpackt werden. Bei Schutzgasanlagen ist im Gas ein C-Pegel einzustellen, der dem C-Gehalt der zu behandelnden Charge entspricht. Ähnliches gilt für Salzbäder. Lediglich in Vakuumanlagen treten derartige Probleme nicht auf.



Oberflächenbehandlung

Aufkohlen

Bei gewollten Aufkohlvorgängen soll in der Regel ein zäher Kern mit einer verschleißbeständigeren Oberfläche kombiniert werden. Die Kohlenstoffanreicherung in der Oberfläche erfordert eine entsprechende Absenkung der Härtetemperatur, da ansonsten – selbst nach richtigem Anlassen – mit hohen Restaustenitgehalten gerechnet werden muss. Letztere können die Rissgefahr erhöhen bzw. die Standzeit mindern.

Ein zusätzliches Problem ergibt sich bei hohen Restaustenitgehalten beim Polieren von Werkzeugen durch die Neigung zur Orangenhautbildung. Wird dagegen mit zu hohem Kohlenstoffangebot gearbeitet, wird dieser bevorzugt an den Austenitkorgrenzen abgeschieden. Damit gehen eine erhöhte Rissgefahr und eine erhebliche Werkstoffversprödung einher. Abhilfe bietet hier eine dem Werkstoff entsprechende Prozessführung. Diese beinhaltet sowohl die Regelung des Kohlenstoffpegels als auch den Zeit-Temperatur-Ablauf.

Nitrieren

Ähnlich wie beim Aufkohlen wird beim Nitrieren eine harte Oberflächenschicht erzeugt, die bei Werkzeugen überwiegend dem Verschleißschutz dient. Normalerweise wird die selbst bei optimaler Nitrierung abgesenkte Zähigkeit nicht beachtet. Die Folge davon sind häufig Abplatzungen der Randzone im Einsatz. Vor dem Nitrieren müssen die Werkzeuge gereinigt und entfettet werden. Das Nitrieren kann im Salzbad, in Gas oder im Plasma durchgeführt werden. Die Härte nitrierter Oberflächen liegt je nach Stahlzusammensetzung bei bis zu 1100 HV.

Ein weiterer wesentlicher Fehler kann darauf beruhen, dass man, um Zeit und Kosten zu sparen, Anlass- und Nitrierbehandlung kombiniert. Bei einer solchen Verfahrensweise muss mit Maßänderungen und Verzug gerechnet werden, die aufgrund der dann vorliegenden harten Oberflächenschicht praktisch nicht korrigierbar sind.

Reparaturschweißen

Werkzeugstahl gehört aufgrund seines Legierungsaufbaus zu dem Stahl, bei dem ein Schweißen mit einem gewissen Risiko verbunden ist. 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 Elektro-Schweißverfahren jedoch häufig unumgänglich.

Folgende Grundregeln sollten beim Reparaturschweißen beachtet werden:

- » Oberflächen gründlich reinigen, Riss U-förmig ausschleifen
- » Durchgreifende Vorwärmung, Vorwärmtemperatur oberhalb der Martensitbildungstemperatur (Ms-Linie s. ZTU-Diagramm Werkstoffdatenblatt) zur Vermeidung von Gefügeumwandlungen während des Schweißens
- » Hochlegierter Stahl: Erwärmen auf Härte-temperatur (Austenitisieren), Abkühlung auf oberhalb Martensitstarttemperatur
- » 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 Verzug möglichst gering zu halten, sollte beim Auftragen größerer Bereiche in Feldern geschweißt werden, die nachträglich verbunden werden; zum Aufbau von Schrumpfspannungen sollte die Schweißraupe gehämmert werden
- » Abkühlen der Werkzeuge nach dem Schweißvorgang auf ca. 80 – 100 °C und unmittelbar anschließendes Anlassen auf Einbauhärte

