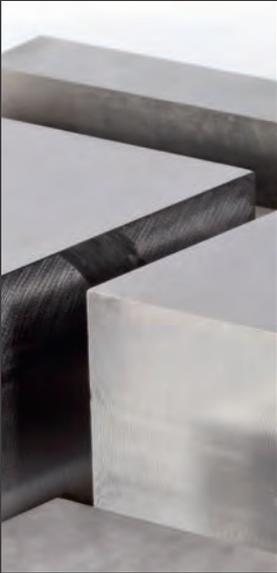


**Wissenswertes
rund um unseren
Werkzeugstahl**



**FREEZE CYCLE
PROCESSING (FCP)**
Tiefstältebehandlung zur Ver-
besserung der Verschleißfestig-
keit und Gefügestabilität

preciweiser®

precitec gmbh

LIEFERÜBERSICHT

LIEFERBARE WERKSTOFFE

1.0037 (St37)

1.0503 (C45)

1.0570 (St52-3)

1.0715/18

1.1730

1.2080

1.2083

1.2085

1.2162

1.2210

1.2311

1.2312

1.2316

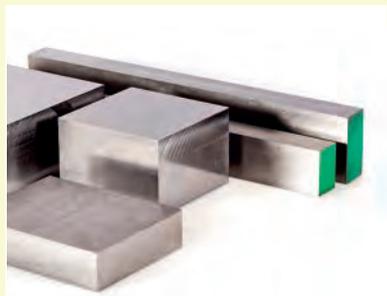
1.2343

1.2343 ESU

1.2344

1.2363

1.2379



Präzisionsflachstahl



Präzisionsrundstahl



Sonderbearbeitung



Rohmaterial



Draht, Harz, Filter



Verschleißteile, Chemie



Röhrchen, Gewinde- u. Stabelektroden



Kupfer, WCu, Graphit

LIEFERBARE WERKSTOFFE

1.2436

1.2767

1.2842/1.2510

1.3247HSS

1.3343HSS

1.4021/1.4057

1.4104/1.4112

1.4122

1.4301

1.4305

1.4404

1.4462

1.4501

1.4571

1.4828/1.4841

1.7131

1.7225

P-PM 23

Erodierdrähte

Deionisierharzsysteme

Erodierfilter

Elektroden

Verschleißteile

Service

Inhaltsverzeichnis

Werkstoffbeschreibungen und Härteanleitungen

<u>Werkstoff</u>	<u>Seite</u>
1.1730	9 - 10
1.2083	17 - 18
1.2085	19
1.2162	16
1.2311	11
1.2312	12
1.2343	14 - 15
1.2379	5 - 6
1.2436	7
1.2767	13
1.2842	3 - 4
1.3343/1.3247/P-PM 23	8 + 20
andere Werkstoffe	21
sonstige Informationen	
Werkstoffbezeichnungen	22
Legierungselemente	23
Härten von Werkstoffen	24
Härteprobleme	25
Gewichtstabelle	30
100 gebräuchlichsten Werkstoffe	26 - 27
FCP-Tiefstkälte Verfahren	28 - 29

Werkstoffbeschreibung

1.2510 / 1.2842

100MnCrW4 / 90MnCrV8

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2842	0,90	0,20	1,90	0,40				0,10	0,03
1.2510	0,95	0,20	1,20	0,60			0,60	0,10	0,03

Extra reines und gleichmäßiges Kerngefüge.

★★★

KALTARBEITSSTAHL
DIN 17350 EN-ISO4957

Der Werkstoff 1.2510 (in D 1.2842) ist weltweit der gebräuchlichste Werkzeugstahl. Beide Werkstoffe sind hinsichtlich ihrer Eigenschaften als gleichwertig anzusehen. Bearbeitungsunterschiede und/oder Maßänderungen nach der Wärmebehandlung sind nicht gegeben. Das härteerhöhende Element Mn beim 1.2842 ist beim 1.2510 durch erhöhten Cr-Gehalt ausgeglichen worden. Das belegen auch die Zeit-Temperatur-Schaubilder. Der Wst. 1.2510 weist mit Wolfram einen zusätzlichen Carbidgebildner auf. Dies ist jedoch positiv, da eine höhere Verschleiß- und Anlaßbeständigkeit erreicht wird. Der Werkstoff 1.2842, welcher aus Wolfram und Chrommangel entwickelt wurde, ist im Ausland weitgehend unbekannt. Im Zuge der Europäisierung wird sich der Werkstoff 1.2510 (01) durchsetzen. 1.2510 kann daher als 1.2842 geliefert werden, jedoch nicht umgekehrt.

VERWENDUNG

Schneid- und Gewindewerkzeuge
Vorrichtungen, Schablonen, Führungsleisten,
Matrizen, Lehren und Stempel
Holzbearbeitungswerkzeuge
Kunststoffformen, Meißzeuge
Schnitt-, Stanz-, und Schneidewerkzeuge
Maschinenmesser
Industriemesser für Metall, Holz, Papier
Einsätze, Formen für die Kunststoffindustrie
Konstruktionsteile
Einsätze im Formenbau
Stanzereitechnik
Rollenscherenmesser
Prägewerkzeuge klein

HRC

60 - 62
59 - 62
57 - 59
58 - 62
60 - 62
57 - 62
57 - 61
58 - 62

56 - 60
57 - 60
57 - 59

EIGENSCHAFTEN

Vielseitig einsetzbarer MnCrW-legierter Öl härter.
Anlieferungszustand 220 HB (740N/mm²)
Zerspanbarkeit -1- -2- -3- -4- -5- -6-
Gute Maßhaltig- und Zähigkeit.
Äußerst verschleißfest und verzugsarm.
Gute Schneidhaltigkeit, gute Härtebarkeit mit hoher Oberflächenhärte. Gute Durchhärtung.
Mäßiges Härtevermögen bei größeren Querschnitten.
Sehr gutes Preis-Leistungsverhältnis.

Zerspannungsempfehlung: HM Sorte P25-40
HSS (Vc) m/Min. 20-25
VHM Schafffräser (Vc) m/Min. 48-58
HM-Wendeplatten P30 (Vc) m/Min. 120
Beschichtung: ca. 30% Standzeiterhöhung und ca. 15% Vc Erhöhung

SCHLEIFEN: Nur gut abgezogene, weiche Schleifscheiben verwenden. Mittlere U/min und ausreichend Kühlmittel verwenden.

HARTVERCHROMEN: Nach dem Hartverchromen Werkstück bei ~ 185°C anlassen.

SCHWEISSEN: (möglichst vermeiden) Gehärtet: 2 x anlassen. Weichgeglüht: Nach dem Schweißen nochmals spannungsarm glühen.

ERODIEREN: Im gehärteten Zustand, danach nochmals unter der letzten Anlasstemperatur entspannen.

TIEFENTEMPERATURBEHANDLUNG: erhöht die Härte um ~2HRc. Nach dem Abschrecken auf ~80°C abkühlen. Haltezeit ~3 Std.

Physikalische Richtwerte

bei Raumtemperatur:

Wärmeleitfähigkeit	: ca. 30 W/(m*K),	Spezifische Wärme	: ca. 460 J/(Kg*K)
Spezifischer el. Widerstand:	ca.0,66 (Ω *mm ² /m)	Elastizitätsmodul	: ca. 200 (kN/mm ²)
Streckgrenze	: 400 N/mm ²	Reparaturschweißen	: Datenblatt D/01S
Wärmeausdehnung	: 100°C=11,0 300°C=11,5, 600°C=12,5		(m/M*K)
Druckfestigkeit	: RmMPa...: 56HRc=2500, 60HRc=2800, 62HRc=3000		

Werkstoffbeschreibung

1.2510 / 1.2842

100MnCrW4 / 90MnCrV8

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2842	0,90	0,20	1,90	0,40				0,10	0,03
1.2510	0,95	0,20	1,20	0,60			0,60	0,10	0,03

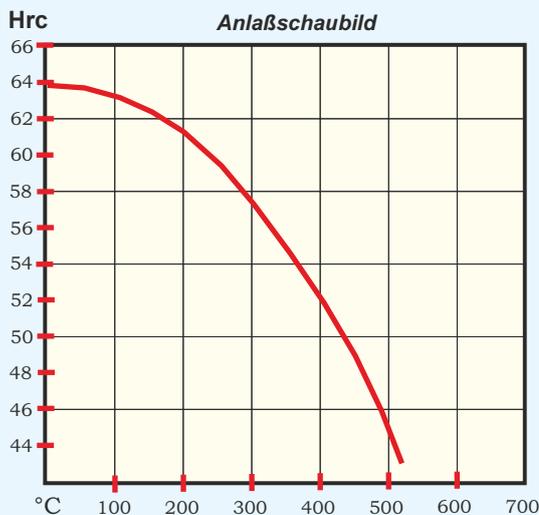
Extra reines und gleichmäßiges Kerngefüge.

★★★

KALTARBEITSSTAHL
DIN 17350 EN-ISO4957

Wärmebehandlung und Härteanleitung

HÄRTEN: Erwärmen Langsam vorwärmen, um Formänderungen zu vermeiden.
Abschrecken Öl, Warmbad
Anlassen Langsam erwärmen, um Risse zu vermeiden. Nach dem ersten Anlassen bei ca. 20°C abkühlen. 2 x anlassen. Haltezeit mind. 2 Stunden.



Warmumformen.....: 1050 - 850 °C langsame Abkühlung
Weichglühen.....: 710 - 760 °C max. 230 HB, max. 775 N/mm²
Spannungsarmglühen: 650 - 680 °C im vergüteten Zustand unterhalb der letzten Anlaßtemperatur, langsame Abkühlung
Schmieden.....: 950°C - 800°C langsame Abkühlung.
Vorwärmen.....: 350 °C je nach Abmessungen
Austenitisierungstemperatur: 800 - 840 °C Haltedauer: 15 min.
Härten.....: 800 - 830 °C Öl (64Hrc)
Anlassen.....: Je nach Bedarf. (Anlaßschaubild) 180-400 °C 1-2x je 2Std.
Abschrecken.....: Öl 60-70°C, Warmbad 180 - 220 °C.
Wärmeausdehnung...: (M/m °C): 11.5 -12.8 10⁻⁶ bei 100 °C- 500 °C
Wärmeleitfähigkeit.....: (J/cm s °C): 0.167 - 0.242 bei 20 °C- 700 °C
Streckgrenze.....: 390 - 510 m N/mm (Dichte kg/m³ 7800 20°C)
Dehnungskoeffizient : 100 °C 11,5 x 10⁻⁶ m (M.K.)
 200 °C 12,0 x 10⁻⁶ m (M.K.)
 300 °C 12,2 x 10⁻⁶ m (M.K.)

100 °C = 64 +/- 1Hrc 200 °C = 62 +/- 1Hrc 300 °C = 58 +/- 1Hrc 400°C = 52 +/- 1Hrc 500°C = 44 +/-1Hrc

ANWÄRMEN: Größere und komplizierte Werkstücke langsam auf ca. 650°C vorwärmen und dann schneller auf Härtetemperatur bringen. 1.2510 ist ziemlich unempfindlich für Entkohlung und kann meistens frei erhitzt werden.

HÄRTEN in Öl bei 800 - 830°C.: Wenn der Stahl auf Härtetemperatur ist, kleine Werkstücke ca. 10 min. und größere 20 - 30 min. auf dieser Temperatur halten und danach abschrecken. SOFORT anlassen, wenn der Stahl noch gut handwarm ist.

WARMBADHÄRTUNG: 1.2510 ist bei nicht zu großer Dicke, besonders gut geeignet. Bei einer Massivdicke von 30 mm erreicht man noch eine hohe Oberflächenhärte. Bei größeren Abmessungen die Obergrenze der erlaubten Härtetemperatur wählen.
 A. Erhitzen auf ca. 830-850°C.
 B. Im Salzbad bei ca. 180 - 200°C abschrecken.
 C. Haltetemperatur im Salzbad 5 - 10 min.
 D. Danach in der Luft bis ca. 70°C abkühlen und sofort anlassen.

ANLASSEN: Kleine Werkstücke ca. 1 Std. größere und wichtige mindestens 2-3 Std. Nach dem Anlassen an der Luft abkühlen. 2 x anlassen, mit zwischenzeitlicher Abkühlung auf Zimmertemperatur, erhöht die Zähigkeit. Die richtige Temperatur wird bestimmt durch die gewünschte Endhärte. Die optimale Zähigkeit wird durch Zwischenstufenhärtung (Bainithärtung) erreicht.

ZTU- und Anlaßschaubild für kontinuierliche Abkühlung auf Anfrage.

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2379	1,55	0,30	0,30	12,0	0,18	0,70	0,18	0,80	0,013
1.2601	1,60	0,30	0,30	12,0	0,18	0,60	0,50	0,30	0,013
1.2080	2,10			12,0					
1.2436	2,10			12,0			0,70		

1.2080 / 1.2436 ähnliche Werkstoffe

Der Werkstoff 1.2601 (USA D2) wurde in der Euronorm mit 1.2379 zusammengefasst. **EN X160CrMoV12-1**

1.2379

X155CrVMo12-1

Extra reines und gleichmäßiges Kerngefüge. Daher äußerst verzugsarm.

★★★★

KALTARBEITSSTAHL DIN 17350 EN-ISO4957

HOCHLEGIERTER, VERSCHLEISSFESTER, ZÄHER, LEDEBURITISCHER, SEKUNDÄRHÄRTBARER KALTARBEITSSTAHL

Dieser Stahl ist auf Grund seines erhöhten Vanadin (V) Gehaltes verschleißfester und zeichnet sich bei höheren Härtetemperaturen durch hohe Anlaßbeständigkeit aus.

Auf Grund der vielseitigen Einsetzbarkeit ist 1.2379 der weltweit meist verwendete 12% CHROMSTAHL.

VERWENDUNG

Gewindewalz- und Rollwerkzeuge
 Matrizen und Stempel
 Umform-, Biegewerkzeuge
 Maschinenmesser
 Fräser, Räumnadeln
 Kunststoffformen, Meßzeuge
 Schnitt-, Stanz-, und Schneidewerkzeuge
 Tiefzieh- und Fließpreßwerkzeuge
 Holzbearbeitungswerkzeuge
 Gut beschichtbar
 Kalt- und Kreisscheren
 Preßwerkzeuge für die Pulvermetallurgie
 Einsätze im Formenbau
 Formwerkzeuge für keramische Werkstoffe
 Kunststoffindustrie
 Für Einsätze bei abrasiven Kunststoffen

EIGENSCHAFTEN

Weichgeglüht ca. 250 HB (830N/mm)²
 Zerspanbarkeit -1- -2- ~~-3-~~ -4- -5- -6- Hohe Härteannahme. Gute Zähigkeit.
 Äußerst verschleißfest und verzugsarm.
 Höchste Maßbeständigkeit. Gut polierbar.
 Gute Anlassbeständigkeit, gute Härbarkeit.
 Hohe Druckfestigkeit. Homogenes Gefüge.
 Kann zum Schneiden von harten und dicken Werkstoffen eingesetzt werden.
 Vielseitig einsetzbarer,
 NITRIERFÄHIGER LEDEBURITISCHER HOCHLEISTUNGSSCHNITTSTAHL.

Zerspannungsempfehlung: HM Sorte P25/30 mit Titanaluminiumoxydbeschichtung
 Schnittgeschwindigkeit: Vc = 95 m/min .

SCHLEIFEN: Nur gut abgezogene, weiche Schleifscheibe verwenden. Mittlere U/min und ausreichend Kühlmittel verwenden.

HARTVERCHROMEN: Nach dem Hartverchromen das Werkstück 4 Stunden bei ~ 180°C anlassen.

SCHWEISSEN: (möglichst vermeiden) Gehärtet: 2 x anlassen. Weichgeglüht: Nach dem Schweißen nochmals spannungsarm glühen.

ERODIEREN: Im gehärteten und angelassenen Zustand, nochmals unter der letzten Anlasstemperatur entspannen.

TIEFENTEMPERATURBEHANDLUNG: erhöht die Maßbeständigkeit sowie die Härte um ~2HRc. Nach dem Abschrecken auf ~80°C abkühlen. Haltezeit ~3 Std. Anschließend anlassen.

Physikalische Richtwerte

bei Raumtemperatur:	Wärmeleitfähigkeit	: ca. 20 W/(m*K),	Spezifische Wärme	: ca. 465 J/(Kg*K)
	Spezifischer el. Widerstand	: ca.0,66 (O *mm ² /m),	Elastizitätsmodul	: ca. 210 (kN/mm)
	Reparaturschweißen	: Laserschweißen	Streckgrenze	: 423 N/mm ²)
	Wärmeausdehnung	: 100°C=10,5, 300°C=11,5, 600°C=12,0 (m/M*K)		
	Druckfestigkeit	RmMPa.: 56HRc=2700, 60HRc=2960, 62HRc=3100		

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2379	1,55	0,30	0,30	12,0	0,18	0,70	0,18	0,80	0,013
1.2601	1,60	0,30	0,30	12,0	0,18	0,60	0,50	0,30	0,013
1.2080	2,10			12,0					
1.2436	2,10			12,0			0,70		

1.2379

X155CrVMo12-1

Extra reines und gleichmäßiges Kerngefüge. Daher äußerst verzugsarm.

