



W403

WARMARBEITSSTAHL
HOT WORK TOOL STEEL

BÖHLER W403

VMR[®]



HOT WORK
TOOL STEEL

LEBENSDAUERERHÖHUNG DURCH HÖCHSTE REINHEIT UND HOMOGENITÄT

SERVICE LIFE INCREASE THROUGH HIGHER WORKING HARDNESS

Eine Verringerung von Produktionskosten wird neben anderen Faktoren wesentlich von langen Werkzeugstandzeiten und niedrigen Instandhaltungs- und Stillstandskosten beeinflusst. Erreichbar ist dies in der Praxis mit Werkzeugwerkstoffen, welche beispielsweise durch höchste **Homogenität** und **Mikroreinheit** eine wesentliche Verzögerung bei der Brandrissbildung bewirken.

Zusätzlich kann unter Ausnutzung eines hohen **Zähigkeitspotenzials** bzw. der hohen **thermischen Stabilität** bei einzelnen Anwendungen eine gravierende Verbesserung der Werkzeuglebensdauer erzielt werden. Aufgrund des Einsatzes derartig angepasster Werkzeugwerkstoffe ergeben sich für den Anwender neben der **höheren Werkzeuglebensdauer** noch eine Reihe von zusätzlichen Vorteilen durch beispielsweise:

- Höhere Werkzeuglebensdauer
- Weniger Werkzeuge
- Weniger Werkzeugwechsel
- Geringerer Reparaturaufwand
- Längere Einsatzzyklen zwischen den Werkzeugreparaturen

*The most important factors, among others, which can result in a lowering of production costs are a long tool life and low maintenance and stand still costs. This is achieved in practice by using tool materials which, for example, are highly **homogenous** and have a high **micro-cleanliness**, causing a significant delay in the onset of heat checking.*

*In addition, tool life can be dramatically increased in some applications by taking advantage of high **thermal stability** or **inherent toughness**. Along with **longer tool life**, using these modified tool materials gives users numerous supplementary benefits arising from the following factors:*

- *Longer tool life*
- *Less tools*
- *Fewer tool changes*
- *Lower repair costs*
- *Longer cycle times between tool repairs*

Werkstoffeigenschaften

Material properties

BÖHLER Marke <i>BÖHLER grade</i>	Warmfestigkeit <i>High temperature strength</i>	Warmzähigkeit (kleines Werkzeug) <i>High temperature toughness (small tool)</i>	Zähigkeit im Werkzeug (großes Werkzeug) <i>Toughness in tool (big tool)</i>	Bearbeitbarkeit <i>Machinability</i>
BÖHLER W300 ISODISC®	★★	★★★	★★	★★★★★
BÖHLER W300 ISOBLOC®	★★	★★★★	★★★	★★★★★
BÖHLER W302 ISODISC®	★★★	★★★	★★	★★★★★
BÖHLER W302 ISOBLOC®	★★★	★★★★	★★★	★★★★★
BÖHLER W303 ISODISC®	★★★★	★★★	★★	★★★★★
BÖHLER W350 ISOBLOC®	★★★	★★★★	★★★★	★★★★★
BÖHLER W360 ISOBLOC®	★★★★★	★★★★	★★★	★★★★★
BÖHLER W400 VMR®	★★	★★★★★	★★★	★★★★
BÖHLER W403 VMR®	★★★★	★★★★	★★★	★★★★

Qualitätsmerkmale

Die hervorragenden Eigenschaften des Stahles BÖHLER W403 VMR sind neben einer adaptierten chemischen Zusammensetzung von folgenden technologisch abgestimmten Verfahrensschritten abhängig:

- Durch die Auswahl hochreiner Schmelzeinsatzstoffe
- Durch ein Umschmelzen unter Vakuum (VMR)
- Durch optimalste Verfahrensschritte bezüglich Diffusions- und Strukturbehandlung
- Sowie eine abschließende Sonderwärmebehandlung zur Einstellung eines ausgezeichneten Glühzustandes.

Quality characteristics

The outstanding properties of BÖHLER's tool steel W403 VMR are dependant not only on a modified chemical composition, but also on the following technologically optimised production steps:

- Selection of highly clean raw materials for melting
- Remelting under vacuum (VMR)
- Optimised diffusion annealing and structural treatment
- Final, special heat treatment for an excellent annealed condition.