Gewichtstabelle für Werkzeugstahl

Abmessungen in mm	Vierkant	Rund	Sechskant	Achtkant
5	0,196	0,154	0,170	0,163
6	0,283	0,222	0,245	0,234
7	0,385	0,302	0,333	0,319
8	0,502	0,395	0,435	0,416
9	0,636	0,499	0,551	0,527
10	0,785	0,617	0,680	0,650
11	0,950	0,746	0,823	0,789
12	1,130	0,888	0,979	0,936
13	1,327	1,042	1,149	1,099
14	1,539	1,208	1,332	1,275
15	1,766	1,387	1,530	1,463
16	2,010	1,578	1,740	1,665
17	2,269	1,782	1,965	1,879
18	2,543	1,998	2,203	2,107
19	2,834	2,226	2,454	2,348
20	3,140	2,466	2,719	2,601
21	3,462	2,719	2,998	2,868
22	3,799	2,984	3,290	3,148
23	4,153	3,261	3,596	3,440
24	4,522	3,551	3,916	3,746
25	4,906	3,853	4,249	4,065
26	5,307	4,168	4,596	4,396
27	5,723	4,495	4,956	4,741
28	6,154	4,834	5,330	5,099
29	6,602	5,185	5,717	5,469
30	7,055	5,549	6,118	5,853
31	7,544	5,925	6,533	6,250
32	8,038	6,313	6,961	6,659
33	8,549	6,714	7,403	7,082
34	9,075	7,127	7,859	7,518
35	9,616	7,553	8,328	7,966
36	10,714	7,990	8,811	8,428
37	10,747	8,440	9,307	8,903
38	11,335	8,903	9,817	9,391
39	11,940	9,378	10,340	9,891

Abmessungen in mm	Vierkant	Rund	Sechskant	Achtkant
40	12,560	9,865	11,877	10,405
41	13,196	10,364	11,428	10,932
42	13,847	10,876	11,992	11,472
43	14,515	11,400	12,570	12,024
44	15,198	11,936	13,162	12,590
45	15,896	12,485	13,767	13,169
46	16,611	13,046	14,385	13,761
47	17,341	13,619	15,017	14,336
48	18,086	14,205	15,663	14,983
49	18,848	14,803	16,323	15,614
50	19,625	15,414	16,996	16,258
51	20,418	16,036	17,682	16,915
52	21,226	16,671	18,383	17,585
53	22,051	17,319	19,096	18,267
54	22,891	17,978	19,824	18,963
55	23,745	18,750	20,595	19,772
56	24,618	19,335	21,319	20,394
57	25,505	20,031	22,088	21,129
58	26,407	20,740	22,869	21,887
59	27,326	21,462	23,665	22,638
60	28,260	22,195	24,474	23,412
61	29,210	22,941	25,296	24,198
62	30,175	23,700	26,133	24,998
63	31,157	24,470	26,982	25,881
64	32,154	25,263	27,846	26,637
65	33,170	26,050	28,720	27,480
66	34,200	26,860	29,610	28,330
67	35,24	27,68	30,52	29,19
68	36,30	28,51	31,44	30,07
69	37,37	29,35	32,37	30,96
70	38,46	30,21	33,31	31,87
71	39,57	31,08	34,27	32,78
72	40,69	31,96	35,24	33,71
73	41,83	32,86	36,23	34,66
74	42,99	33,76	37,23	35,61

Abmessungen in mm	Vierkant	Rund	Sechskant	Achtkant
75	44,16	34,68	38,24	36,58
76	45,34	35,61	39,27	37,56
77	46,54	36,56	40,31	38,56
78	47,76	37,51	41,36	39,56
79	48,99	38,48	42,43	40,59
80	50,24	39,46	43,51	41,62
81	51,50	40,45	44,50	42,67
82	52,78	41,46	45,71	43,73
83	54,08	42,47	46,83	44,80
84	55,39	43,50	47,97	45,89
85	56,72	44,55	49,12	46,99
86	58,06	45,60	50,28	48,10
87	59,42	46,67	51,46	49,22
88	60,79	47,75	52,65	50,36
89	62,18	48,84	53,85	51,51
90	63,58	49,91	55,07	52,68
91	65,01	51,06	56,30	53,85
92	66,44	52,18	57,54	55,04
93	67,90	53,32	58,80	56,25
94	69,36	54,48	60,07	57,46
95	70,85	55,61	61,36	58,69
96	72,35	56,82	62,65	59,93
97	73,86	58,01	63,96	61,19
98	75,39	59,21	65,29	62,46
99	76,94	60,34	66,63	63,74
100	78,50	61,65	67,98	65,03
102	81,67	64,15	70,73	67,66
104	84,91	66,68	73,53	70,34
106	88,20	69,27	76,39	73,07
108	91,56	71,91	79,30	75,85
110	94,98	74,60	82,26	78,69
112	98,47	77,34	85,28	81,58
114	102,02	80,13	88,35	84,52
116	105,63	82,96	91,48	87,51
118	109,30	85,85	94,66	90,55