★★★★

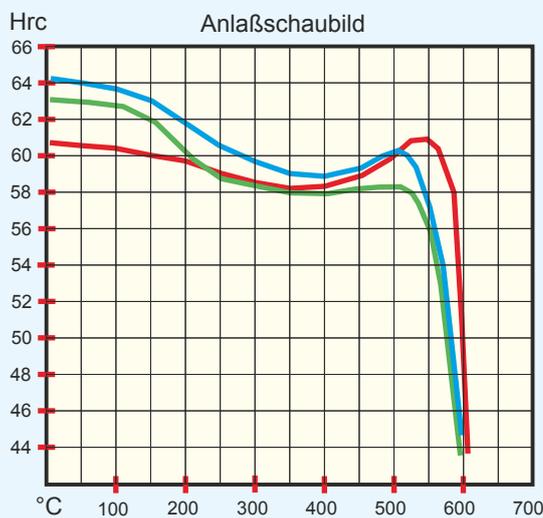
KALTARBEITSSTAHL DIN 17350 EN-ISO4957

1.2080 / 1.2436 ähnliche Werkstoffe

Der Werkstoff 1.2601 (USA D2) wurde in der Euronorm mit 1.2379 zusammengefasst. **EN X160CrMoV12-1**

Wärmebehandlung und Härteanleitung

HÄRTEN: Erwärmen Langsam vorwärmen, um Formänderungen zu vermeiden.
Abschrecken Öl, Luft, Warmbad
Anlassen Langsam erwärmen, um Risse zu vermeiden. 2-3 x anlassen. Haltezeit nach vollständiger Durchwärmung 20 - 30 min.



- Warmumformen.....: 1050 - 850 °C langsame Abkühlung
- Weichglühen.....: 830 - 860 °C max. 250 HB, max. 845 N/mm
4 - 6 Std. langsame Ofenabkühlung
- Spannungsarmglühen.....: 650 - 680 °C im vergüteten Zustand unterhalb der letzten Anlaßtemperatur, langsame Abkühlung.
- Vorwärmen.....: 350 + 800 °C je nach Abmessungen
- Härten.....: 1060 -1080 °C (61 HRC)
- Anlassen.....: 200 - 550 °C (2-3 X je 2 Std.)
- Austenitisierungstemperatur : 990 -1050°C Haltedauer: ~30min.
- Abschrecken.....: Öl, Luft, Warmbad 500 °C, Wirbelbett, Gas
Zur Vermeidung von Spannungsrissen, den Abschreckvorgang bei ca. 60°C abbrechen und das Werkstück anlassen.
- Wärmeausdehnung.....: (M/m °C): 10.5 -12.5 10-6 bei 25 °C- 400 °C
- Wärmeleitfähigkeit.....: (j/cm s °C): 0.167 - 0.242 bei 20 °C- 700 °C
- Streckgrenze.....: 420 N/mm²
- Dehnungskoeffizient.....: 100°=10,5 * 200°=11,5 * 300°=12,0 * 400°=12,2
- Druckfestigkeit RmMPa.....: 56HRc~2700, 60HRc~2960, 62HRc~3100
- Zugfestigkeit.....: 870N/mm²

Grün bei 980 °C
 Blau bei 1020 °C
 Rot bei 1050 °C

100 °C = 64 +/- 1HRc
 200 °C = 61 +/- 1HRc
 300 °C = 59 +/- 1HRc

400 °C = 58 +/- 1HRc
 500 °C = 58 +/- 1HRc
 Erzielbare Härte Hrc 61 - 63

HÄRTEN in Öl, Luft, Wb:

Bei 1020 - 1060° C Abkühlung je nach Größe des Werkstückes in Öl, Luft, oder Warmbad bei 420 - 500 °C. Zur Verbesserung der Verschleißfestigkeit, erhöhte Härte und Anlasstemperatur wählen.

ANLASSEN:

Bei 200 - 500° C. Kleine Werkstücke ca. 1 Std. größere und wichtige bis 3 Std. 2 - 3 x anlassen. Haltedauer im Ofen mindestens 2 Stunden bei Temperaturen zwischen 100° - 400° C.

NITRIEREN:

Härten bei 1060 - 1080° C. Öl, Warmbad. Anlassen bei 520 - 570° C je nach Nitriertemperatur. Nitriertemperatur: 550° C.

ZTU- und Anlaßschaubild für kontinuierliche Abkühlung auf Anfrage. Datenblatt

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2436	2,10			12,0			0,70		
1.2601	1,60	0,30	0,30	12,0	0,18	0,60	0,50	0,30	0,013
1.2080	2,10			12,0					
1.2379	1,55	0,30	0,30	12,0	0,18	0,70	0,18	0,80	0,013

1.2080 / 1.2436 ähnliche Werkstoffe.

1.2436

X210CrW12

Extra reines und
gleichmäßiges Kerngefüge.
Daher äußerst verzugsarm.

★★★★

HOCHLEGIERTER, VERSCHLEISSFESTER, ZÄHER, LEDEBURITISCHER, KALTARBEITSSTAHL

Auf Grund der vielseitigen Einsetzbarkeit, ist der 1.2436 in einigen Fällen eine günstige Alternative zum 1.2379. Im Vergleich zum 1.2379 liegt die Härtetemperatur unter 1000°C.

VERWENDUNG

Gewindewalz- und Rollwerkzeuge
Umform-, Biege- und Schneidwerkzeuge
Maschinenmesser
Kunststoffformen, Meßzeuge
Schnitt-, Stanz-, und Schneidwerkzeuge
Tiefzieh- und Fließpreßwerkzeuge
Gut beschichtbar
Kalt- und Kreisscheren
Preßwerkzeuge für die Pulvermetallurgie
Einsätze im Formenbau
Kunststoffindustrie

EIGENSCHAFTEN

Weichgeglüht ca. 250 HB (830N/mm²)
Zerspanbarkeit -1- -2- **-3-** -4- -5- -6-
Hohe Härteannahme.
Äußerst verschleißfest und verzugsarm.
Höchste Maßbeständigkeit. Gut polierbar.
Gute Anlassbeständigkeit, gute Härbarkeit.
Hohe Druckfestigkeit. Homogenes Gefüge.
Kann zum Schneiden von harten und
dicken Werkstoffen eingesetzt werden.
Vielseitig einsetzbar.



HOCHLEISTUNGSSCHNELLSTAHL

1.3343

HS6-5-2 (M2)

C	Si	Mn	Cr	Co	Mo	W	V
0,90			4,20		5,0	6,4	1,80

Gebräuchlichster konventionell hergestellter, mittellegierter Schnellarbeitsstahl. Universell einsetzbar für Werkzeuge aller Art.

Anlieferungszustand: 270 HB
Erzielbare Härte: 65 Hrc.

1.3247

HS6-5-2 (M42)

C	Si	Mn	Cr	Co	Mo	W	V
1,10	0,45	0,40	4,20	8,0	10,0	1,50	1,20

Hoch-Kobaltlegierter Schnellarbeitsstahl. Sehr verschleißfest. Bester konventionell hergestellter HS -Stahl. Bestens für ein- und mehrschneidige Werkzeuge und Verschleißplatten geeignet.

Anlieferungszustand: 280 HB
Erzielbare Härte: 68 Hrc.

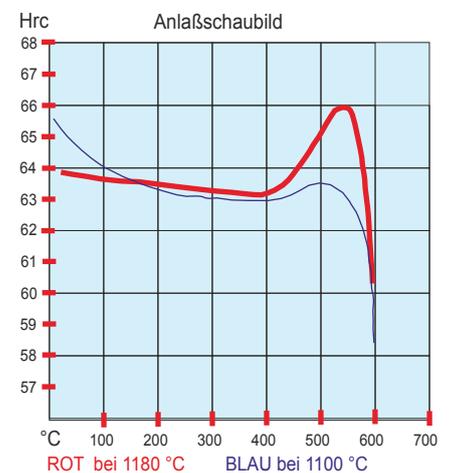
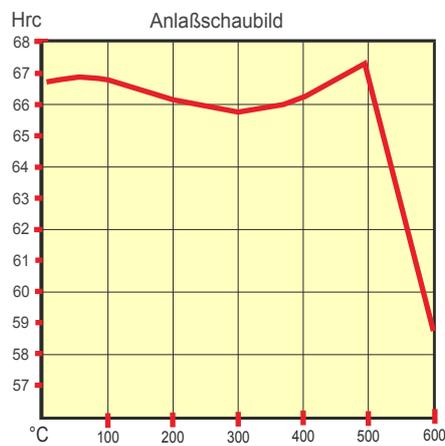
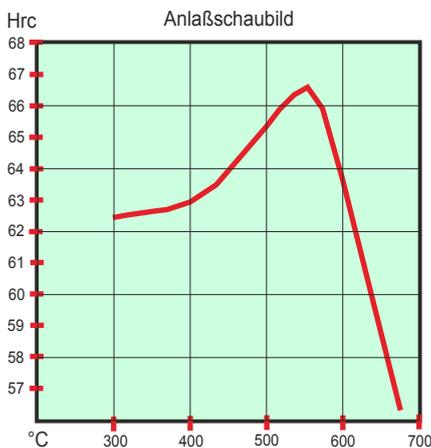
P-PM23

S6-5-2

C	Si	Mn	Cr	Co	Mo	W	V
1,33	0,35	0,30	4,20		4,80	6,0	4,20

Gebräuchlichster pulvermetallurgisch hergestellter, hochlegierter Schnellarbeitsstahl. Universell einsetzbar für Werkzeuge aller Art.

Einsätze im Formenbau. Maschinenmesser. Ect.
Anlieferungszustand: 270 HB
Erzielbare Härte: 65 Hrc.



EIGENSCHAFTEN im VERGLEICH

VERSCHLEISSFESTIGKEIT

WARMHÄRTE

ZÄHIGKEIT

BEARBEITBARKEIT

1.3343	<div style="width: 20%; background-color: green;"></div>	<div style="width: 20%; background-color: green;"></div>	<div style="width: 20%; background-color: green;"></div>	<div style="width: 80%; background-color: green;"></div>
1.3247	<div style="width: 40%; background-color: yellow;"></div>	<div style="width: 40%; background-color: yellow;"></div>	<div style="width: 20%; background-color: yellow;"></div>	<div style="width: 40%; background-color: yellow;"></div>
B-PM23	<div style="width: 30%; background-color: blue;"></div>			

Wie bei unseren Kalt- und Warmarbeitswerkzeugstählen, bieten wir in HSS auch nur die gebräuchlichsten und sinnvollsten Stähle an. Keine Substitute. Ihr Werkzeugbau kann Vergleiche der verschiedenen Werkzeugstähle anhand der Legierungsbestandteile anstellen und entscheiden, welcher Stahl zum Einsatz kommen soll. Bei SS-Stählen ist es noch wichtiger, diese Vergleiche anzustellen, da aufgrund der unterschiedlichen Legierungsbestandteile und der unterschiedlichen Herstellungsmethoden enorme Preisunterschiede festzustellen sind. Diese lassen sich meist nicht mit erhöhten Standzeiten rechtfertigen.

Auf den Seiten 10 und 11 in unserer Preisliste bieten wir unsere HSS-Stähle nur in den Dimensionen an, welche wir auf einer Hochumformungsanlage (Schmiedewalzanlage GFM) herstellen können. PM-Stähle lassen wir im Block herstellen und liefern wie auf Seite 22 beschrieben, als Sonderanfertigung. Auf Ihr Wunschmaß gesägt oder bearbeitet.

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.1730	0,45	0,30	0,70						0,04
1.1183	0,36	0,30	0,70						
1.1241	0,50	0,30	0,80						
1.1545	1,00	0,20	0,70						

1.1730

Ck 45



k= rein an P und S

UNLEGIERTER KALTARBEITSSTAHL
DIN 17350 EN-ISO4957

Der Werkstoff 1.1730 (C 45) ist der gebräuchlichste, unlegierte Werkzeugstahl. Bei unlegierten Stählen ist der C-Gehalt (0,45% Kohlenstoff) entscheidend. Die Arbeitstemperatur liegt bei maximal 200°C. Der Stahl wird auf Grund seines guten Preis - Leistungsverhältnisses für weniger beanspruchte Aufbauteile und Werkzeuge verwendet. Auf Grund des Preisunterschiedes zu legierten Werkzeugstählen, sollte genau geprüft werden, ob für die Applikation ein unlegierter Stahl ausreicht oder ob besser ein legierter Stahl verwendet werden sollte. Universell einsetzbarer Vergütungsstahl.

VERWENDUNG

Aufbaumaterial für Kunststoff- und Stanznormalien.
Grundplatten und Rahmen für den Vorrichtungsbau.
Handwerkzeuge aller Art: Hämmer, Schraubenschlüssel, Meißel, Zangen, landwirtschaftliche Werkzeuge.
Spannvorrichtungen, Konstruktionsteile.
Schaftmaterial für HSS und Hartmetallwerkzeuge.
Aufnahmhülsen, Spannzangen, Spannzapfen.

1.1730 wird in der Regel im Anlieferzustand mit 190 HB verwendet.

Um Rissbildung beim Schweißen zu vermeiden, muß das Werkstück auf 120-320 °C vorgewärmt werden.

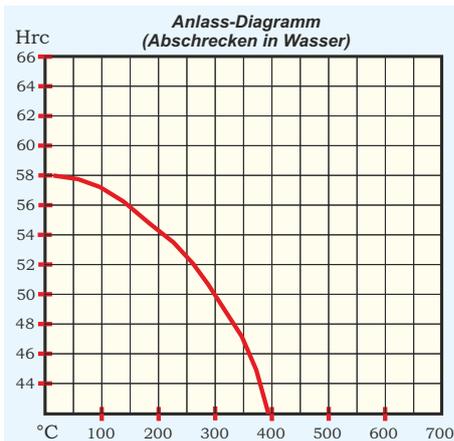
EIGENSCHAFTEN

Naturhart ca. 190 HB (640N/mm²)
Gute Zähig- und Festigkeit. Gute Schlagzähigkeit bei ausreichender Oberflächenhärte.
Ölhärtbarkeit bei dünnen Querschnitten.
Vielseitig einsetzbar in allen Metall-, Werkzeug-, Maschinenbereichen.
Schalenhärter, harte Oberflächen, zäher Kern.
Geeignet für Flamm- und Induktionshärten.

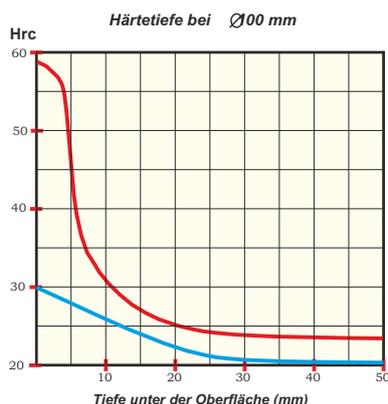
Zerspanbarkeit 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6
Zerspannungsempfehlung: HM Sorte P30/40
Schnittgeschwindigkeit: Vc = 140 m/min.

Wärmebehandlung und Härteanleitung

Ab einer bestimmten Härte nimmt die Sprödigkeit ab, so dass der Stahl angelassen werden muß. Die Härtetemperatur sollte bei 750° - 850°C gewählt werden. Danach sollte mit 200° - 350°C angelassen werden.