	ISODISC®	ISOBLOC®	VMR®
Erschmelzung <i>Melting</i>	ELBO + VD EAF + VD	ELBO + VD EAF + VD	ELBO + VD EAF + VD
Umschmelzung <i>Remelting</i>	-	ESU / ESR	VLBO / VAR
Strukturbehandlung <i>Structural treatment</i>	ja / yes	ja / yes	ja / yes
Sonder-Wärmebehandlung <i>Special heat treatment</i>	ja / yes	ja / yes	ja / yes

Eigenschaften

Aufgrund einer ausgewogenen Kombination von chemischer Zusammensetzung und Verfahrensschritten werden für BÖHLER W403 VMR optimale Werkstoffeigenschaften eingestellt:

- Günstigste Makro- und Mikrostruktur mit geringstem Seigerungsverhalten
- Niedrigste Gasgehalte
- Niedrigste Gehalte an unerwünschten Spurenelementen
- Ausgezeichnete Homogenität und Isotropie
- Höchster Reinheitsgrad
- Gute Zähigkeit
- Beste Polierbarkeit
- Beste Brandrissbeständigkeit (Beständigkeit gegen thermische Ermüdung)
- Sehr hohe thermische Stabilität

Properties

Due to the balanced combination of a modified chemical composition and an optimised processing route, optimum material properties have been achieved in BÖHLER W403 VMR:

- *Good macro- and microstructure with lowest levels of segregation*
- *Lowest gas contents*
- *Lowest levels of unwanted trace elements*
- *Excellent homogeneity and isotropy*
- *Highest degree of cleanliness*
- *Good toughness*
- *Best polishability*
- *Best heat checking resistance (resistance to thermal fatigue)*
- *Very high thermal stability*

Verwendung

Hochbeanspruchte Warmarbeitswerkzeuge, vornehmlich zur Verarbeitung von Leichtmetalllegierungen, wie Pressdorne, Pressmatrizen und Blockaufnehmer für das Metallrohr- und Strangpressen, Warmfließpresswerkzeuge, Werkzeuge für die Hohlkörperfertigung, Werkzeuge für die Schrauben-, Mutter-, Nieten- und Bolzenerzeugung. Druckgießwerkzeuge, Formteilpressgesenke, Gesenkeinsätze, Warmscherenmesser, Kunststoffformen.

Application

Heavy duty hot work tools and dies, mainly for light alloy processing: mandrels, dies, and containers for metal tube and rod extrusion; hot extrusion equipment; tools and dies for the manufacture of hollow bodies, screws, rivets, nuts and bolts. Die casting equipment, forming dies, die inserts, hot shear blades, and plastic moulding dies.

BOHLER Marke BOHLER grade	Chemische Zusammensetzung (Anhaltswerte in %) / Chemical composition (Average in %)					
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
BOHLER W403 VMR	0.38	0.20	0.25	5.00	2.80	0.65

Normen / Standards		
EN / DIN ~ 1.2367 ~ X38CrMoV5-3	AFNOR ~ Z38CDV5-3	NADCA Grade C