Abmessungen in mm	Vierkant	Rund	Sechskant	Achtkant
120	113,04	88,78	97,90	93,65
122	116,84	91,77	101,19	96,79
124	120,70	94,80	104,53	99,99
126	124,63	97,88	107,93	103,25
128	128,61	101,01	111,38	106,55
130	132,66	104,20	114,89	109,90
135	142,50	112,35	123,60	118,40
140	153,86	120,84	133,25	127,46
145	164,20	129,10	142,96	136,70
150	176,60	138,70	153,00	146,30
160	201,00	157,80	174,00	165,50
170	225,90	178,20	196,50	187,90
180	254,30	199,80	220,30	210,70
190	283,4	222,6	245,4	234,8
200	314,0	246,6	271,9	260,1
220	379,9	298,4	329,0	314,8
240	452,2	355,1	391,6	374,6
260	530,7	416,8	459,6	439,5
280	615,4	483,4	533,0	509,9
300	706,5	554,9	611,8	585,3
320	803,8	631,3	696,1	665,9
340	907,5	712,7	785,9	751,8
360	1071,0	799,0	881,0	842,0
380	1133	890	982	939
400	1256	986	1088	1040
450	1589	1248	1377	1317
500	1962	1541	1699	1626
600	2826	2219	2447	2341
700	3846	3021	3331	3187
800	5024	3926	4351	4162
900	6358	4994	5507	5268
1000	7850	6165	6798	6503

Breite in mm									
Dicke in mm	10	15	20	25	30	35	40	45	50
4	0,312	0,467	0,623	0,779	0,935	1,091	1,249	1,402	1,558
5	0,390	0,584	0,789	0,974	1,169	1,363	1,558	1,753	1,948
6	0,467	0,701	0,935	1,169	1,402	1,636	1,870	2,103	2,337
7	0,545	0,818	1,091	1,363	1,636	1,909	2,181	2,454	2,727
8	0,623	0,935	1,246	1,558	1,870	2,181	2,493	2,804	3,116
9	0,701	1,051	1,402	1,753	2,103	2,454	2,804	3,155	3,506
10	0,779	1,169	1,558	1,948	2,337	2,727	3,116	3,506	3,895
11	0,857	1,285	1,714	2,142	2,571	2,999	3,428	3,856	4,285
12	0,935	1,402	1,870	2,337	2,804	3,272	3,739	4,207	4,674
13	1,013	1,519	2,025	2,532	3,038	3,544	4,057	4,557	5,064
14	1,061	1,639	2,181	2,727	3,270	3,817	4,362	4,908	5,453
15	1,169	1,753	2,337	2,921	3,506	4,090	4,674	5,258	5,843
16	1,246	1,870	2,493	3,116	3,739	4,362	4,986	5,509	6,232
17	1,324	1,986	2,649	3,311	3,973	4,635	5,297	5,959	6,622
18	1,402	2,103	2,804	3,506	4,207	4,908	5,609	6,310	7,011
19	1,480	2,220	2,960	3,700	4,440	5,180	5,920	6,660	7,401
20	1,558	2,337	3,116	3,895	4,674	5,453	6,232	7,011	7,790
21	1,636	2,454	3,272	4,090	4,907	5,726	6,544	7,362	8,180
22	1,714	2,571	3,428	4,285	4,141	5,998	6,855	7,712	8,569
23	1,792	2,688	3,585	4,479	5,375	6,271	7,167	8,063	8,959
24	1,870	2,804	3,739	4,674	5,609	6,544	7,478	8,413	9,348
25	1,948	2,921	3,895	4,869	5,843	6,816	7,790	8,764	9,738
26	2,025	3,038	4,051	5,064	6,076	7,069	8,102	9,114	10,13
27	2,103	3,155	4,207	5,258	6,310	7,362	8,413	9,465	10,52
28	2,181	3,272	4,422	5,453	6,544	7,534	8,725	9,815	10,91
29	2,259	3,389	4,581	5,648	6,777	7,907	9,036	10,17	11,30
30	2,337	3,506	4,674	5,843	7,011	8,180	9,348	10,52	11,69
35	2,727	4,090	5,453	6,816	8,180	9,543	10,91	12,27	13,63
40	3,116	4,674	6,232	7,790	9,343	10,91	12,46	14,02	15,58
45	3,506	5,258	7,011	8,764	10,52	12,27	14,02	15,77	17,53
50	3,895	5,843	7,790	9,738	12,69	13,63	15,58	17,53	19,48