- Schmieden.....: 1050 - 850 °C
- Weichglühen.....: 680 - 710 °C max. 190 HB, max. 640 N/mm²
- Spannungsarm-glühen: 600 - 650 °C
- Vorwärmen.....: 350 °C Querschnittsabhängig
- Härten.....: 800 - 830 °C
- Abschrecken Medium...: Wasser oder Öl
- Anlassen.....: Siehe Anlaßschaubild



Abschreck-Medium

■ Wasser

■ Öl



Medium	Härte (HRC) nach Anlassen					
	200 °C	250 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C
Wasser	56	54	51	43	35	25
Öl	30	29	28	26	24	19

Haltezeit 1 Stunde. Austensierungstemperatur 830 °C

Härtepenetration bei 30 mm Querschnitt
(Härtetiefe ~ 3 - 5 mm)

Durchhärtung bei 15 mm

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.1730	0,45	0,30	0,70						0,04
1.1183	0,36	0,30	0,70						
1.1241	0,50	0,30	0,80						
1.1545	1,00	0,20	0,70						

1.1730

Ck 45

★★

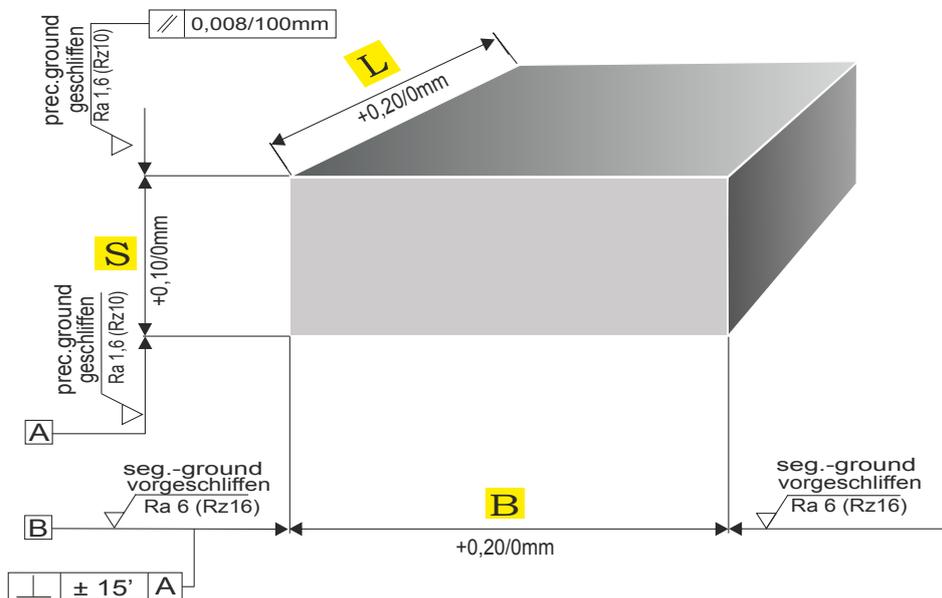
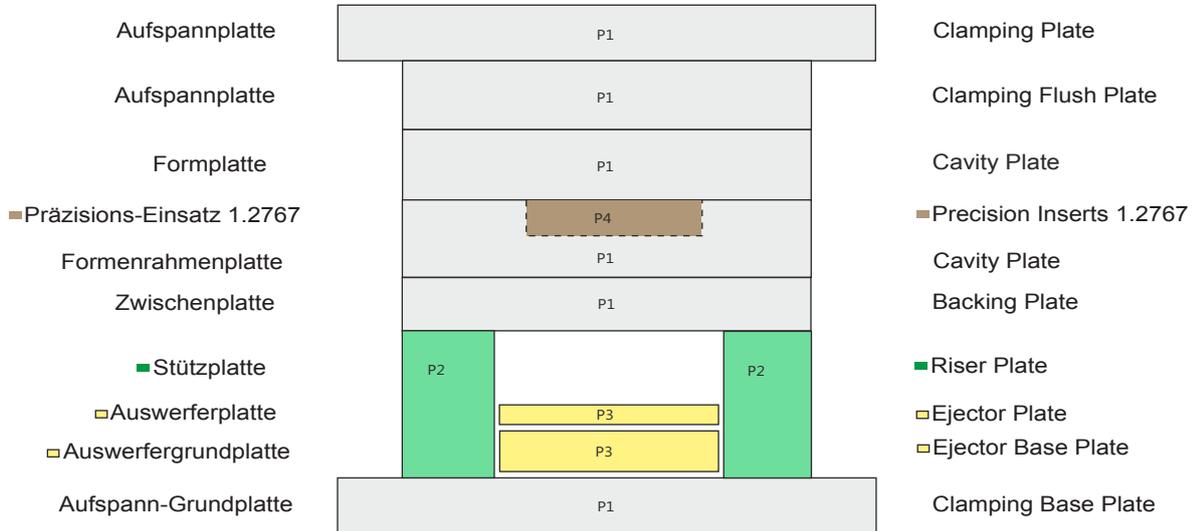
k= rein an P und S

UNLEGIERTER KALTARBEITSSTAHL
DIN 17350 EN-ISO4957

Ungebohrte Präzisionsplatten

für

FORMENAUFBAUTEN



Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2311	0,35	0,35	1,40	2,00		0,20			
1.2312	0,40	0,40	1,50	1,90		0,20			0,10
1.7225	0,35	0,35	1,40	2,00		0,20			
1.2738	0,40	0,30	1,50	1,90	1,00	0,20			

1.2311

40 CrMnMo7

★★★

KUNSTSTOFFFORMENSTAHL

Dieser **universell einsetzbarere, vakuumentgaste Chrom-Molybdän-Stahl** findet Verwendung, wo keine zusätzliche Wärmebehandlung erforderlich ist. Es ist ein zäher, bereits vorvergüteter Stahl mit hoher Kernfestigkeit. Gleichmäßige gute Härteannahme auch bei großen Querschnitten. Durch fehlenden Schwefelanteil im Vergleich zum 1.2312 lässt sich der 1.2311 schlechter Zerspanen ist dafür jedoch hochglanzpolierbar.

VERWENDUNG

Wird meist im Anlieferungszustand wegen seiner 1100 N/mm₂ als Aufbaumaterial verwendet.
Aufbau,- Rahmenmaterial für Formen,- Druckgieß-, Kunststoffwerkzeuge.
Werkzeuge für die spanlose Formgebung.
Alle Werkzeuge und Formen bei denen hohe Festigkeit ohne zusätzliche Wärmebehandlung gefordert wird.
Erodieren gut möglich, jedoch nicht üblich.

Ätzen, Hartverchromen, Narben etc. möglich, jedoch wegen des erhöhten "S"-Gehaltes nicht zu empfehlen.
Nitrieren zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit gut möglich.

EIGENSCHAFTEN

VERGÜTET ca. 33HRc (950-1100 N/mm²)

Zerspanbarkeit -1- -2- 3 - 4 - 5 - 6 -

Gut polierbar.

Gleichmäßige Härte auch bei gr. Querschnitten.

Gute Maßhaltig- und Zähigkeit.

Härten nicht üblich, da bereits vergütet.

Hohe Kernfestigkeit.

Nietrierfähig und verchrombar.

ERODIEREN: Im gehärteten und angelassenen Zustand möglich. Danach das Werkstück bei 550°C entspannen.



Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2312	0,40	0,40	1,50	1,90		0,20			0,10
1.2311	0,35	0,35	1,40	2,00		0,20			
1.7225	0,40	0,35	0,60	1,00		0,20			
1.2738	0,40	0,30	1,50	1,90	1,00	0,20			

1.2312

40 CrMnMoS 8-6

★★★

VERGÜTETER
KUNSTSTOFFFORMENSTAHL

Dieser universell einsetzbare vakuumtgeste Chrom-Molybdän-Stahl findet Verwendung, wo keine zusätzliche Wärmebehandlung erforderlich ist. Es ist ein zäher, bereits vorvergüteter Stahl mit hoher Kernfestigkeit. Gleichmäßige gute Härteannahme auch bei großen Querschnitten. Durch erhöhten 'S'-Gehalt gut zerspanbar.

VERWENDUNG

Wird meist im Anlieferungszustand wegen seiner 1100 N/mm² als Aufbaumaterial verwendet. Aufbau,- Rahmenmaterial für Formen,- Druckgieß-, Kunststoffwerkzeuge. Werkzeuge für die spanlose Formgebung. Alle Werkzeuge und Formen bei denen hohe Festigkeit ohne zusätzliche Wärmebehandlung gefordert wird. Erodieren gut möglich, jedoch nicht üblich.

Ätzen, Hartverchromen, Narben etc. möglich, jedoch wegen des erhöhten "S"-Gehaltes nicht zu empfehlen.

Nitrieren zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit gut möglich. In Ammoniakgas bei ca. 520°C. Oberflächenhärte ca. 1000 HV.

SCHWEISSEN: Erhitzen auf ca. 400-500°C.

EIGENSCHAFTEN

VERGÜTET ca. 33HRC (950-1100 N/mm²)

Zerspanbarkeit -1- -2- -3- -4- -5- -6-

Trotz vergütetem Lieferzustand.

wegen "S"-Gehalt gut zerspanbar. Jedoch dadurch nicht gut polierbar.

Gleichmäßige Härte auch bei gr. Querschnitten.

Gute Maßhaltig- und Zähigkeit.

Härten nicht üblich, da bereits vergütet.

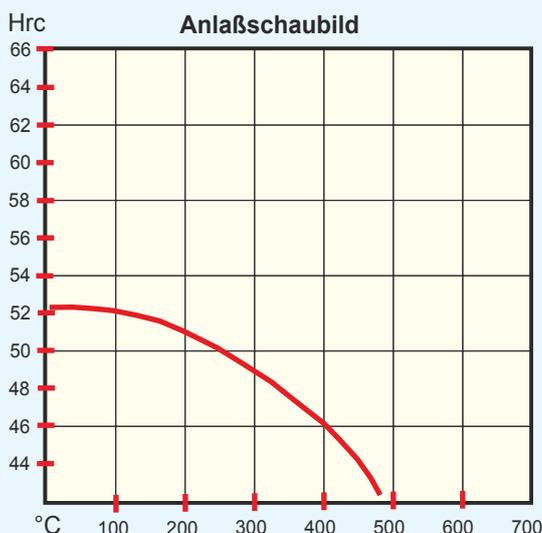
Hohe Kernfestigkeit.

Zerspannungsempfehlung: HM Sorte P30/40.

Schnittgeschwindigkeit: Vc = 110m/min.

ERODIEREN: im gehärteten und angelassenen Zustand erodieren. Danach das Werkstück bei 550°C entspannen.

Wärmebehandlung und Härteanleitung



Warmumformen.....	1050 - 850 °C langsame Abkühlung
Weichglühen.....	710 - 740 °C max. 235 HB, max. 790 N/mm 4 - 6 Std. langsame Ofenabkühlung
Spannungsarmglühen... :	650 - 680 °C im vergüteten Zustand unterhalb der letzten Anlaßtemperatur, langsame Abkühlung.
Vorwärmen.....	350 °C je nach Abmessungen
Härten.....	840 - 870 °C (51 HRC)
Anlassen.....	450 - 650 °C , je nach Bedarf. (siehe Anlaßschaubild)
Abschrecken.....	Öl, Warmbad 180 - 220 °C
Wärmeausdehnung.....	(Mm/m °C): 11,1 -14,9 10-6 bei 25 °C- 700 °C
Wärmeleitfähigkeit.....	(j/cm s °C): 0.345 - 0.320
Streckgrenze...Rp 0,2	Mpa 800 bei 20°C Stab 25mm Ø / 300HB
Bruchdehnung %.....	18 bei 20°C
Zugfestigkeit Rm MPa..	1020 bei 20°C
Datenblatt.....	D/04 ZTU- und Anlaßschaubild

100 °C = 51 +/- 1Hrc 200 °C = 50 +/- 1Hrc 300 °C = 48 +/- 1Hrc 400 °C = 46 +/- 1Hrc 500 °C = 42 +/- 1Hrc

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2767	0,45	0,25	0,40	1,40	4,00	0,30			
1.2764	0,22	0,25	0,30	1,30	4,00	0,20			
1.2718	0,55	0,30	0,50	1,00	3,00	0,30			
1.2721	0,52	0,30	0,50	1,00	3,10	0,20			

1.2764, 1.2718, 1.2721 sind ähnliche Werkstoffe.

1.2767

X45NiCrMo4

Extra reines und gleichmäßiges Kerngefüge. Daher äußerst verzugsarm.

KALTARBEITSSTAHL
DIN 17350 EN-ISO4957

Der Werkstoff 1.2767 ist wegen seiner Homogenität, seinem hohen "Ni" Gehalt und seiner Hochglanzpolierbarkeit ein universell verwendeter **Luft-, Öl härter von hoher Zähigkeit**. Aus diesem Werkstoff lassen sich besonders gut PRÄZISIONSEINSÄTZE fertigen. Umformwerkzeuge weisen wegen der guten Zähigkeit lange Standzeiten auf.

VERWENDUNG

Kunststoffformen, Formplatten, Formeneinsätze für Spritzwerkzeuge "HOCHGLANZPOLIERBAR".
Präge-, Umform-, Biegewerkzeuge für besonders hohe Druck- und Biegefestigkeit.
Kaltscherenmesser. Für große Werkzeuge.
Erodieren ist sehr gut möglich.
Sehr gut geeignet zum Narben und Ätzen.
Nitrieren nicht üblich (Temperatur beachten).
Werkzeuge für schwere Kaltverformung.
Werkzeuge, welche höchste Zähigkeit benötigen.
Einbauzustand: gehärtet und angelassen.

EIGENSCHAFTEN

Weichgeglüht ca. 260 HB (870N/mm²)
Zerspanbarkeit -1- -2- -3- -4- -5- -6-
Hohe Druck- und Biegefestigkeit
Äußerst verschleißfest und verzugsarm.
Gute Durchhärtung auch bei großen QUERSCHNITTEN.
Höchste Zähigkeit.
Maßbeständiger Öl-Lufthärter.
Vielseitig einsetzbarer KUNSTSTOFFFORMEN-WERKZEUGSTAHL

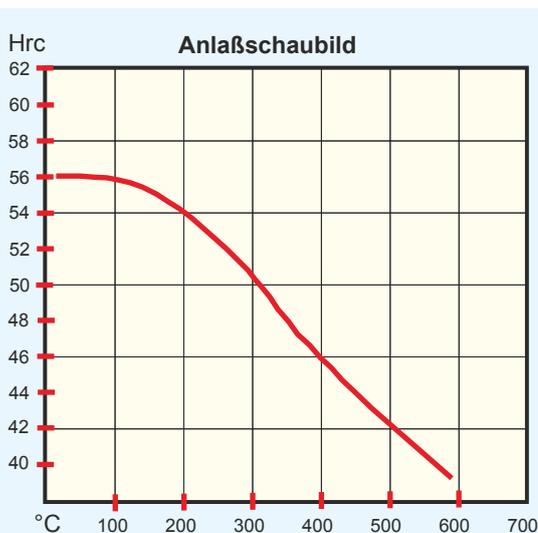
SCHLEIFEN: Nur gut abgezogene, weiche Schleifscheibe verwenden. Mittlere U/min und ausreichend Kühlmittel verwenden.

HARTVERCHROMEN: Nach dem Hartverchromen das Werkstück 4 Stunden bei ~ 180°C anlassen.

SCHWEISSEN: Möglichst vermeiden. Im weichgeglühten Zustand schweißen. Danach spannungsarm glühen.

ERODIEREN: Im gehärteten und angelassenen Zustand nochmals unter der letzten Anlasstemperatur entspannen.

Wärmebehandlung und Härteanleitung



Warmumformen.....: 1050 - 850 °C langsame Abkühlung
Weichglühen.....: 620 - 660 °C max. 250 HB, max. 800 N/mm²
Sehr langsame Ofenabkühlung, anschl. Luft

Spannungsarmglühen.....: 650 - 680 °C im vergüteten Zustand unterhalb der letzten Anlaßtemperatur, langsame Abkühlung.

Vorwärmen.....: 600 °C je nach Abmessungen
Härten.....: 840 - 870 °C nach dem Abschrecken 56 HRC
Anlassen.....: 200 - 260 °C (2-3 X je 2 Std.) Je nach Härtewunsch.
Austenitisierungstemperatur : 830 - 1860 °C
Abschrecken.....: Öl, Luft, Warmbad 180-220 °C,

Wärmeausdehnungskoeffiz. : (10⁻⁶/K) 20-100°C 20-200°C 20-600°C
11,7 12,5 13,7

Wärmeleitfähigkeit bei 20°C.: 30 W/mK

100 °C = 56 +/- 1HRc, 200 °C = 54 +/- 1HRc, 300 °C = 50 +/- 1HRc,
400 °C = 46 +/- 1HRc, 500 °C = 42 +/- 1HRc

Datenblatt: ZTU und Anlaßschaubild

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2343	0,38	1,10	0,40	5,00		1,20		0,40	
1.2344	0,40	1,10	0,40	5,20		1,30		1,00	
1.2714	0,40	1,10	0,40	5,20		1,30		1,00	
1.2718/21	0,40	1,10	0,40	5,20		1,30			

1.2344, 1.2714, 1.2718, 1.2721 sind ähnliche Werkstoffe.

1.2343

X 38CrMoV5-1

Extra hoher Reinheitsgrad für hohe thermische und mechanische Ansprüche.

★★★★

WARMARBEITSSTAHL

Cr-Mo-V- legierter WARMARBEITSSTAHL mit besonders hohem Verschleißwiderstand. Resistent gegen Warmrissbildung. Sehr gute Anlassbeständigkeit und beste Zähigkeit. Auf Grund der vielseitigen Einsetzbarkeit ist 1.2343 der weltweit meist verwendete Warmarbeitsstahl.

VERWENDUNG

Formplatten und Einsätze für Spritz- und Druckwerkzeuge. 40 - 50
 Kunststoffformen und Metallstrangpresswerkz. 45 - 50
 Werkzeuge für die Kunststoffverarbeitung. 45 - 50
 Zur Verarbeitung von Leichtmetalllegierungen. 44 - 48
 Strangpresswerkzeuge, Warmarbeitswerkzeuge. 43 - 52
 Warm- und Kaltscherenmesser auch für große Schnittdicken. 48 - 52
 Konstruktionsteile mit hoher Festigkeit. 45 - 50
 Druckgieß- und Strangpressindustrie. 45 - 50
 Warmpresswerkzeuge und Schmiedewerkzeuge für Stahl, 40 - 48
 Aluminium, Zink, Blei und Magnesiumlegierungen. 43 - 52
 Erodieren, Polieren, Nitrieren, Narben sehr gut möglich.

HRC

EIGENSCHAFTEN

Weichgeglüht ca. 235 HB (790N/mm²)
 Zerspanbarkeit -1- -2- -3- -4- -5- -6-
 Hohe Zähigkeit bei hoher Einbauhärte. Hohe Warmverschleißfestigkeit. Besonders gute Wärmeleitfähigkeit.
 Gute Anlaßbeständigkeit.
 Werkzeuge, welche einer hohen thermischen Beanspruchung ausgesetzt sind.

Zerspanungsempfehlung: HM Sorte P30/40
 Schnittgeschwindigkeit: Vc = 110 m/min .

SCHLEIFEN: Nur gut abgezogene, weiche Schleifscheibe verwenden. Mittlere U/min und ausreichend Kühlmittel verwenden.

HARTVERCHROMEN: Nach dem Hartverchromen das Werkstück 4 Stunden bei ~ 180°C anlassen.

SCHWEISSEN: Möglichst vermeiden oder von einer Fachfirma durchführen lassen.

ERODIEREN: Im gehärteten und angelassenen Zustand nochmals ca. 20° unter der letzten Anlass temperatur entspannen.