Analyse: Patentrechtlich geschützter Stahl

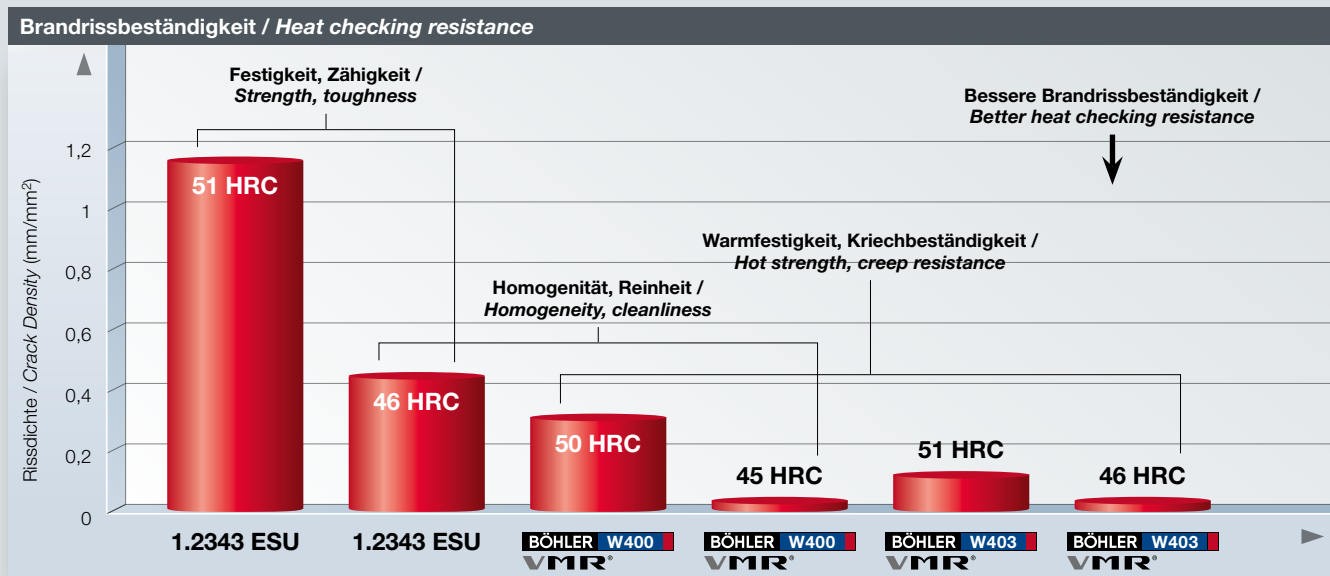
Analysis: patent protected steel

Herausragende Brandrissbeständigkeit durch besondere Herstelltechnologie

Ein Vergleich unterschiedlicher hochwertiger Warmarbeitsstähle zeigt, dass die Legierungslage des Stahles BÖHLER W403 VMR in Kombination mit Vakuumumschmelztechnologie die beste Brandrissbeständigkeit bzw. thermische Ermüdungsfestigkeit ergibt. Bestätigt wird das durch zahlreiche erfolgreiche Anwendungsfälle in der Praxis und auch mit wissenschaftlichen Methoden, wie z.B. mittels Laser-Pulsversuchen.

Special manufacturing technology yields outstanding heat checking resistance

A comparison of various high-grade hot work steels shows that the alloy composition of BÖHLER W403 VMR steel in combination with vacuum melt technology yields the best heat checking resistance or thermal fatigue strength. This has been confirmed by numerous practical application cases as well as scientific methods, including laser pulse tests.



Rissdichte in Laser Pulsversuchen mit unterschiedlichen Werkstoffen und Vergützuständen:

Puls-Energie: 1444 J
Puls-Zyklus: 2 / 5 / 2 ... sek.
Oberflächentemperatur: 580 – 600 °C
Hintergrund: 180 °C

Crack density in laser pulse tests with various materials and annealing states:

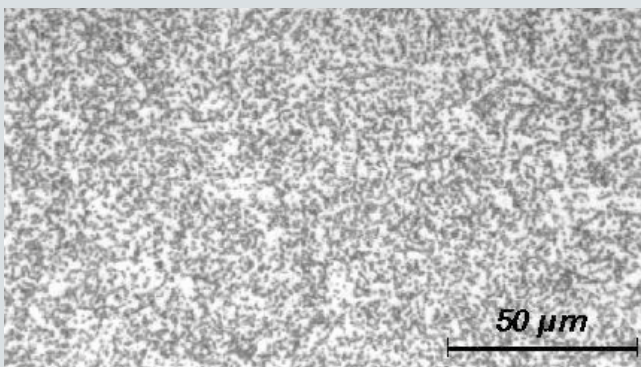
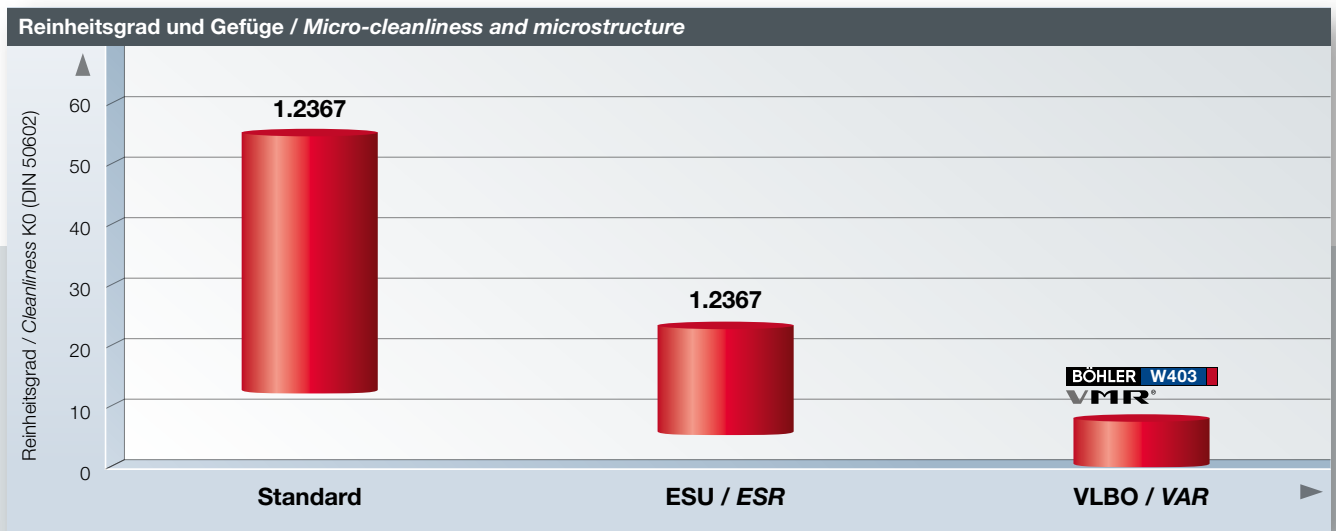
Pulse energy: 1,444 J
Pulse cycle: 2 / 5 / 2 ... s
Surface temperature: 580 – 600 °C
Background: 180 °C

Ein Überblick über erzielbare Reinheitsgrade in Abhängigkeit von Werkstoffgüte und Herstellungsverfahren zeigt, dass mit BÖHLER W403 VMR Reinheitsgradwerte erzielbar sind, wie sie üblicherweise nur für Luft- und Raumfahrt gefordert werden. Demzufolge können auch mit der ISODISC- und ISO-BLOC-Güte teilweise Werte um 10 bzw. 5 nach DIN 50602/ K0 erzielt werden, bei BÖHLER W403 VMR ist ein K0-Wert von 5 je doch bereits der Maximalwert in der Bandbreite.

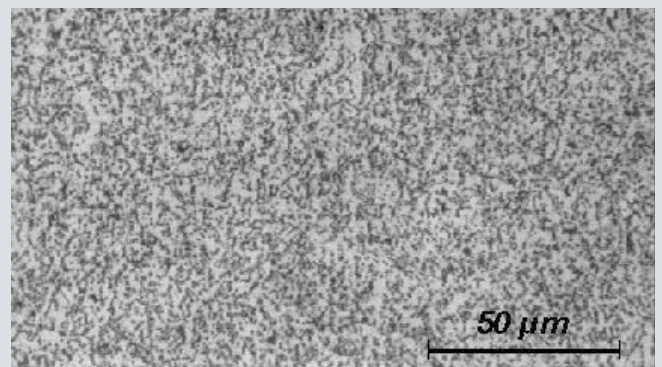
Gleichzeitig zeigt das vorliegende Gefügebild die ausgezeichnete Homogenität des durch die Herstellungsrouten über VLBO erreichbaren Gefügestandes.

The summary of the micro-cleanliness levels of various qualities manufactured by different routes shows that BÖHLER W403 VMR has a micro-cleanliness level comparable to that which is generally only demanded by the aerospace industry. Values of around 10 or 5 according to the German standard DIN 50602/K0, can also be achieved for the ISODISC and ISOBLOC qualities respectively. For BÖHLER W403 VMR however a K0-value of 5 is the maximum value in the scatter band.

The micrographs reproduced here show the excellent homogeneity of the microstructure achieved by manufacturing via VAR.



Gefüge nach dem Weichglühen – Standardqualität /
Microstructure after soft annealing – Standard quality



Gefüge nach dem Weichglühen – VMR (VLBO)-Qualität /
Microstructure after soft annealing – VMR (VAR) quality

Die Gefüge- und Mikrohomogenitätsbeurteilung von Warmarbeitsstahl wird nach dem aktuellen STAHL-EISEN-Prüfblatt SEP 1614 (September 1996) oder nach der NADCA-Norm durch geführt.