Breite in mm										
Dicke in mm	55	60	65	70	76	80	85	90	95	100
4	1,714	1,870	2,025	2,181	2,337	2,493	2,649	2,804	2,960	3,116
5	2,142	2,337	2,503	2,727	2,921	3,116	3,311	3,506	3,700	3,895
6	2,571	2,804	3,038	3,272	3,506	3,739	3,973	4,207	4,440	4,675
7	2,999	3,272	3,544	3,817	4,090	4,362	4,635	4,908	5,180	5,453
8	3,428	3,739	4,051	4,362	4,674	4,986	5,297	5,609	5,920	6,232
9	3,856	4,207	4,557	4,908	5,258	5,609	5,959	6,310	6,660	7,011
10	4,285	4,674	5,064	5,453	5,843	6,232	6,622	7,001	7,401	7,790
11	4,713	5,141	5,570	5,998	6,427	6,855	7,248	7,712	8,141	8,569
12	5,141	5,609	6,076	6,511	7,011	7,478	7,916	8,413	8,881	9,318
13	5,570	6,076	6,583	7,089	7,595	8,102	8,608	9,114	9,621	10,13
14	5,998	6,544	7,089	7,634	8,180	8,725	9,270	9,815	10,36	10,91
15	6,420	7,011	7,595	8,180	8,761	9,318	9,932	10,52	11,10	11,69
16	6,855	7,478	8,102	8,725	9,348	9,971	10,59	11,22	11,84	12,46
17	7,284	7,946	8,608	9,270	9,932	10,59	11,26	11,92	12,58	13,24
18	7,712	8,414	9,114	9,815	10,52	11,22	11,92	12,62	13,32	14,02
19	8,141	8,880	9,620	10,36	11,10	11,84	12,58	13,32	14,06	14,80
20	8,569	9,350	10,13	10,91	11,69	12,46	13,24	14,02	14,80	15,58
21	8,997	9,820	10,63	11,45	12,27	13,09	13,91	14,72	15,54	16,36
22	9,426	10,28	11,14	12,00	12,85	13,71	14,57	15,42	16,28	17,14
23	9,854	10,75	11,65	12,54	13,44	14,33	15,23	16,13	17,02	17,92
24	10,28	11,22	12,15	13,09	14,02	14,96	15,89	16,83	17,76	18,70
25	10,71	11,69	12,66	13,63	14,61	15,58	16,55	17,53	18,50	19,48
26	11,14	12,15	13,17	14,18	15,19	16,20	17,22	18,23	19,24	20,25
27	11,57	12,62	13,67	14,72	15,77	16,83	17,88	18,93	19,98	21,03
28	12,00	13,09	14,18	15,27	16,36	17,45	18,54	19,63	20,72	21,81
29	12,43	13,55	14,68	15,81	16,94	18,07	19,20	20,33	21,46	22,59
30	12,85	14,02	15,19	16,36	17,53	18,70	19,86	21,03	22,20	23,37
35	14,90	16,36	17,72	19,09	20,45	21,81	23,17	24,54	25,90	27,27
40	17,14	18,70	20,25	21,81	23,37	24,93	26,49	28,04	29,60	31,16
45	19,28	21,03	22,78	24,54	26,29	28,04	29,80	31,55	33,30	35,06
50	21,42	23,37	25,32	27,27	29,21	31,16	33,11	35,06	37,00	38,95

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**

Austr. 4
58452 Witten

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

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