Physikalische Richtwerte

bei Raumtemperatur:

Wärmeleitfähigkeit 20°C	: ca. 25 W/ mK	Dichte bei 20°C	: 7,85 g/cm ³
Bruchfestigkeit	: 1400 (Rm) N/mm ²	Elastizitätsmodul	: ca. 210 (kN/mm ²)
Bruchdehnung A/5 %	: ca. 12	Streckgrenze	: 423 N/mm ²
Einschnürung Z %	: ca. 50		
Wärmeausdehnung	: 100°C=11,7, 300°C=12,2, 600°C=12,9		(m/M*K)

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2343	0,38	1,10	0,40	5,00		1,20		0,40	
1.2344	0,40	1,10	0,40	5,20		1,30		1,00	
1.2714	0,40	1,10	0,40	5,20		1,30		1,00	
1.2718/21	0,40	1,10	0,40	5,20		1,30			

1.2344, 1.2714, 1.2718, 1.2721 sind ähnliche Werkstoffe.

1.2343

X 38CrMoV5-1

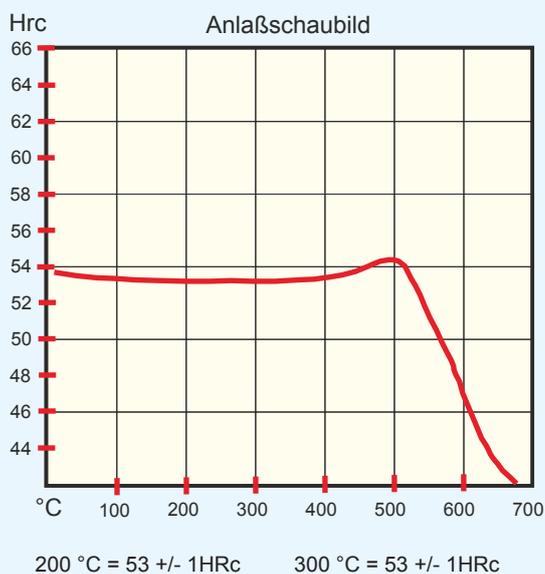
Extra hoher Reinheitsgrad für hohe thermische und mechanische Ansprüche.

★★★★

WARMARBEITSTAHL

Wärmebehandlung und Härteanleitung

HÄRTEN = Erwärmen Langsam vorwärmen, um Formänderungen zu vermeiden.
Abschrecken Öl, Luft, Warmbad, Gas.
Anlassen Langsam erwärmen, um Risse zu vermeiden. 2-3 x anlassen je 2 Std.



Warmumformen.....: 1100 - 900 °C langsame Abkühlung
 Weichglühen.....: 780 - 820 °C max. 235 HB, max. 790 N/mm
 2 - 5 Std. langsame Ofenabkühlung bis ca.530 °C dann Luftabkühlung.
 Spannungsarmglühen....: 650 - 680 °C im vergüteten Zustand unterhalb der letzten Anlaßtemperatur, langsame Abkühlung.
 Vorwärmen.....: 350 + 600 + 850 °C je nach Abmessungen
 Härten.....: 1010 -1050 °C (53 HRC 1.2343) (55 HRC 1.2344)
 Anlassen.....: 540 - 630 °C (3 X je 2 Std.) 48-52 Hrc
 Abschrecken.....: Öl, Luft, Warmbad 500 °C, Wirbelbett, Gas
 Wärmeausdehnung.....: 100°C=11,7 300°C=12,2 600°C=12,9 (m/M+K)
 Wärmeleitfähigkeit.....: 25 bei ca. 20°C (W/mK)
 Streckgrenze.....: 423 N/mm²

ANWÄRMEN:

Den Stahl in Härteschutzfolie geschützt erhitzen. Es können auch Härteketten, gefüllt mit neutraler Glühkohle genutzt werden.

HÄRTEN in Öl, Luft, Gas:

Bei 1010 - 1050° C Abkühlung je nach Größe des Werkstückes in Öl, Luft, oder Salzbad. Der Stahl härtet beim Öl- und Warmbadhärten in allen gebräuchlichen Querschnitten durch. Beim Lufthärten, Durchhärtung nur bis ca. 80mm Dicke. Komplizierte Werkstücke nur bei ca. 1020°C härtend.

ANLASSEN:

Bei 540 - 630° C. Mindestens 2 x 2 Std. anlassen. Dazwischen bis auf ca. 20° C abkühlen. Die Härte wird etwas abnehmen, falls die gleiche Temperatur beim zweiten Anlassen gewählt wird. Sollte das Werkstück für Kaltarbeit gebraucht werden, sollte die Temperatur bei ca. 250°C gewählt werden.

NITRIEREN:

In Ammoniakgas ist das Werkstück erst ca. 20°C über der anzuwendenden Nitriertemperatur anzulassen. Durch Nitrieren sind Oberflächenhärten bis 69Hrc. (1000 Vickers) zu erreichen. Die Kernhärte liegt bei ca. 54 Hrc. Werkstücke, welche keinem hohen Oberflächendruck unterliegen, können im weichgeglühten Zustand nitriert werden. Die Härte und Tiefe der Randschicht wird dabei etwas geringer.

ZTU- und Anlaßschaubild für kontinuierliche Abkühlung auf Anfrage.

Werkstoffbeschreibung

1.2162

21MnCr5

★★★

KUNSTSTOFFFORMENSTAHL

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2162	0,21	0,25	1,20	1,20					
1.7131	0,17	0,30	1,20	0,90					

1.7131 EC 80 ähnliche Werkstoffe

Cr-Mn-legierter Hochleistungs-EINSATZSTAHL

Meist verwendeter universell einsetzbarer Einsatzstahl für die Kunststoff-, Glas- und Gummi-Industrie.

Gute Verschleißfestigkeit nach dem Einsatzhärten.

VERWENDUNG

Typischer einsatzhärter Stahl für bis zu mittleren Formgrößen. Kalteisenken. Maschinenteile, Zahnräder, Ritzel. Zahnstangen, Wellen, Führungssäulen. Werkzeuge, Einsätze. Formplatten für die KUNSTSTOFFVERARBEITUNG.

Kunstharpresformen für die Verarbeitung von Thermo-, und Duroplasten.

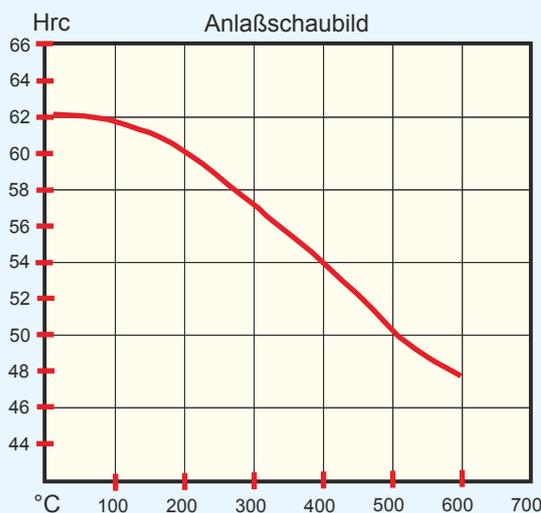
Einsatzgehärtete Messwerkzeuge und Führungssäulen.

Einsetzen 900 - 930 °C (Salzbad)

EIGENSCHAFTEN

Weichgeglüht ca. 220 HB (745N/mm²)
Zerspanbarkeit -1- -2- -3- -4- -5- -6-
Hochverschleißfest.
Hohe Kernfestigkeit. hochglanzpolierbar.
Kernfestigkeit ca. 1100 N/mm².
Druckfest, ätzbar, nitrierbar,
kalteisenkenbar, strukturerodierbar.
Hohe Oberflächenhärte bei sehr zähem Kern.
Schweisbarer Kaltarbeitsstahl.
Zerspannungsempfehlung: HM Sorte P30/40.
Schnittgeschwindigkeit: Vc = 120 m/min.

Wärmebehandlung und Härteanleitung



Warmumformen.....	1050 - 850 °C langsame Abkühlung
Weichglühen.....	690 - 710 °C max. 220 HB, max. 745 N/mm 3 - 4 Std. langsame Ofenabkühlung
Abkühlen.....	Ofen
Glühhärt max.....	210 HB
Einsetzen.....	870-890 °C
Spannungsarmglühen.....	650 - 680 °C im vergüteten Zustand unterhalb der letzten Anlaßtemperatur, langsame Abkühlung.
Zwischenglühen.....	620 - 640 °C
Aufkohlen.....	900 - 920 °C
Vorwärmen.....	350 °C je nach Abmessungen
Härten.....	810 -840 °C (62 HRC) Vor Oxidation und Entkohlung schützen.
Anlassen.....	200 - 550 °C (2-3 X je 2 Std.)
Austenitisierungstemperatur :	990 -1050°C Haltedauer: ~30min.
Abschrecken.....	Öl, Warmbad 180-220 °C
Wärmeausdehnung.....	(M/m °C): 12,2 -14,8 10-6 bei 25 °C- 700 °C
Wärmeleitfähigkeit.....	(j/cm s °C): 0.395 - 0.335 bei 20 °C- 700 °C

Erzielbare Härte Hrc 62
Kernfestigkeit ca. 1100 -1300 N/mm²

100 °C = 61 +/- 1HRc, 200 °C = 60 +/- 1HRc, 300 °C = 57 +/- 1HRc, 400 °C = 54 +/- 1HRc
500 °C = 50 +/- 1HRc

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2083	0,40	0,0	0,30	14,0				0,30	0,03
1.2099	0,05	0,20	0,90	12,5					0,12

1.2083

X42Cr13

Extra reines und
gleichmäßiges Kerngefüge.

★★★★

KORROSIONSBESTÄNDIGER
KUNSTSTOFF-FORMENSTAHL

CHROMLEGIERTER, verschleißfester, korrosionsbeständiger KUNSTSTOFFFORMENSTAHL

Dieser Werkzeugstahl ist auf Grund seines hohen Chrom-Gehaltes, besonders im gehärteten, angelassen und polierten Zustand, äußerst KORROSIONS- und SÄUREBESTÄNDIG.

Auf Grund der vielseitigen Einsetzbarkeit ist 1.2083 der weltweit meist verwendete 13,5 % Chromstahl.

VERWENDUNG

Korrosion- und säurebeanspruchte Einsätze für die KUNSTSTOFFINDUSTRIE.

Formen- und Presswerkzeuge.

Spritzgießwerkzeuge für abrasive Kunststoffe, medizinische und optische Geräte.

Strangziehdrüsen, sowie Blasformen für PVC usw. Glaspressmatrizen, Formplatten und Einsätze für die Kunststoffverarbeitung.

Beste Korrosionseigenschaften bei 250 °C angelassen und poliert.

Bei hoher Luftfeuchtigkeit werden z.B.

Kühlwasserkanäle nicht vom Rost befallen.

Hartverchromen, Nitrieren möglich aber nicht üblich.

EIGENSCHAFTEN

Weichgeglüht ca. 225 HB (760N/mm²)

Zerspanbarkeit -1- -2- **3** - **4** - 5 - 6 -

Gute Maßhaltig- und Zähigkeit.

Äußerst verschleißfest und verzugsarm.

Gute Anlassbeständigkeit, gute Härbarkeit.

Gute Maßhaltig- und Druckfestigkeit.

Durchhärter mit hoher Härteannahme.

Korrosionsbeständig bei hoher Luftfeuchtigkeit.

Sehr gut polierbar.

Erodieren - Ätzen - Narben - gut möglich.

Zerspannungsempfehlung: HM Sorte P25/30. mit Tinaloxbeschichtung.

Schnittgeschwindigkeit: Vc = 110 m/min.

SCHLEIFEN : Nur gut abgezogene, weiche Schleifscheiben verwenden. Mittlere U/min und ausreichend Kühlmittel verwenden.

SCHWEISSEN : Möglichst vermeiden: Gehärtet: 2X anlassen. Weichgeglüht: Nach dem Schweißen nochmals spannungsarm glühen.

ERODIEREN : Im gehärteten und angelassenen Zustand, nochmals ca. 20°C unter der letzten Anlassstemperatur entspannen.

POLIEREN : Kann im weichgeglühten und noch besser im gehärteten Zustand poliert werden. Harte Polierwerkzeuge benutzen.

NARBEN : möglich.

NITRIEREN : bis 480°C möglich.

HÄRTEN : 1000 bis 1050 °C.

Physikalische Richtwerte

bei Raumtemperatur (55 Hrc): **Wärmeleitfähigkeit** : ca. 16 W/ (m°C), (°C20)

Dichte : 7800 kg/m³

Zugfestigkeit Rm : Mpa 2050

Wärmeausdehnung : 200 °C= 10,5, 300°C=10,8,

Spezifische Wärme : ca. 460 J/ (Kg°C)

Elastizitätsmodul : ca. 200 (kN/mm²)

Streckgrenze : Rp 0,2 Mpa 1600

400°C=11,0 (m/M*K)

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2083	0,40	0,40	0,30	14,0				0,30	0,03
1.2099	0,05	0,20	0,90	12,5					0,12

1.2083

X42Cr13

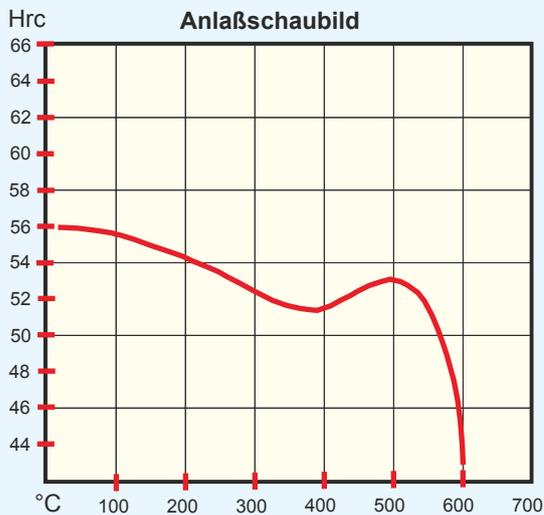
Extra reines und gleichmäßiges Kerngefüge.

★★★★

KORROSIONSBESTÄNDIGER
KUNSTSTOFF-FORMENSTAHL

Wärmebehandlung und Härteanleitung

HÄRTEN = Erwärmen langsam vorwärmen, um Formänderungen zu vermeiden.
Abschrecken Öl, Luft, Warmbad, Gas
Anlassen langsam erwärmen um Risse zu vermeiden. 2 x anlassen.
 Haltezeit nach vollständiger Durchwärmung 2h.



Warmumformen.....: 1050 - 800 °C langsame Abkühlung
Weichglühen.....: 760 - 800 °C max. 230 HB, max. 775 N/mm
 4 - 6 Std. langsame Ofenabkühlung
Spannungsarmglühen: 650 - 680 °C im vergüteten Zustand unterhalb
 der letzten Anlaßtemperatur, langsame Abkühlung.
Vorwärmen.....: 350 + 600 + 850 °C je nach Abmessungen
Härten.....: 1020 -1050 °C (58 HRC)
Anlassen.....: 200 - 250 °C (53-55 HRC) siehe Anlaßschaubild 2h.
Abschrecken.....: Öl, Warmbad 500 °C, Wirbelbett, Gas. Bei ca. 60°
 abschrecken und anlassen.
Wärmeausdehnung.....: (M/m °C): 10.5 -11.5 10-6 bei 25 °C- 400 °C
Wärmeleitfähigkeit.....: (J/cm s °C): 0.200 - 0.262 bei 20 °C- 700 °C
Streckgrenze.....: Rp 0,2 Mpa 1600
Dehnungskoeffizient...:

Erzielbare Härte Hrc 53 - 55

100 °C = 56 +/- 1Hrc 400 °C = 51 +/- 1Hrc
 200 °C = 55 +/- 1Hrc 500 °C = 52 +/- 1Hrc
 300 °C = 52 +/- 1Hrc

HÄRTEN in Öl, Gas, Wb: **Bei 1020 - 1050 °C** Schnelle Abkühlung je nach Größe des Werkstückes in Öl, Luft, oder Warmbad bei 420 - 500 °C. Zur Verbesserung der Verschleißfestigkeit, erhöhte Härte und Anlasstemperatur wählen.

ANLASSEN: **Bei 200 - 500 °C.** Kleine Werkstücke ca. 1 Std. größere und wichtige bis 2 Std. 2 x anlassen. Haltedauer im Ofen mindestens 2 Stunden bei Temperaturen zwischen 180° - 400° C.

WEICHGLÜHEN: Auf ca. 770 °C durchwärmen. Abkühlung im Ofen um ca. 10 °C pro Std. bis ca. 660 °C, danach an Luft.

SPANNUNGSARM GLÜHEN: Auf ca. 650 °C durchwärmen Haltezeit ca. 2 Std. Langsam im Ofen auf ca. 500°C abkühlen. Dann an Luft abkühlen.

ZTU- und Anlaßschaubild für kontinuierliche Abkühlung auf Anfrage.

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
1.2085	0,35	0,30	0,90	16,0	0,50				0,09
1.2316	0,35			16,0		1,00			0,09

1.2085

X33 CrS 16

Extra reines und
gleichmäßiges Kerngefüge.

★★★★★

KUNSTSTOFFFORMENSTAHL

HOCH-CHROMLEGIERTER, VORVERGÜTETER, verschleißfester, korrosionsbeständiger Kunststoffformenstahl

Auf Grund der vielseitigen Einsetzbarkeit, sowie der besseren Zerspaneigenschaften gegenüber dem 1.2316 offerieren wir zukünftig nur 1.2085.