The evaluation of microstructure and micro-segregation of hot work tool steels is carried out according to the current STAHL-EISEN-Prüfblatt SEP 1614 (September 1996) or according to the NADCA specification.

Lieferzustand

Weichgeglüht **max. 205 HB**

Wärmebehandlung

Weichglühen:

800 bis 850 °C

Geregelte langsame Ofenabkühlung mit 10 bis 20 °C/h bis ca. 600 °C, weitere Abkühlung in Luft.

Condition of delivery

Annealed **max. 205 HB**

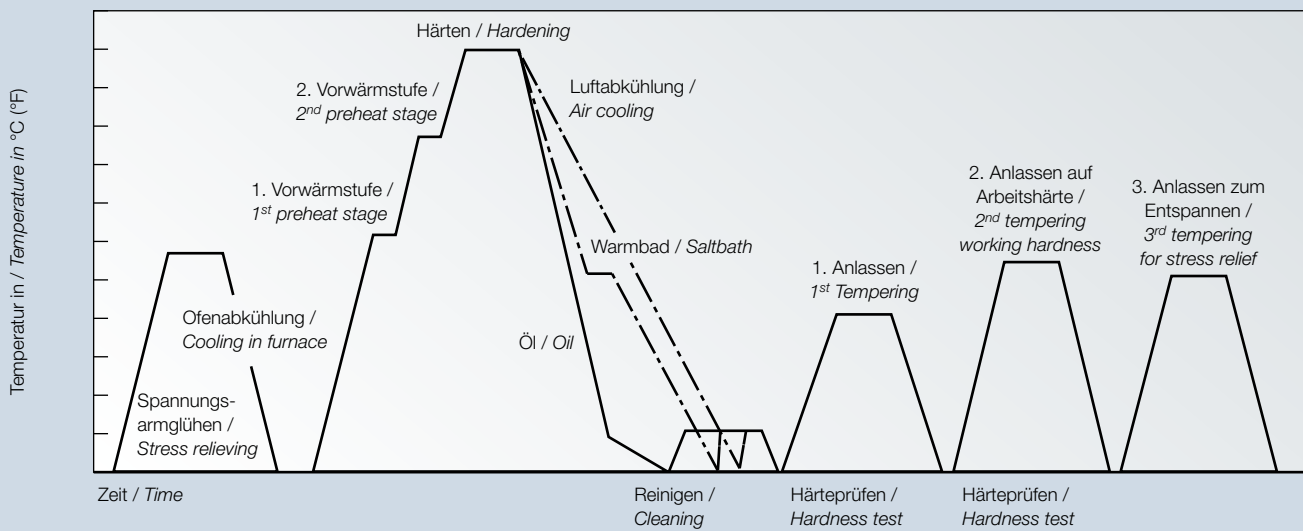
Heat treatment

Annealing:

800 to 850 °C (1470 to 1560 °F)

Slow controlled cooling in furnace at a rate of 10 to 20 °C/hr (50 to 68 °F/hr) down to approx. 600 °C (1110 °F), further cooling in air.

Wärmebehandlungsschema / Heat treatment sequence



Spannungsarmglühen

600 bis 650 °C

Langsame Ofenabkühlung.

Zum Spannungsabbau nach umfangreicher Zerspanung oder bei komplizierten Werkzeugen. Haltedauer nach vollständiger Durchwärmung 1 – 2 Stunden (in neutraler Atmosphäre.)

Stress relieving

600 to 650 °C (1110 to 1200 °F)

Slow cooling in furnace.

To relieve stresses caused by extensive machining, or for complex shapes. Soak for 1 – 2 hours after temperature equalisation (in neutral atmosphere).

Härten

1020 bis 1030 °C

Öl, Warmbad (500 – 550 °C), Luft oder Vakuum mit Gasabschreckung. Haltedauer nach vollständigem Durchwärmen: 15 bis 30 Minuten.

Erzielbare Härte:

52 – 54 HRC bei Öl- oder Warmbadhärtung;

50 – 53 HRC bei Luft- oder Vakuumhärtung.

Zur Vermeidung einer Kornvergrößerung ist unbedingt die empfohlene Härtetemperatur von 1020 – 1030 °C einzuhalten.