VERWENDUNG

Wird mit 1000N/mm im Anlieferungszustand verwendet.
Korrosion und Säurebeanspruchte Einsätze für die KUNSTSTOFFINDUSTRIE.
Formen und Presswerkzeuge.
Spritzgießwerkzeuge für abrasive Kunststoffe, medizinische und optische Geräte.
Strangziehdrüsen, sowie Blasformen für PVC usw. Glaspressmatrizen, Formplatten und Einsätze für die Kunststoffverarbeitung.
Beste Korrosionseigenschaften bei 250 °C angelassen und poliert.
Bei hoher Luftfeuchtigkeit werden z.B. Kühlwasserkanäle nicht vom Rost befallen.
Hartverchromen, Nitrieren möglich aber nicht üblich.

EIGENSCHAFTEN

vergütet auf 300HB (1000 N/mm²)
abhängig vom Querschnitt
Zerspanbarkeit -1- -2- **3** - **4** - 5 - 6 -
Gute Maßhaltig- und Zähigkeit.
Äußerst verschleißfest und verzugsarm.
Gute Anlassbeständigkeit, gute Härbarkeit.
Gute Maßhaltig- und Druckfestigkeit.
Durchhärter mit hoher Härteannahme.
Korrosionsbeständig bei hoher Luftfeuchtigkeit.
Sehr gut polierbar.
Erodieren - Ätzen - Narben - gut möglich.
Zerspanungsempfehlung: HM Sorte P25/30 mit Tinaloxbeschichtung.
Schnittgeschwindigkeit: Vc = 110 m/min.

- SCHLEIFEN** : Nur gut abgezogene, weiche Schleifscheiben verwenden. Mittlere U/min und ausreichend Kühlmittel verwenden.
- POLIEREN** : möglich.
- NARBEN** : möglich, aber nicht üblich.
- NITRIEREN** : möglich, aber nicht üblich.
- SPANNUNGS-ARM GLÜHEN** : Durch Grobzerspannung entstehende Oberflächenspannungen oder Restspannungen können durch Zwischenglühen bei ca. 550° C beseitigt werden. Langsame Ofenabkühlung.

Physikalische Richtwerte: **Wärmeleitfähigkeit** : ca. 17,3 W/ (m°C), (°C20)
Wärmeausdehnung : 200°C=11 300°C=11 400°C=12 (m/M*K)

Werkstoffbeschreibung

L %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S
P-PM 23	1,33	0,35	0,30	4,20	0,13	4,20	5,90	4,20	

Pulvermetallurgisch hergestellter Hochleistungs-Schnellstahl (HSS)

P-PM23

1.3344.9 (S6-5-3)

PM HSS

★★★★★

Meist verwendeter universell einsetzbarer PM Stahl. Dieser Werkstoff wird auf Grund seiner guten Strukturbeschaffenheit überall dort eingesetzt, wo mit SS- oder 12 prozentige Chromstähle nicht die geforderten Standzeiten erreichen werden.

VERWENDUNG

Erodierklötze, Drahterosionsplatten, spangebende Werkzeuge aller Art, Matrizen und Stempel, Bohrer, Fräser, Kunststoffformen, Meßzeuge, Reibahlen, Schnitt-, Stanz- und Prägewerkzeuge, Kaltarbeitswerkzeuge aller Art, Maschinenmesser, Industriemesser für Metall-, Holz-, Papier-Preßwerkzeuge für die Pulvermetallurgie. Einsätze im Formenbau. Scher- und Rollwerkzeuge. Lochstempel, Stanzwerkzeuge für Elektrobleche.

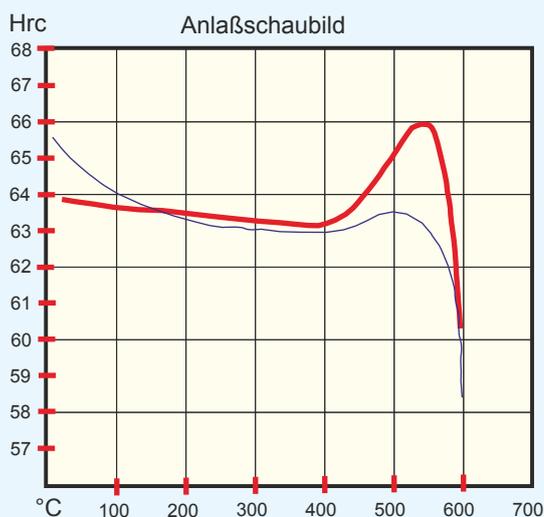
DRAHTEROSIONSPLATTEN (ERODIERKLÖTZE)
Auf Grund der gleichmäßigen Verteilung der verschiedenen Karbide lässt sich PM sehr gut funkenerosiv bearbeiten.

EIGENSCHAFTEN

Weichgeglüht ca. 260 HB (870N/mm)
Zerspanbarkeit -1- -2- -3- -4- -5- -6-
Höchste Verschleißfestigkeit.
Beste Schnitthaltig- und Zähigkeit.
Homogene Gefügestruktur.
Gute Maßhaltig- und Druckfestigkeit.
Besonders hohe Standzeiten.
Sehr gut beschichtbar. Gute Schleifbarkeit.
Besonders geeignet für Werkzeuge, bei denen eine hohe Schneidkantenstabilität verlangt wird.
Geeignet für Bad-, Plasma-, Gasnitrierung.

Durch HIP hergestellter Schnellstahl.
(HIP=Heißisostatisch gepresst)

Zerspanungsempfehlung: HM Sorte P30.
mit Tinalox Beschichtung Vc = 120 m/min .



ROT bei 1180 °C BLAU bei 1100 °C

Weichglühen.....:	790 - 870 °C max. 260 HB 4 - 6 Std. langsame Ofenabkühlung
Spannungsarmglühen ..:	630 - 670 °C im vergüteten Zustand unterhalb der letzten Anlaßtemperatur, langsame Abkühlung.
Vorwärmen.....:	450 + 550 °C je nach Abmessungen
Härten.....:	1030 -1080 °C Warmbad 500-550°C Öl, Luft
Anlassen.....:	540 - 580 °C (3 x je 1 Std.)
Abschrecken.....:	Öl, Luft, Warmbad 500 °C, Wirbelbett, Gas
Wärmeausdehnung.....:	(M/m °C): 11,7 -11.9 10-6 bei 25 °C- 600 °C
Wärmeleitfähigkeit.....:	(J/cm s °C): 0.218 - 0.234 bei 20 °C- 350 °C
	300 °C = 63 +/- 1HRc 550 °C = 66 +/- 1HRc
	400 °C = 63 +/- 1HRc 600 °C = 60 +/- 1HRc
	500 °C = 65 +/- 1HRc Erzielbare Härte Hrc 64 - 66

WERKSTOFF-KURZBEZEICHNUNGEN

1.0037 (St37-2 / S235JR)	Der St37-2 / S235JR ist ein günstiger Baustahl, der für Konstruktionsteile verwendet wird, wo keine besondere Korrosionsbeständigkeit oder Verschleißfestigkeit gefordert wird.
1.0503 (C 45)	Die Güte C45 ist ein beruhigter Vergütungsstahl zur Herstellung von vergütbaren Dreh- und Konstruktionsteilen des mittleren Festigkeitsbereiches. Sie zeichnen sich durch große Gleichmäßigkeit des Gefügebauaus aus.
1.0715 (11SMn30 / 9SMn28)	Automatenstahl für Teile mit geringer Beanspruchung. Geeignet für Massenteile in der Automobilindustrie oder dem Geräte- und Apparatebau.
1.0718 (11SMnPb30 / 9SMnPb28)	Wie 1.0715, jedoch mit Bleizusatz und daher mit verbesserten Zerspanungseigenschaften.
1.3505 (100Cr6)	Wälzlagerstahl für mittlere/größere Abmessungen u. a. für Kugeln, Rollen, Ringe und Scheiben bis Durchmesser 30 mm.
1.4021 (X20Cr13)	Chromlegierter, nicht rostender Vergütungsstahl mit guter Polierfähigkeit, jedoch nicht zum Schweißen geeignet. Einsatz: Maschinen-, Turbinen-, Pumpenbau, Haushaltsgeräte, medizinische und chirurgische Geräte etc.
1.4057 (X17CrNi16-2)	Nicht rostender, martensitischer Chromstahl mit Nickelzusatz für sehr hohe Zähigkeit, gute Korrosionsbeständigkeit und guter Schweißseignung. Bis 400°C verwendbar. Einsatz: Chemische-, Automobil- und Luftfahrt-Industrie, Maschinenbau.
1.4104 (X14CrMoS17)	Nicht rostender, ferritischer Chromstahl mit Schwefelzusatz. Mit niedriger Korrosionsbeständigkeit und Schweißseignung, jedoch sehr guter Zerspanbarkeit.
1.4112 (X90CrMoV18)	Korrosionsbeständiger, martensitischer 18%iger Chromstahl mit hoher Aufhärbarkeit und hohem Verschleißwiderstand, hochglanzpolierfähig.
1.4122 (X39CrMo17-1)	Vergütbarer, korrosionsbeständiger, martensitischer 17%iger Chromstahl mit guter Polierbarkeit, Warm- und Verschleißfestigkeit.
1.4301 (X5CrNi18-10) (V2A)	Korrosionsbeständiger, austenitischer Chrom-Nickel-Stahl mit guter Verarbeitbarkeit und sehr guter Polierbarkeit. Gut tiefziehbar, schweißbar und verschleißfest, jedoch nicht magnetisierbar und nur eingeschränkt zerspanbar. Temperaturbeanspruchung bis 600°C – bei höheren Temperaturen 1.4541 verwenden.
1.4305 (X8CrNiS18-9)	Korrosionsbeständiger austenitischer Chrom-Nickel-Stahl. Durch Schwefelzusatz gut zerspanbar, jedoch geringere Korrosionsbeständigkeit, schlecht schweißbar, nur bedingt polierfähig, nicht magnetisierbar, automatenbearbeitbar.
1.4404 (X2CrNiMo17-12-2 / X2CrNiMo17-13-2) (V4A)	Der nicht rostende, austenitische Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl weist eine gute Säurebeständigkeit auf. Gegenüber 1.4571 ist er besser polierbar, jedoch schlechter schweißbar. Der Werkstoff wird im chemischen Apparatebau, in Kläranlagen und in der Papier- und Pharmazeutischen Industrie eingesetzt.
1.4462 (X2CrNiMoN22-5-3)	Nicht rostender, austenitisch-ferritischer Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl (Duplex). Höhere Korrosionsbeständigkeit als 1.4404 und zusätzlich beständig gegen Spannungsrisskorrosion sowie hohe Festigkeit und Steckgrenze. Gute Schweißseignung, schlecht zerspanbar. Einsatz: Lebensmittel-, Bau- und Chemische Industrie, Schiffsbau.
1.4501 (Super Duplex)	Nicht rostender, austenitisch-ferritischer 25%iger Chromstahl. Höchste Korrosionsbeständigkeit, gute Festigkeit und gute Schweißbarkeit. Einsatz: Hochbeanspruchte Teile in Chemie- und Erdöl-Industrie. Geeignet für meerwasserbeaufschlagte Bauteile in Pumpen und Turbinen.
1.4571 (X6CrNiMoTi17-12-2) (V4A)	Nichtrostender, austenitischer Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl. Beständig gegen Meerwasser, verdünnte Schwefel- und Salzsäure sowie gegen interkristalline Korrosion nach Schweißvorgängen. Sehr gut kaltumformbar, sehr gut schweißbar, temperaturbeständig bis 600 Grad Celsius, nicht magnetisierbar, schlechter polierbar als 1.4404.
1.4828 / 1.4841 (X15CrNiSi20-12) / (X15CrNiSi25-21, X15CrNiSi25-20)	Nichtrostende, hitzebeständige austenitische Chrom-Nickel-Stähle für Hochtemperatur-Bauteile bis 1100°C.
1.7131 (16MnCr5)	Chrom-Mangan-Einsatzstahl. Randschichtgehärtet bei zähem Kern, geeignet für hochbeanspruchte Bauteile. Sehr gut zerspanbar und polierbar.
1.7225 (42CrMo(S)4)	Chrom-Molybdän-Vergütungsstahl mit hoher Festigkeit und Zähigkeit für hochbeanspruchte Bauteile. In vergütetem und teils zusätzlich randschichtgehärtete Zustand nahezu universal einsetzbar, jedoch schlechte Schweißseignung.

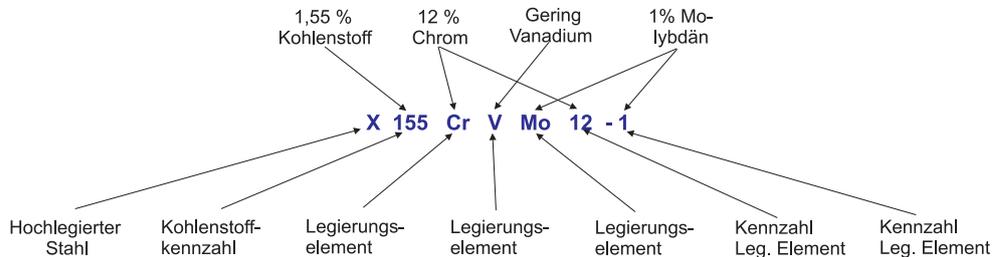
WERKSTOFFBEZEICHNUNGEN (Einteilung und Normung nach DIN / EN)

Alle Bemühungen der letzten 40 Jahre, eine Vereinheitlichung von Werkzeugstählen zu erreichen, sind fehlgeschlagen. Selbst die **EN EURONORM** hat sich nicht und wird sich auch nicht durchsetzen. In Deutschland haben wir seit über 40 Jahren eine klare **DIN** Bezeichnung für Werkzeugstähle, welche im Ausland eher verwendet wird, als in Deutschland. Für den z.B. weltweit meist verwendeten 12% Cr Werkzeugstahl **DIN 1.2379 (X155CrVMo12-1)** (EN X160CrMoV12 1) findet man in Deutschland über 15 verschiedene Werkstoffbezeichnungen mit z. T. unsinnigen zusätzlichen Attributen. Diese futuristischen Bezeichnungen dienen der Kundenbindung und sollen suggerieren, dass es sich hier um ein besonderes Gefüge handelt.

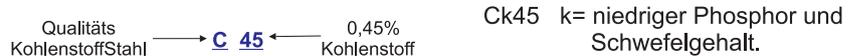
Wir raten unseren Kunden, schon wegen der Haftung und der DIN-ISO-Zertifizierung, die deutsche DIN- oder EN-Normung bei Bestellungen zu benutzen. Kunden können auch unsere Werkstoff-Datenbank als Auskunft oder zur Identifizierung nutzen.

IDENTIFIZIERUNG

z. B. 1.2379 (X155CrVMo12-1)



z. B. 1.1730 (C 45) >>



EINTEILUNG NACH STRECKGRENZE DIN EN 10025

z. B. St52-3 (S355 J2G3 C)

S355 = Mindestwert der Streckgrenze für Dicken < 16 mm
J2G3 = Kennzeichnung der Gütegruppe (Schweißseignung, Kerbschlagzähigkeit)
C = Eignung zum Kaltbiegen, Abkanten, Kaltflanschen oder Kaltbördeln.

UNLEGIERTE WERKZEUGSTÄHLE (UL)

sind EISEN-KOHLNSTOFF-LEGIERUNGEN.

Das bestimmende Element ist C = Kohlenstoff. Alle anderen Elemente sind als geringfügig anzusehen. Dieser Werkstoff wird meist als Aufbaumaterial und für weniger beanspruchte Werkzeuge benutzt. Der gebräuchlichste unlegierte Werkstoff ist 1.1730 = C45. Sehr gutes Preis - Leistungsverhältnis.

LEGIERTE WERKZEUGSTÄHLE (L)

enthalten mehr als 1 Legierungselement. Z.B. Chrom, Vanadium, Wolfram. Diese bilden zusammen mit Kohlenstoff, Martensit wodurch Härte und Verschleißfestigkeit gebildet wird. Hochlegierte Stähle besitzen mehr als 5% Legierungsbestandteile. Die Bezeichnungen beginnen dann mit einem **X** damit keine Verwechslungen mit un- oder niedriglegierten Stählen entstehen. Z.B. X155CrVMo-12-1. Durch Legieren wird der Stahl nicht härter, sondern es werden seine Eigenschaften verbessert.

KALTARBEITSSTÄHLE (K)

Vielseitig einsetzbarer legierter Werkzeugstahl, bei deren Einsatz als Werkzeug die Temperaturbelastung nicht höher als 250°C sein sollte. Die Einsatzbereiche liegen beim Kaltumformen, Scheren und Schneiden. Durch richtige Mischung der Legierungselemente erreichen diese Stähle eine hohe Verschleißbeständigkeit und eine gute Zähigkeit, welche für die genannten Einsatzbereiche gefordert werden. Die wesentlichen Faktoren für den Einsatz sind maximale Oberflächenhärte und die Härtetiefe.

WARMARBEITSSTÄHLE (W)

Für Werkzeuge die während des Gebrauchs eine Dauertemperatur von über 250°C erreichen. Sie besitzen die Eigenschaft auch bei hohen Temperaturen ihre Härte zu behalten. (WARMHÄRTE) Meist liegt der Kohlenstoffanteil unter 0,5% und dadurch nicht zu hart. Die Warmhärte wird durch Zusatz von Cr, Mo, W, V erreicht. Die meist verwendete Stahlsorte ist 1.2343. Dieser wird immer auf ca. 550°C angelassen. Um Risse oder Bruch zu vermeiden, muss das Werkzeug auf 200-350°C durchgewärmt werden.

SCHNELLARBEITSSTÄHLE (SS) (HSS)

Diese Stahlsorte enthält Wolfram, Chrom und Vanadium und wird meist für spangebende Werkzeuge verwendet. Man kann dadurch höhere Schnittgeschwindigkeiten fahren als mit anderen Werkzeugstählen. Gute Leistung und Standzeiten werden erzielt, da der Stahl hohe Arbeitstemperaturen ertragen kann. Arbeitstemperaturen von über 500°C bewirken noch keinen Härteabfall. Gehärtet wird SS bei ca. 1250°C wobei eine Härte von 64 - 67 Hrc erreicht wird. HSS wird meist zum Drehen und Fräsen verwendet.

KORROSIONSBESTÄNDIGE (CHROM) STÄHLE (R)

Diese Stähle finden überwiegend in der Lebensmittelindustrie und der Medizinaltechnik Verwendung. Jedoch werden auch Einsätze und Spritzgießwerkzeuge für abrasive Kunststoffe aus Chromstahl gefertigt. Ihre Korrosionsbeständigkeit erhalten die Werkstücke jedoch erst nach dem Härten und anlassen bei ca. 250 bis max. 400°C. Zusätzlichen Schutz gegen Korrosion erhält das Werkzeug durch eine gut polierte Oberfläche. Chromstähle sind auf Grund Ihrer Legierungselemente magnetisch. Typischer R- Stahl ist 1.2083.

PULVERMETALLURGISCH HERGESTELLTE STÄHLE (PM) (HSS)

Auf Grund der Herstellungsweise absolutes homogenes Gefüge (ähnlich Hartmetall). Die feine und gleichmäßige Verteilung der Karbide erhöht die Maßfestigkeit (in Längs- und Querrichtung) sowie die Zähigkeit und Schnittkapazität. Die größten Vorteile diesen Stahl zu verwenden, liegen, wegen der vortrefflichen Druck- und Verschleißfestigkeit, im Stempelbau. Sie sind ferner weniger empfindlich gegen hohe Temperaturen. Bei schneidenden und trennenden Arbeiten verzögert sich das Stumpfwerden der Schneidkante auf Grund der kleinen, fein verteilten Karbidkörner erheblich. PM Stähle sind gut bearbeitbar, lassen sich besser schleifen als andere hochlegierte Stähle und zeigen eine sehr gute Maßkonstanz beim Härten. PM Stähle sind auch besonders gut für funkenersive Bearbeitung und PVD-Beschichtung geeignet. Letztendlich kann nur der Werkzeugbauer selbst entscheiden, ob und für welches Werkzeug es sich wirklich lohnt PM Stähle einzusetzen. Eine Standzeiterhöhung bei allen Applikationen steht außer Zweifel. Der Preis für PM Stähle ist jedoch, zumindest in D 5-7 mal teurer als z.B. 1.2379

LEGIERUNGSELEMENTE

Bei Legierungselementen ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob sie Karbid-, Austenit- oder Ferritbildner sind. Zu welchem Zweck werden sie also dem Stahl zugeführt? Jedes einzelne Legierungselement verleiht dem Stahl je nach Anteil in % bestimmte spezifische Eigenschaften. Einige Legierungselemente wirken gegensätzlich. Um daher die optimale Wirkung zu erzielen ist die RICHTIGE MISCHUNG entscheidend.

Die Legierungselemente im Stahl bringen nur die Voraussetzungen für die vom Werkzeugmacher gewünschten Eigenschaften. Die weitere VERARBEITUNG und WÄRMEBEHANDLUNG garantiert den Erfolg. Die nachfolgende Beschreibung der Legierungselemente haben wir nach Wichtigkeit geordnet.

KOHLENSTOFF (C)

Schmelzpunkt 3540°C

das wichtigste, unentbehrliche Legierungselement im Stahl.
Wirkung des C-Gehaltes:

+	-
Härte	Schweißseignung
Härtbarkeit	Tiefziehfähigkeit
Zugfestigkeit	Bearbeitbarkeit
Streckgrenze	Zähigkeit
Verschleißwiderstand	Dehnung

Neben Kohlenstoff enthält jeder unlegierte Stahl Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel welcher bei der Stahlherstellung unbeabsichtigt hinzukommt. Durch bewussten Zusatz von weiteren Legierungselementen wie Mangan und Silizium wird die besondere Wirkung erzielt. Erst dann wird der Stahl zu einem LEGIERTEN WERKZEUGSTAHL. Der Korrosionswiderstand gegenüber Wasser und Säuren wird durch Kohlenstoff nicht beeinflusst.

VANADIUM (V)

Schmelzpunkt 1726°C

Ist ebenfalls ein starker Karbidbildner. Vanadium bindet Stickstoff und hat einen verfeinernden Einfluß auf die Kristalle. Erwirkt dadurch eine feinkörnige Gussstruktur. Durch die harten Karbide erhöht sich die Warmfestigkeit, der Verschleißwiderstand und die Anlassbeständigkeit. Vanadium wird daher Warmarbeitsstählen, Schnellarbeitsstählen und hochwarmfesten Stählen hinzulegiert. Bei Federstählen erhöht sich die Elastizitätsgrenze. Vanadium macht den Stahl unempfindlich gegen Schläge und Überhitzung.

MANGAN (Mn)

Schmelzpunkt 1221°C

Mn desoxydiert. Es bindet Schwefel als Mangan-Sulfide und verringert dadurch den ungünstigen Einfluß des Eisen-Sulfides. In geringen Mengen ist es in allen Stahlsorten vorhanden um das Gießen, Walzen und Schmieden zu erleichtern. Zum Legierungselement wird es erst bei über 0,5%. Dann erhöht es die Durchhärtung, die Festigkeit und die Streckgrenze. Es wirkt sich ferner günstig auf die Schweißbarkeit aus. Bei bereits geringen Mengen Mn wird die Abkühlgeschwindigkeit vermindert. Ab 1% Mn können Stähle in Öl gehärtet werden.

SILICIUM (Si)

Schmelzpunkt 1414°C

Si ist ebenfalls in allen Stahlsorten vorhanden, um das Verarbeiten im Stahlwerk zu erleichtern. Ebenso wie Mangan gilt es erst bei über 0,5% als Legierungselement. Es hat einen günstigen Einfluß auf die Elastizität, die Dichte und auf die Biegefestigkeit. Ebenso wird die Verschleißfestigkeit, die Zunderbeständigkeit sowie die Säurebeständigkeit erhöht. Es erhöht die Streckgrenze und verbessert die Durchhärteigenschaften. Als Baustahlqualitäten werden derartige Legierungen auf ca. 45Hrc vergütet und als Blattfederstähle verwendet.

CHROM (Cr)

Schmelzpunkt 1920°C

Bildet harte Karbide, wodurch die Verschleißfestigkeit und Schnittfähigkeit erheblich vergrößert wird. Gleichzeitig stimuliert es in hohem Maße die Durchhärtung. Durch Chrom wird Stahl öl- bzw. lufthärtbar. Die Zugfestigkeit steigt pro 1% C um 80-100 N/mm². Die elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit werden verringert. Ab einem Mindestgehalt von 13% wird Stahl KORROSIONSBESTÄNDIG. Cr ist ferner notwendig um größere Abmessungen bis zum Kern vergüten zu können.

WOLFRAM (W)

Schmelzpunkt 3380°C

Bildet sehr schneidkräftige, harte Karbide und verursacht zugleich eine hohe Warmhärte. Die Zugfestigkeit, Streckgrenze, Verschleißfestigkeit und Zähigkeit werden durch Wolfram erhöht. Wird daher oft bei Warmarbeitsstählen und Schnellarbeitsstählen verwendet. Bei wolframlegiertem Stahl vermag Molybdän bis zu einem gewissen Grad Wolfram ersetzen. Die Wärmeleitfähigkeit wird dadurch größer, was eine geringere Empfindlichkeit für starke Temperaturschwankungen bewirkt. (Sog. thermische Ermüdung)

MOLYBDÄN (Mo)

Schmelzpunkt 2622°C

Wird meist zusammen mit anderen Legierungselementen verwendet. Wirkt wie Chrom, jedoch intensiver. In Verbindung mit Chrom entsteht eine höhere Warmhärte, z.B. 1.2343 und 1.2344. Mo verbessert durch herabsetzen der Abkühlgeschwindigkeit die Härbarkeit. Es fordert die Feinkornbildung und verringert die Anlasssprödigkeit bei Chrom-, Nickelstählen. In Verbindung mit Chrom und Nickel erhöht sich die Zugfestigkeit. Mo erhöht die Korrosionsbeständigkeit und senkt die Lochfrassanfälligkeit.

NICKEL (Ni)

Schmelzpunkt 1453°C

Macht Kaltarbeitsstahlsorten zäher und ist in Maschinenbaustählen in Verbindung mit Chrom und Molybdän enthalten, um die Festigkeitseigenschaften zu verbessern. Es erhöht die Kerbzähigkeit und die Streckgrenze. Wird auch in Einsatz- und Vergütungsstählen verwendet. Stähle mit hohem Nickelgehalt sind austenitisch und setzen die Temperatur der Gamma-Alpha-Umwandlung stark herab. Nickellegierte Stähle werden wegen Ihrer guten Festigkeitseigenschaften meist als Baustähle verwendet.

KOBALT (Co)

Schmelzpunkt 1492°C

Wird als Legierungselement nur in Verbindung mit anderen Elementen wie Chrom und Wolfram verwendet. Es erhöht die Warmhärte und die Verschleißfestigkeit bei Schnellarbeitsstählen. Kobalt bildet keine Karbide und hemmt das Kornwachstum bei höheren Temperaturen. Es wird als Legierungsbasis für hochwertige Dauermagnetstähle und in Hartmetall benutzt. Kobalt ist im festem Zustand in allen Verhältnissen in Eisen löslich und bildet ebenso wie Nickel keine Karbide. Bei 12% Chromstählen wird durch Kobalt eine Leistungssteigerung erreicht.

HÄRTEN VON WERKZEUGSTAHL

Härten bedeutet, Werkzeugstähle einer Wärmebehandlung zuzuführen. D.h. den Stahl auf eine Temperatur von über 780°C zu erhitzen, wodurch sich die Struktur in Austenit umwandelt. Nach mehr oder weniger schneller Abschreckung wird der Stahl dann hart. Dies geschieht um die Eigenschaften durch Umwandlung zu verbessern. Erst dann können die Eigenschaften eines Werkzeugstahls optimal genutzt werden.

Das Härten selbst ist ein relativ komplizierter und langwieriger Prozess. Wir empfehlen daher die einschlägige Literatur und das Internet unter Härtereieratgeber.

Die richtige KONSTRUKTION und die richtige WÄRMEBEHANDLUNG sind von entscheidender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit und Funktion eines Werkzeuges. Um die Eigenschaften eines Werkzeugstahls und sein Verhalten bei der Wärmebehandlung besser zu verstehen, ist es wichtig seine Legierungsbestandteile zu kennen und einige Fachbegriffe zu verstehen.

HÄRTUNGSTIEFE

Hängt von der Legierung und den Abmessungen eines Werkstückes ab. Die Verwendung eines Werkstückes entscheidet, ob es bis in den Kern oder nur bis zu einer bestimmten Tiefe gehärtet wird.

NITRIEREN

Die Stahloberfläche diffundiert während des Glühprozesses. (550°C) Die Randschicht wird mit Stickstoff angereichert, wodurch nach träger Abkühlung eine dünne verschleißfeste, gehärtete Oberfläche entsteht. Je nach Applikation werden verschiedene Nitriervarianten angewendet. Karbonitrieren, Nitrokarbonieren, Plasmanitrieren und Reingasnitrieren.

ANLASSEN

Durch das Härten werden starke innere Spannungen erzeugt. Diese müssen abgebaut werden. Das Werkstück wird nochmals auf ca. 200 bis 300°C erhitzt. 1-2 Stunden Anlassedauer. 2-3 Stunden bei größeren Werkstücken und bei Warmarbeitsstählen. Ein Teil des Restaustenit wandelt sich in Martensit um. Da sich Restaustenit nur sehr schwer umwandelt muß der Vorgang mindestens 2 oder auch 3x wiederholt werden. Bewirkt ferner höhere Maßbeständigkeit und Zähigkeit

ALTERN

Bereits gehärteten Stahl ca. 50 bis 100 Stunden bei ca. 120°C halten. Dadurch verliert das Werkstück innere Spannungen. Die Teile, wie Messwerkzeuge bleiben auch nach langer Zeit noch stabil. Bis zu einem Jahr dauert der natürliche Alterungsprozess. Einen noch besseren Effekt, erzielt man durch Tiefkühlen in flüssigem Stickstoff bei -70°C.

ABSCHRECKEN

Abkühlen des Werkstückes mit größerer Geschwindigkeit als an Luft. Die Abkühlgeschwindigkeit in Verbindung mit der Werkstückgröße ist wichtig, um die optimale Härte zu erreichen.

SALZBADHÄRTEN

Nach dem Vorwärmen in einem Heißluftofen (ca.500°C) wird der in einem Tiegel mit flüssigen Spezialsalzen gehängt und auf die erwünschte Endtemperatur gebracht. Die Erhitzung ist besonders gleichmäßig, durchgreifend und temperaturgenau auf Grund des intensiven Kontaktes des flüssigen Mediums mit der gesamten Werkstückoberfläche. Der Prozess ist sehr wirtschaftlich, wo in großem Umfang Härtearbeiten durchgeführt werden müssen. Das Salzbadhärten ist dem Härten im Muffelofen weit überlegen. Das Werkstück kommt während des Härteprozesses nicht mit Sauerstoff in Kontakt und bleibt daher blank und entkohlungsfrei.

SULFINIEREN

Mittels eines Salzbadefindet, neben der Stickstoffaufnahme, auch eine Schwefeldiffusion statt. Es werden dadurch sehr gute Laufeigenschaften erreicht.

SPANNUNGSARM GLÜHEN

Werkstoffeigene Spannungen im Stahl werden durch Erhitzen abgebaut. Der Stahl wird auf ca. 650°C geglüht und danach langsam im Ofen abgekühlt. Dieser Prozess wird durchgeführt um Formveränderungen des Stahles zu vermeiden. Spannungsarmes Glühen bieten wir Ihnen gerne an.

WEICHGLÜHEN

Den Stahl auf 700 - 900°C durchwärmen und danach langsam im Ofen abkühlen lassen. Der Anlieferungszustand unserer Stähle ist weichgeglüht. Außer: 1.2312, 1.2082, Toolox33, Toolox44. Sind bereits vergütet.

VAKUUMHÄRTEN

Hierbei wird der Stahl in Spezialöfen in einer Vakuumretorte erhitzt. Die Oberfläche bleibt durch das Fehlen von Sauerstoff blank. Die Oxydation also Entkohlung ist von Druck unabhängig. Für Werkzeuge von denen eine hohe Oberflächenqualität gefordert wird, findet diese umweltfreundliche Methode immer mehr Anwendung.

SCHUTZGASHÄRTEN

Um den Kontakt des Werkstückes mit Sauerstoff zu vermeiden, wird es entweder eingepackt, oder im Muffelofen mit Schutzgas gehärtet. In Spezialöfen, die innen mit einer hitzebeständigen runden oder rechtwinkligen Retorte ausgestattet sind, wird Gas eingebracht, das sich gegen den Stahl neutral verhält. Auf Rotglühhitze bleibt der Stahl dann vor Anfressungen bewahrt. Oft werden auch Aktivgase zugeführt, welche eine aufkohlende oder nitrierende Wirkung auf die Oberfläche ausüben.

ENTKOHLUNG

Im rotheißem Zustand ist die Stahloberfläche sehr empfindlich gegen Anfressung aus der umgebenden Luft. Durch Verbrennen des Kohlenstoffes entsteht an der Oberfläche eine zu niedrige Härte. (Weichhaut) Es muß **aufgekohlt** werden. D.h. der Randschicht des Werkstückes muß wieder Kohlenstoff zugeführt werden. (Pulver, Gas, Salzbad)

AUFKOHLEN

Auch Zementieren, Einsetzen oder Verstählen genannt. Pulver, Gas, Salzbad aufkohlen. Anreichern der Randschicht des Werkstückes mit Kohlenstoff. Harte Schichten bis 3 mm sind zu erzielen.

INDUKTIONSHÄRTEN

Eine Stromspule induziert mittels eines magnetischen Wechselfeldes einen kräftigen elektrischen Strom in die Stahloberfläche. Durch den Widerstand des Stahls verursacht dieser Strom eine Wärmeentwicklung. Der Stahl wird bis zu einer bestimmten Tiefe (1-5 mm) rotheiß. Dieser Prozess wird hauptsächlich im Maschinenbau angewendet. (Kantmesser, Leitungsbahnen ect.) Die Tiefe der gehärteten Schicht ist abhängig von der angewandten Frequenz und der Zeit. Mit Hochfrequenz-Induktionshärten können auch sehr kleine Tiefen realisiert werden. Härtungstiefen ab 0,01 mm sind möglich.