Hardening

1020 to 1030 °C (1870 to 1885 °F)

Oil, salt bath (500 – 550 °C [930 – 1020 °F]), air or vacuum with gas quenching. Holding time after temperature equalization: 15 to 30 minutes.

Obtainable hardness:

52 – 54 HRC in oil or salt bath hardening,

50 – 53 HRC in air or vacuum hardening.

In order to prevent coarsening of the grain, hardening must be carried out at the recommended temperature of 1020 – 1030 °C (1870 – 1885 °F).

Anlassen

Langsames Erwärmen auf Anlasstemperatur unmittelbar nach dem Härten/Verweildauer im Ofen 1 Stunde je 20 mm Werkstückdicke, jedoch mindestens 2 Stunden/Luftabkühlung. Es wird empfohlen mindestens zweimal anzulassen. Ein drittes Anlassen zum Entspannen ist vorteilhaft.

1. Anlassen ca. 30 °C oberhalb des Sekundärhärtemaximums.
2. Anlassen auf Arbeitshärte. Richtwerte für die erreichbare Härte nach dem Anlassen bitten wir dem Anlassschaubild zu entnehmen.
3. Anlassen zum Entspannen 30 bis 50 °C unter der höchsten Anlasstemperatur.

Tempering

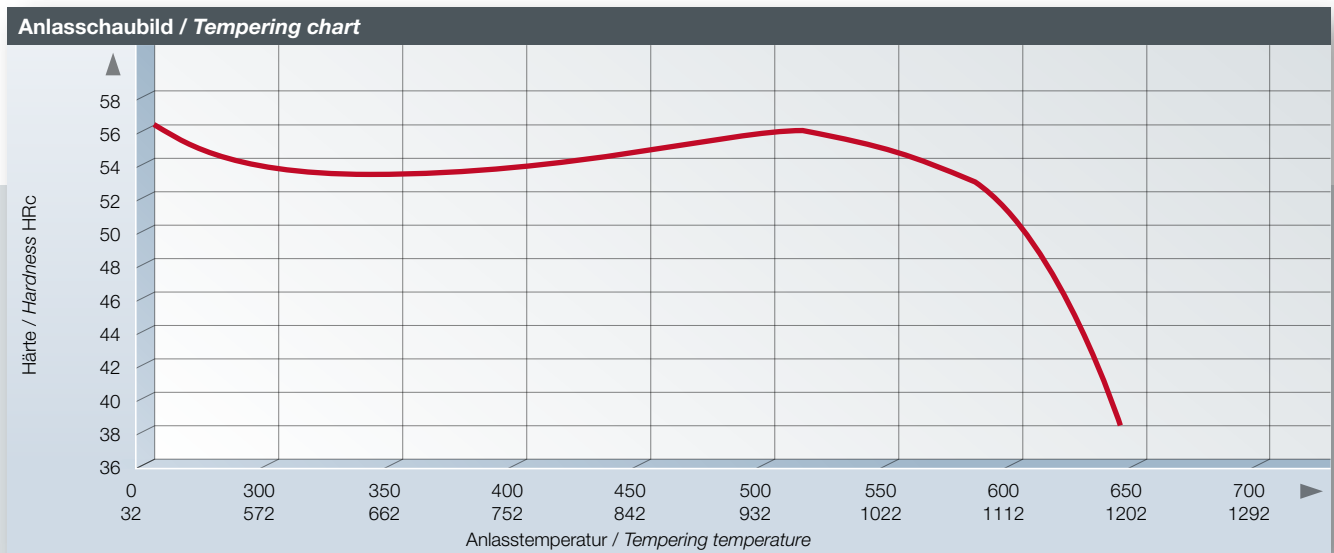
Slow heating to tempering temperature immediately after hardening/time in furnace 1 hour for each 20 mm (0.79 inch) of workpiece thickness but at least 2 hours/cooling in air. It is recommended to temper at least twice.

A third tempering cycle for the purpose of stress relieving may be advantageous.

1st tempering approx. 30 °C (85 °F) above maximum secondary hardness.

2nd tempering to desired working hardness. The tempering chart shows average tempered hardness values.

3rd for stress relieving at a temperature 30 to 50 °C (85 – 120 °F) below highest tempering temperature.