WARMBADHÄRTEN

Warmbadhärtebar sind grundsätzlich alle öl- und lufthärtebaren Stähle. Niedriglegierte Stähle erreichen bei kleineren bis mittleren Abmessungen noch ca. 60Hrc. Hochlegierte Stähle können auch in größeren Abmessungen gehärtet werden. Geringe Temperaturschwankungen des Bades sind ohne wesentlichen Einfluss auf die Härte. Dies ist wichtig, weil die Temperatur beim Einbringen des Werkstückes, sollte dieses kurz hin und her bewegt werden. Eine Kühlanlage ist notwendig, weil sich das Warmbad bei zu geringem Salzinhalt oder bei Serienhärtungen stark erwärmt. Die Bäder können auch mit einem sog. Wasserkühlmantel ausgestattet werden.

HÄRTEPROBLEME UND MÖGLICHE VERBESSERUNGEN

Fehler beim Härten	Folgen	Behebung
Konstruktionsfehler. Scharfe Kanten, Werkstück hat keine Entlastungslöcher	Risse und Kantenausbrüche	Konstruktion muß gemäß DIN erfolgen
Werkzeug wurde nicht auf die richtige Härtetemp.gebracht o. Haltezeit zu kurz.	Keine oder nur mäßige Härteannahme	Unter Luftabschluss weichglühen und Härtung bei richtiger Temp. wiederholen.
Werkzeug wurde zu hoch gehärtet, evtl überhitzt oder zu lange auf Härtetemperatur gehalten.	Härterisse, starker Verzug, Ausbrüche	Unter Luftabschluss weichglühen und Härtung bei richtiger Temp. wiederholen. Verbranntes Werkzeug kann nicht mehr verwendet werden.
Werkzeug wurde während des Härtens an der Oberfläche entkohlt.	Keine Härteannahme an der Oberfläche	Abschleifen der Oberfläche, weichglühen und erneut Vacuum / Schutzgas härten.
Korngrenzebelegung im Härtegefüge durch zu volle Charge beim Abschrecken.	Risse und Ausbrüche.	Härtecharge nicht zu voll packen
Einseitiges Abkühlen	Spannungsrisse	Gleichmäßig abkühlen.
Ungenügend angelassen	Spannungsrisse	Mindestens 2 x anlassen.
Zu frühes Waschen (1.2510) von Teilen die noch über 100°C Kerntemperatur aufweisen.	Risse	Teile erst handwarm waschen
Fehlende Entlastungsschlitz beim Drahterodieren	Risse	Konstruktion ändern

Härtevergleichstabelle

Zugfestigkeit, Brinell-, Vickers- und Rockwellhärte

Zugfestigkeit R _m N/mm ²	Brinellhärte		Vickershärte HV	Rockwellhärte		
	Kugel-eindruck mm d	HB		HRB	HRC	HR30N
770	4,01	228	240	98,1	20,3	41,7
785	3,97	233	245	-	21,3	42,5
800	3,92	238	250	99,5	22,2	43,4
820	3,89	242	255	-	23,1	44,2
835	3,86	247	260	(101)	24,0	45,0
850	3,82	252	265	-	24,8	45,7
865	3,78	257	270	(102)	25,6	46,4
880	3,75	261	275	-	26,4	47,2
900	3,72	266	280	(104)	27,1	47,8
915	3,69	271	285	-	27,8	48,4
930	3,66	276	290	(105)	28,5	49,0
950	3,63	280	295	-	29,2	49,7
965	3,60	285	300	-	29,8	50,2
995	3,54	295	310	-	31,0	51,3
1030	3,49	304	320	-	32,2	52,3
1060	3,43	314	330	-	33,3	53,6
1095	3,39	323	340	-	34,4	54,4
1125	3,34	333	350	-	-	55,4
1155	3,29	342	360	-	36,6	56,4
1190	3,25	352	370	-	37,7	57,4
1220	3,21	361	380	-	38,8	58,4
1255	3,17	371	390	-	39,8	59,3
1290	3,13	380	400	-	40,8	60,2
1320	3,09	390	410	-	41,8	61,1
1350	3,06	399	420	-	42,7	61,9
1385	3,02	409	430	-	43,6	62,7
1420	2,99	418	440	-	44,5	63,5
1455	2,95	428	450	-	45,3	64,3
1485	2,92	437	460	-	46,1	64,9
1520	2,89	447	470	-	46,9	65,7
1550	2,86	(456)	480	-	47,7	66,4
1595	2,83	(466)	490	-	48,4	67,1
1630	2,81	(475)	500	-	49,1	67,7

Zugfestigkeit R _m N/mm ²	Brinellhärte		Vickershärte HV	Rockwellhärte		
	Kugel-eindruck mm d	HB		HRB	HRC	HR30N
1665	2,78	(485)	510	-	49,8	68,3
1700	2,75	(494)	520	-	50,5	69,0
1740	2,73	(504)	530	-	51,1	69,5
1775	2,70	(513)	540	-	51,7	70,0
1810	2,68	(523)	550	-	52,3	70,5
1845	2,66	(532)	560	-	53,0	71,2
1880	2,63	(542)	570	-	53,6	71,7
1920	2,60	(551)	580	-	54,1	72,1
1955	2,59	(561)	590	-	54,7	72,7
1995	2,57	(570)	600	-	55,2	73,2
2030	2,54	(580)	610	-	55,7	73,7
2070	2,52	(589)	620	-	56,3	74,2
2105	2,51	(599)	630	-	56,8	74,6
2145	2,49	(608)	640	-	57,3	75,1
2180	2,47	(618)	650	-	57,8	75,5
-	-	-	660	-	58,3	75,9
-	-	-	670	-	58,8	76,4
-	-	-	680	-	59,2	76,8
-	-	-	690	-	59,7	77,2
-	-	-	700	-	60,1	77,6
-	-	-	720	-	61,0	78,4
-	-	-	740	-	61,8	79,1
-	-	-	760	-	62,5	79,7
-	-	-	780	-	63,3	80,4
-	-	-	800	-	64,0	81,1
-	-	-	820	-	64,7	81,7
-	-	-	840	-	65,3	82,2
-	-	-	860	-	65,9	82,7
-	-	-	880	-	66,4	83,1
-	-	-	900	-	67,0	83,6
-	-	-	920	-	67,5	84,0
-	-	-	940	-	68,0	84,4

Gewichtsermittlung bei einer Länge von 1m

Rund	Quadrat	Flach	Sechskant	Achtkant	Dreikant
$\frac{d \times d \times 0,62}{100}$ kg	$\frac{a \times a \times 0,79}{100}$ kg	$\frac{a \times b \times 0,79}{100}$ kg	$\frac{s \times s \times 0,68}{100}$ kg	$\frac{s \times s \times 0,65}{100}$ kg	$\frac{a \times a \times 0,34}{100}$ kg

B D	1	1,5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	16	18	20	25	30	32	40	50	56	60	70	80	100	120
6	0,06	0,07	0,10	0,14	0,19	0,24	0,28																		
8	0,08	0,10	0,14	0,19	0,25	0,32	0,38	0,50																	
10	0,08	0,12	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,62	0,80																
12	0,10	0,13	0,19	0,29	0,38	0,48	0,58	0,75	0,95	1,14															
15	0,12	0,18	0,24	0,36	0,48	0,58	0,70	0,96	1,18	1,42	1,78														
18	0,15	0,24	0,29	0,43	0,56	0,70	0,84	1,14	1,43	1,70	2,12	2,26	2,54												
20	0,16	0,27	0,32	0,48	0,62	0,78	0,94	1,26	1,58	1,88	2,36	2,54	2,94	3,34											
25	0,20	0,30	0,40	0,58	0,78	0,98	1,18	1,58	1,96	2,36	2,94	3,14	3,54	3,92	4,90										
30	0,24	0,36	0,48	0,70	0,94	1,20	1,42	1,88	2,36	2,82	3,54	3,78	4,26	4,72	5,88	7,06									
32	0,25	0,32	0,50	0,75	1,01	1,26	1,51	2,01	2,51	3,01	3,77	4,02	4,52	5,02	5,28	7,54									
35	0,27	0,40	0,54	0,82	1,10	1,36	1,64	2,20	2,74	3,30	4,12	4,39	4,93	5,48	6,86	8,24	8,78								
40	0,31	0,46	0,62	0,94	1,26	1,58	1,88	2,52	3,14	3,66	4,72	5,03	5,65	6,28	7,84	9,42	10,0	12,6							
45	0,35	0,52	0,70	1,05	1,41	1,77	2,12	2,83	3,53	4,24	5,30	5,65	6,36	7,07	8,83	10,6	11,3	14,1							
50	0,39	0,58	0,78	1,20	1,60	2,00	2,36	3,14	3,92	4,72	5,92	6,28	7,07	7,86	9,80	11,6	12,3	15,7	19,6						
60	0,47	0,70	0,92	1,42	1,88	2,36	2,82	3,66	4,72	5,66	7,06	7,54	8,48	9,42	11,6	14,1	15,3	18,9	23,3	28,2					
63	0,50	0,75	1,00	1,50	1,98	2,47	2,97	3,96	4,95	5,94	7,42	7,91	8,90	9,89	12,3	14,8	15,8	19,7	24,7	27,6	29,6				
65	0,51	0,76	1,02	1,27	2,04	2,55	3,06	4,08	5,10	6,12	7,65	8,16	9,19	10,2	12,7	15,3	16,0	20,4	25,5	30,6					
70	0,55	0,83	1,10	1,64	2,20	2,74	3,30	4,40	5,50	6,60	8,24	8,79	9,89	11,0	13,7	16,5	17,6	22,0	27,4	30,7	32,9				
75	0,60	0,90	1,20	1,76	2,36	2,94	3,54	4,72	5,88	7,06	8,84	9,42	10,6	11,8	14,7	17,7	18,9	23,7	29,4	35,3					
80	0,64	0,94	1,26	1,88	2,52	3,14	3,76	5,02	6,28	7,54	9,42	10,0	11,3	12,6	15,7	18,8	20,2	25,2	31,4	35,2	37,6	44,0	50,2		
90	0,70	1,05	1,41	2,11	2,83	3,53	4,24	5,65	7,07	9,48	10,6	11,3	12,7	14,1	17,6	21,2	22,6	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5			
100	0,80	1,10	1,60	2,36	3,14	3,90	4,72	6,28	7,86	9,42	11,8	12,6	14,1	15,7	19,7	23,5	25,6	31,4	39,2	43,9	47,1	55,0	62,8	78,5	
110	0,86	1,20	1,73	2,59	3,45	4,32	5,18	6,91	8,64	10,4	13,0	13,8	15,5	17,3	21,6	25,9	27,7	34,5	43,2	51,8	60,4	69,1	86,3		
120	0,94	1,41	1,88	2,82	3,80	4,72	5,68	7,52	9,44	11,3	14,1	15,1	17,0	18,8	23,5	28,3	30,2	37,7	47,1	56,5	65,9	75,4	94,2	115	
130	1,02	1,53	2,04	3,06	4,08	5,10	6,12	8,16	10,2	12,2	15,3	16,3	18,4	20,4	25,5	30,6	32,7	40,8	51,0	61,2	71,4	81,6	102		
150	1,18	1,77	2,36	3,54	4,72	5,88	7,06	9,42	11,8	14,1	17,7	18,8	21,2	23,6	29,4	35,3	37,6	47,1	58,9	66,0	70,6	82,4	94,2	118	
160	1,26	1,90	2,52	3,76	5,02	6,28	7,54	10,0	12,6	15,3	18,8	20,1	22,6	25,1	31,8	37,7	40,2	50,2	62,8	75,4	87,9	100	125		
180	1,41	2,10	2,82	4,22	5,60	7,08	8,48	11,4	14,1	17,3	21,7	22,6	25,4	28,8	35,5	42,4	45,3	57,6	70,6	84,7	98,9	113	141		
200	1,57	2,35	3,14	4,72	6,28	7,86	9,42	12,6	15,7	18,8	23,5	25,1	28,7	31,4	39,2	47,1	50,2	62,8	78,5	87,9	94,2	109	125	157	
250	1,92	2,88	3,94	5,88	7,86	9,82	11,8	15,7	19,6	23,6	29,4	31,4	35,3	39,3	49,0	59,0	63,0	78,5	98,1	117	137	157	196		
300	2,36	3,54	4,72	7,26	9,42	11,8	14,1	18,8	23,7	28,3	35,3	37,7	42,4	47,1	58,7	70,6	75,3	94,2	118	132	141	165	188	235	
350								23,0	27,5	33,0	41,2	44,0	49,7	55,0	68,5	82,4	87,8	110	138	165	193				
400								25,2	31,4	37,6	47,0	50,2	57,4	62,8	78,4	94,2	100	125	157	188	218	250	314		
500				17,0	21,0	25,0	33,0	41,0	48,0	61,0	65,0	73,0	81,0	100	120	128	160	200	224	240	280	320	400		

HÄRTE

Die gebräuchlichsten 100 Werkzeugstähle

Wst. Nr	DIN Euronorm Bezeichnung	AISI (Euro) BS	RICHTANALYSE											Glüh- härte Hbmax	Härte mittel	Härte Temp. °C	Erzielbare Härte Hrc			
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	Co	Ti								
1.0037	St37		0,10	0,25	0,45														UL	
1.0570	St52-3	En10025	0,18	0,50	1,50														UL	
1.0727	45S20	212M44	0,45	0,20	0,70										220				A	
1.0737	9SMnPb36	12L13	0,09		1,20										17				A	
1.1183	Cf35	(C35G)	0,36	0,30	0,70										180	O/W	850-880		V	
1.1221	D63-3	(C60E)	0,60	0,30	0,80										210	O/W	810-840		V	
1.1241	Cm50	(C50E)	0,50	0,30	0,80			0,10							230	O/W	810-850		V	
1.1545	C105W1	(C105U)	1,00	0,20	0,20										210	W	600-650	63	UL	
1.1730	C45W	SAE1045	0,45	0,30	0,70										190	W	800-830	57	UL	
1.2063	145Cr6		1,50			1,40					0,10				230	O	830-870	64	K	
1.2067	100Cr6	BL3	1,00			1,50									250	O/W	820-860	63-67	K	
1.2080	X210Cr12	D3	2,10			12,0									250	O	940-970	64	K	
1.2082	X21Cr13		0,20	0,40	0,30	13,0									200	O	960-1010	48	K	
1.2083	X42Cr13	420	0,40	0,40	0,30	13,5									230	O	1000-1050	42-58	R/KS	
1.2101	62SiMnCr4		0,64	1,10	1,10	0,60									230	O	830-860	61	KS	
1.2162	21MnCr5	5120	0,20	0,25	1,20	1,20									205	O	900-950	62	KS	
1.2210	115CrV3	L2	1,18			0,70					0,10				220	W	780-810	65	K	
1.2235	80CrV2		0,80	0,40	0,40	0,50					0,25				250	O	800-850	65	K	
1.2311	40CrMnMo7	BP20	0,35	0,30	1,00	1,60		0,40							230	O	840-860	(V) 31	KS	
1.2312	40CrMnMoS8-6	P20+S	0,40	0,30	1,50	1,90		0,20							230	O/L	840-860	(V) 31	KS	
1.2316	X36CrMo17		0,40			17,0	0,80	1,00							235	O/L	1000-1050	46-48/O 42-48/L	R/KS	
1.2323	48CrMoV6-7		0,45			1,40		0,70		0,35					230	O	930-970	55-58	W	
1.2341	X6CrMo4	P4	0,07	0,20	0,20	4,00		0,50							230	O	870-900	62	K	
1.2343	X38CrMoV5-1	H11	0,36	1,00		5,00		1,10		0,40					235	O/L	1000-1040	52-56	W	
1.2344	X40CrMoV5-1	H13	0,40	1,00		5,20		1,20		1,00					235	O/L	1020-1080	52-56	W	
1.2360	X48CrMoV8-1-1		0,55			7,50		1,40		0,15					235	O/L	1080	59	W	
1.2363	X100CrMoV5-1	A2	1,00			5,30		1,10		0,20					230	O/L	930-970	63-65	K	
1.2367	X40CrMoV5-3		0,40			5,20		2,90		0,60					235	O/L	1030-1070	50-56	W	
1.2379	X155CrVMo12-1	D2	1,55			12,0		0,70		0,80					250	O/L	1020-1050	63-65	K	
1.2380	X220CrVMo13-4	D7	2,20			13,0		1,10		3,90					250	O/L	1050-1150	62-66	K	
1.2381	73MoV5-2		0,70	1,20	0,60			0,60		0,20					230	O	840-860	54-56	K	
1.2394	X35CrMo17+S		0,40		0,70	16,5		1,10				S=0,06			300	O	800-830	48-50	R	
1.2436	X210CrW12	D6	2,10			12,0				0,70					250	O	950-980	63-65	K	
1.2510	100MnCrW4	01	0,95	0,20	1,20	0,60				0,60	0,10				230	O	780-820	63-65	K	
1.2542	45WCrV7	S1	0,45	0,90		1,00				2,00	0,20				230	O	880-920	56-59	K	
1.2550	60WCrV7	S1	0,60	0,60		1,10				3,00	0,20				230	O	870-900	58-62	K	
1.2567	X30WCrV53		0,30			2,50				4,30	0,60				240	O/L	1060-1100	48-54	W	
1.2581	X30WCrV9-3	BH21	0,30			2,70				8,40	0,60				240	O/L	1070-1140	48-52	W	
1.2601	X164CrMoV12	D2	1,60			12,0		0,60	0,60	0,30					250	O/L	980-1020	63-65	K	
1.2631	X50CrMoW9-1-1		0,50	0,90	0,50	8,30		1,20	1,20						225	O/L	1000-1040	58	K	
1.2703	74NiCr2		0,70			0,30	0,40								280	O	800-820	63		
1.2706	X3NiCoMo18-8-5		0,04					18,0	5,00			7,50	0,50						W	
1.2709	X3NiCoMoTi18-9-5		0,04					18,0	5,00			9,30	1,00						55	W
1.2711	54NiCrMoV6		0,55	0,30	0,80	1,10	1,70	0,50		0,10					240	O/L	830-900	46-57	W	
1.2713	55NiCrMoV6	L6	0,55			0,70	1,80	0,30		0,10					240	O/L	830-860	52-56	W	
1.2714	56NiCrMoV7	L6	0,55			1,10		0,50		0,10					250	O/L	830-900	50-58	W	
1.2721	50NiCr13		0,52			1,00	3,10	0,20								O/L	840-870	54-58	K/KS	
1.2726	26NiCrMoV5		0,30	0,40	0,40	0,90	1,50	0,40		0,20					240	O	840-870	44	W	
1.2738	40CrMnNiMo8-6-4		0,40	0,30	1,50	1,90	1,00	0,22							290	O/L	840-880	54	K/KS	
1.2764	X19NiCrMo4		0,20			1,30	4,00	0,20							260	O/L	800-830	54-58	K/KS	
1.2767	X45NiCrMo4	6F7	0,45			1,30	4,00	0,30							270	O/L	840-870	59-60	K	

Wst. Nr	DIN Euronorm Bezeichnung	AISI (Euro) BS	RICHTANALYSE										Glüh- härte Hbmax	Härte mittel	Härte Temp.°C	Erzielbare Härte Hrc				
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	Co	Ti								
1.2838	145V33		1,45									3,40			230	W	840-920	63-65	K	
1.2842	90MnCrV8	02	0,90	0,20	1,90	0,40						0,10			230	O	790-820	63-65	K	
1.2885	X32CrMoCoV3-3-3	BH10A	0,40	0,20	0,30	3,00		2,80				0,60	3,00		230	O	1000-1070	53-56	W	
1.2886	X15CrMoCoV10-10-5		0,15	0,20	0,20	10,0		5,00				0,60	10,0		320	O/L	1040-1100	52-54	W	
1.3202	HS12-1-4-5		1,40	0,20	0,20	4,00		0,80	12,0	4,00	5,00				260	O/L	1230-1250	63	SS	
1.3202,7	S121-4-5 (BPM15)	T15	1,55	0,35	0,31	4,50	0,13	0,80	12,0	4,90	5,00				260	O	1080-1180	63-65	PM	
1.3207	HS12-1-4-10	BT42	1,30			4,30		3,90	9,60	3,20	10,4				260	O/L	1200-1230	65-67	SS	
1.3243	HS6-5-2-5	M41	0,90			4,30		5,00		2,00	4,90				260		1180-1220	64-66	SS	
1.3247	HS2-10-1-8	M42	1,10			4,30		9,50	1,50	1,20	7,90				260	O/L	1160-1210	67-69	SS	
1.3343	HS6-5-2	M2	0,90			4,30		5,00	6,40	1,90					260		1190-1230	64-65	SS	
1.3344	HS6-5-3	M3				4,30		5,00	6,40	1,90					260	O/L	1190-1230	64-65	SS	
1.3344.9	S6-5-3 (PM23)	M4	1,33	0,35	0,31	4,20	0,13	4,20	5,90	4,20					260	O	1080-1180	63-65	PM	
1.3346	HS2-9-1	M1	0,80	0,20	0,20	4,00		9,00		1,20					300	O/L	1080-1220	64	SS	
1.3401	Gx120Mn12		1,20	0,40	12,5	0,80														
1.3505	100Cr6	E52100	1,00	0,30	0,30	1,50									220	O	830-860	63-656	K	
1.4002	X6CrAl13	405917	0,08			13,0										O/L	950-1000		R	
1.4006	X10Cr13	410	0,60	1,00	1,00	13,0										O/L	950-1000		R	
1.4016	X6Cr17	430	0,08	1,00	1,00	17,0									185				R	
1.4034	X46Cr13	420	0,45			13,0									250	O	1000-1030		R	
1.4104	X14CrMoS17	430F	0,15	1,00	1,20	17,0		0,40								O	1000-1030		R	
1.4301	X4CrNi18-10	304	0,05	1,00	1,80	18,0	9,50									180	W/L	1000-1050		R
1.4305	X8CrNiS18-9	303	0,09	1,00	1,80	18,0	9,00									180	W/L	1000-1050		R
1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	316Ti	0,06	1,00	1,80	17,0	12,0	2,20					5,00		180	W/L	1050-1100		R	
1.5752	14NiCr14	E3310	0,14	0,30	0,50	0,70	3,50									O	830-860		E	
1.5755	31NiCr14	653M31	0,31	0,30	0,60	0,80	3,50								270	O	800-850		V	
1.5860	14NiCr18	659A15	0,13	0,30	0,50	1,10	4,50									O	830-860		E	
1.5919	15CrNi16	4320	0,15	0,30	0,50	1,50	1,60									O	840-870		E	
1.5920	18CrNi8		0,18	0,30	0,50	2,00	2,00								235	O	840-870		E	
1.6358	X2NiCoMo19-9-5						18,0	5,00			9,00	0,80								
1.6511	36CrNiMo4	9840	0,36	0,30	0,70	1,10	1,10	0,20								O	830-860		V	
1.6565	40NiCrMo6	4340	0,40	0,30	0,60	1,20	1,60	0,30								O	830-860		V	
1.6570	G6-30NiCrMo8-5		0,30	0,30	0,80	1,20	2,00	0,40												
1.6580	30CrNiMo8		0,30	0,30	1,50	2,00	2,00	0,40								O	830-860		V	
1.6582	34CrNiMo6		0,34	0,30	0,50	1,50	1,50	0,20							240	O	830-860		V	
1.6587	17CrNiMo6		0,17	0,30	0,80	1,70	1,60	0,30							230				E	
1.6746	32NiCrMo14-5		0,32	0,30	0,60	1,30	3,30	0,40								O	830-860		V	
1.7015	15Cr3	5115	0,15	0,30	0,50	0,50										O/W	870-900		E	
1.7035	41Cr4	5140	0,40	0,30	0,70	0,70									240	O/W	820-860		V	
1.7131	16MnCr5	En 207	0,17	0,30	1,20	0,90									210	O/W			E	
1.7139	16MnCr55	5115	0,17	0,30	1,20	1,00										O	850-880		E	
1.7149	20MnCrS5		0,20	0,30	1,30	1,20										O	850-880		E	
1.7218	25CrMo4	4130	0,26	0,30	0,70	1,10		0,30								O	850-880		V	
1.7220	34CrMo4	4135	0,34	0,30	0,70	1,10		0,20								O	840-870		V	
1.7225	42CrMo4	4140	0,40	0,30	0,80	1,10		0,20							240	O	820-860		V	
1.7238	49CrMo4	4150	0,50	0,30	0,70	1,10		0,20							240	O/L	830-860		V	
1.7735	16CrMoV6-9		0,15	0,20	0,90	1,40		0,90		0,30					240	O/W	940-980		N	
1.8159	50CrV4	6150	0,50		1,00	1,10				0,10						O	830-860		V	
1.8507	34CrAlmo5	EN41A	0,35			1,20		0,20							240	O/W	910-940		N	
1.8519	31CrMoV9		0,30	0,30	0,60	2,50		0,20		0,20						O	850-880		N	
1.8550	34CrAlNi7		0,34			1,70	1,00	0,20								O	850-900		N	

LIEFERBARE WERKSTOFFE

A = Automatenstahl

R = Korrosionsbeständige Stähle

KS = Kunststoffformenstahl

E = Einsatzstähle

V = Vergütungsstähle

PM = Pulvermetallurgisch hergestellter Hochleistungs Schnellstahl (HSS)

Lagerware

UL = Unlegierte Stähle

K = Kaltarbeitsstahl

W = Warmarbeitsstahl

Verbesserung der Eigenschaften von Werkzeugstählen: Tiefstältebehandlung zur Verbesserung der Verschleißfestigkeit und Gefügestabilität

Durch moderne Verfahrensweisen der Wärmebehandlung hat man bis heute die Eigenschaften von Werkzeugstählen immer weiter verbessert. Ist man dabei tatsächlich schon an die Grenzen des Möglichen vorgestoßen? NEIN !

Ein neuartiges Behandlungsverfahren, welches mit tiefsten Temperaturen arbeitet, beweist, dass das Potential vieler bekannter Materialien bei Weitem noch nicht ausgeschöpft ist. **Sie haben die Möglichkeit, diese Technologie über precitec exklusiv zu beziehen.**

Das Verfahren „Freeze Cycle Processing“ (FCP)

FCP ist eine Methode zur Verbesserung der Materialeigenschaften von unterschiedlichsten Werkstoffen. Über eine lange Zeit werden die Werkstoffe dabei der extrem tiefen Temperatur von „Protadur“ ausgesetzt. Speziell die **Widerstandsfähigkeit gegenüber abrasivem Verschleiß** wird bei vielen Stählen drastisch heraufgesetzt.

Bei der FCP-Behandlung werden die Werkstoffe in einer geschlossenen prozessorgesteuerten Anlage sehr schonend, entsprechend einem abgestimmten Temperatur-Zeit-Profil gekühlt und geheizt. Dem langsamen **Herunterkühlen auf unter -180°C** folgt eine vielstündige Haltephase bei dieser Temperatur, bis über eine ebenfalls mehrstündige Heizphase wieder Raumtemperatur erreicht wird. Das Verfahren wird abgeschlossen, indem ein bis zu dreimaliger Temperzyklus folgt, der unterhalb der bekannten Anlasstemperaturen bleibt, um die vorgegebene Härte des Materials nicht zu beeinflussen.

Wirkungsmechanismen

Der Prozess wurde in den USA an verschiedenen Stellen entwickelt. Einen wesentlichen Anteil stellt hier die Forschungsarbeit der NASA dar, die das Verhalten

von Werkstoffen unter extremen Temperaturbedingungen z. B. im Weltraum (tiefkalte Flüssigtreibstoffe) untersuchte.

Beim Freeze Cycle Processing arbeitet man über einen langen Zeitraum computergesteuert und absolut trocken bei Temperaturen in der Nähe von 77 Kelvin, anders als bei dem sogenannten „Tiefkühlen“, das auf kurzes Eintauchen in sehr kalter Flüssigkeit mit Temperaturen von nur -80°C begrenzt ist.

Durch diese Behandlung im Tiefst-Temperaturbereich wird dem Material genug Zeit gegeben, um **Gitterbaufehler in den Mikrokrystallen „auszuheilen“, eine geordnetere Kristallstruktur aufzubauen und dabei eine Umwandlung der Mikrostruktur in ein gleichförmigeres, feinkörnigeres Gefüge zu erreichen.** Hier spricht man von einer Homogenisierung des Materials. Durch mehr Korngrenzen werden die inneren Bindungskräfte gesteigert und eine gleichmäßigere Struktur im gesamten Querschnitt des Materials erzielt. Bei härtbaren Stählen wird Restaustenit nahezu vollständig in Martensit umgewandelt, Kohlenstoffausscheidungen werden gleichmäßig verteilt, und es bilden sich sehr viele, ultrafeine Metallkarbid-Partikel (η-Karbide), die anstelle der vorher vorhandenen groben Karbide diffusiv im

Gefüge platziert werden. Ein langsamer, kontinuierlich gesteuerter Aufwärmzyklus bringt das Material auf Raumtemperatur zurück, so dass die grundlegende **Gleichförmigkeit der umgewandelten und stabilisierten Gefügestruktur** erhalten bleibt. Das nachfolgende Tempern sorgt für eine Gefügestabilisierung und führt diese Änderungen in einen permanenten Zustand über, sodass hier (gegenüber allen Oberflächenverfahren) eine einmalige Behandlung genügt. Am intensivsten untersucht wurde bislang die Auswirkung auf die Verschleißfestigkeit von Stählen. Hier ergibt sich ein Bild der starken Abhängigkeit von Legierungsbestandteilen, wobei höher legierte Stähle besser reagieren als niedrig legierte Stähle. Eine Verbesserung der Verschleißfestigkeit um 30% ist erreichbar.

Positive Resultate

FCP-behandelte Materialien haben ein **dichteres Gefüge** und erreichen eine höhere Standfestigkeit (keine größere Härte). **Bruchempfindlichkeit und Verschleiß werden drastisch reduziert.** Das Resultat sind längere Standzeiten, geringerer Wartungsaufwand, reduzierte Stillstandszeiten und eine Erhöhung der Produktionsleistung. Verbesserte Wärmeleitfähigkeit sorgt dafür, dass bei spanenden Werk-

zeugen Spitzentemperaturen geringfügig abgesenkt werden, ein Effekt, der auch bei manchen Beschichtungen die Schneidentemperatur günstig beeinflusst. **Besonders bei der Bearbeitung von „problematischen“ Materialien, wie hochfeste oder korrosionsbeständige Stähle und Luftfahrt-Al-Legierungen, beobachten wir erheblich gesteigerte Einsatzzeiten.** Durch die Steigerung der Zähigkeit des Materials nimmt die Neigung zum Kantenbruch stark ab und bei Beschichtungen wird die Schichthaftung spürbar erhöht.

Beim Tieflochbohren werden bei namhaften deutschen Automobilherstellern kältebehandelte Bohrer eingesetzt, da diese erheblich seltener brechen. Auch Motorblöcke und Getriebeteile werden behandelt, wodurch Material eingespart und Restspannungen im Material beseitigt werden. Die Gefahr von Verzug durch Temperatureinflüsse in der Kaltstartphase wird geringer und die Lebensdauer erhöht.

Einsatzgebiete

FCP wird zwar am häufigsten zur Verbesserung von Werkzeugstählen benutzt, ist aber ein **universelles Verfahren, da Mechanismen wie das Ausheilen von Gitterbaufehlern bei (fast) allen technischen Materialien wirken.** Daher liegt der größte Teil der Anwendungen bei allen Werkzeugen, die Schneiden, Bohren, Räumen oder in anderer Form Zerspanen. Auch Vollhartmetallwerkzeuge (VHM) können in ähnlicher Weise verbessert werden. Die typischen Einsatzzeiten der Werkzeuge können meist um das 2- bis 3-fache gesteigert werden. **Gleiches gilt für die höherlegierten Stähle, für Schmiedesenke und Spritzgussformen.**

Fahrzeughersteller und Unternehmen aus der LuR setzen diese Technologie seit 2010 gezielt ein, um entscheidende technologische Baugruppen für z.B. Motoren und Getriebe zu verbessern.

Kosteneinsparungen

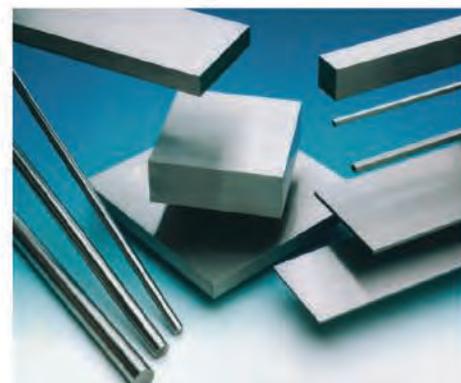
Durch die Reduzierung von Stillstandzeiten durch verschleißbedingten Werkzeugwechsel wird eine unmittelbare Einsparung bei der Produktion von Massenstanzteilen erzielt. **Mit Stanzwerkzeugen aus 1.2379 oder 1.3343 konnten nach der Kältebehandlung oftmals 3- bis 5-fache Stückzahlen gefertigt werden** bis turnusmäßiges Schleifen notwendig wurde. Eine langfristige, finanzielle Entlastung des Werkzeugbaus entsteht durch weniger Schleifzyklen und die längere Lebensdauer der Werkzeuge.

Wann kann das Verfahren angewendet werden?

FCP ist eine Nachbehandlung, die erst nach dem normalen Härteprozess durchgeführt wird. Daher kann sie bei allen bestehenden und auch alten Werkzeugen durchgeführt werden, sofern die verwendeten Materialien und deren Wärmebehandlung bekannt sind. Der Erfolg stellt sich nach dem ersten Nachschleifen von neuen Werkzeugen ein. Daher ist es sinnvoll, neue und alte Werkzeuge erst nach der Kältebehandlung zu schärfen, um die superfine Schneidkante zu erhalten, die die verbesserte Leistung erbringen kann.

Precitec verfügt hier über ein umfassendes Erfahrungswissen, in welchen Bereichen diese Technologie einsetzbar ist. Bitte fragen Sie uns. Gerne erstellen wir Ihnen ein Angebot

Erodierzubehör Werkzeugstahl Stammformen Endoskope



precitec gmbh



Präzisionsverschleißteile aus Japan & der Schweiz

Präzisions-Lupen, Endoskopie-Technik,
auch tageweise zu mieten !

precitec gmbh

Seestraße 35
D - 14974 Ludwigsfelde / Berlin

Telefon: 03378 / 2000 - 168
Fax: 03378 / 2000 - 169
E-Mail: info@precitec-gmbh.de
www.precitec-gmbh.de

precitec science
Forschung Entwicklung Beratung

Freeze Cycle Processing
Tiefstkälte-Technologie zur
Werkstoffvergütung

precitec gmbh

Technische Produkte
Seestraße 35
14974 Ludwigsfelde / Berlin

Tel.: 03378 / 2000 -168
Fax: 03378 / 2000 - 169
E-Mail: info@precitec-gmbh.de

www.precitec-gmbh.de