Härtetemperatur: 1030 °C
Probenquerschnitt: Vkt. 20 mm

Hardening temperature: 1030 °C (1886 °F)
Specimen size: square 20 mm (0.79 inch)

Oberflächenbehandlung

Nitrieren

Für Bad-, Gas- und Plasmanitrierung geeignet.

Reparaturschweißen

Die Gefahr von Rissen bei Schweißarbeiten ist, wie allgemein bei Werkzeugstählen, vorhanden. Sollte ein Schweißen unbedingt erforderlich sein, bitten wir Sie, die Richtlinien Ihres Schweißzusatzwerkstoffherstellers zu beachten.

Surface treatment

Nitriding

Suited for bath, gas and plasma nitriding.

Repair welding

There is a general tendency for tool steels to develop cracks after welding. If welding cannot be avoided, the instructions of the appropriate welding electrode manufacturer should be sought and followed.

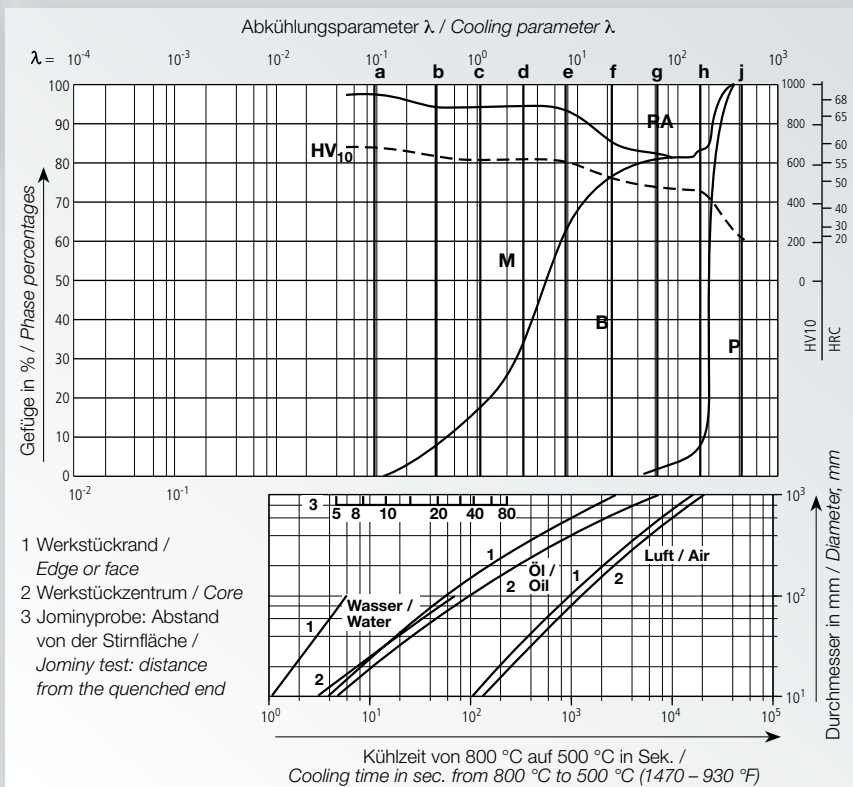
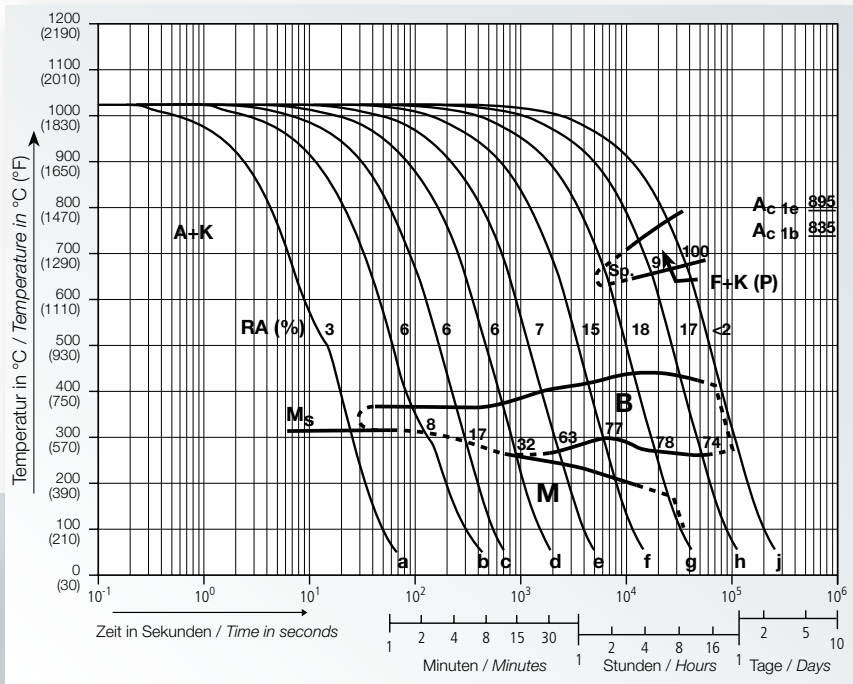
Chemische Zusammensetzung (Anhaltswerte in %) / Chemical composition (average %)						
C	Si	Mn	Cr	Mo	V	
0,37	0,22	0,20	4,80	2,80	0,62	

ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung / Continuous cooling CCT curves

Austenitisierungstemperatur: 1025 °C
 Haltedauer: 15 Minuten
 686 ... 234 Härte in HV
 1 ... 100 Gefügeanteile in %
 0,1 ... 400 Abkühlungsparameter, d. h. Abkühlungsdauer von 800 – 500 °C in $s \times 10^{-2}$

Austenitizing temperature: 1025 °C (1880 °F)
 Holding time: 15 minutes
 686 ... 234 Vickers hardness
 1 ... 100 phase percentages
 0,1 ... 400 cooling parameter, i.e. duration of cooling from 800 – 500 °C (1470 – 930 °F) in $s \times 10^{-2}$

Probe / Sample	λ	HV ₁₀
a	0,1	686
b	0,4	643
c	1,1	619
d	3	624
e	8	615
f	23	529
g	65	494
h	180	465
j	400	234



Gefügemengenschaubild / Quantitative phase diagram

- A Austenit / Austenite
- B Bainit / Bainite
- F Ferrit / Ferrite
- K Karbid / Carbide
- M Martensit / Martensite
- P Perlit / Perlite
- RA Restaustenit / Retained austenite

- 1 Werkstückrand / Edge or face
- 2 Werkstückzentrum / Core
- 3 Jominyprobe: Abstand von der Stirnfläche / Jominy test: distance from the quenched end

BEARBEITUNGSHINWEISE

MACHINING RECOMMENDATIONS

Zerspanung* Type of machining*		Schneidstoff ¹ Tool material ¹	Schnittgeschwindigkeit Cutting speed	Vorschub mm/U Feed mm/rev.	Spantiefe Depth of cut	Bearbeitung mit Working with
Drehen Turning	Vorschruppen Pre-roughing	P35 ¹	60 m/min (195 f.p.m)	1,0 (0.0039 inch/rev.)	14 mm (0.55 inch)	Kühlschmiermittel cooling lubricant
	Schruppen Roughing	P25 ¹	90 m/min (295 f.p.m)	0,8 (0.0031 inch/rev.)	8 mm (0.31 inch)	Kühlschmiermittel cooling lubricant
	Schruppen Roughing	P15 ¹	140 m/min (460 f.p.m)	0,3 (0.0012 inch/rev.)	2 mm (0.08 inch)	Kühlschmiermittel cooling lubricant
Fräsen Milling	Schruppen Roughing	P25 ¹	90 m/min (295 f.p.m)	0,15 mm (0.0006 inch) Zahn / tooth	5 mm (0.20 inch)	Trocken / Druckluft dry / compressed air
	Schlichten Finishing	P25 ¹	110 m/min (360 f.p.m)	0,10 mm (0.0004 inch) Zahn / tooth	1 mm (0.04 inch)	Trocken / Druckluft dry / compressed air
Bohren Drilling		HSS	14 m/min (45 f.p.m)	0,16 mm (0.0006 inch) Zahn / tooth	nach Werkzeug depending on tool	Kühlschmiermittel cooling lubricant
	D = 40 – 80 mm (1.6 – 3.2 inch)	P25 ¹	80 m/min (260 f.p.m)	0,17 (0.0007 inch/rev.)	–	Kühlschmiermittel cooling lubricant
	D = 20 – 40 mm (0.8 – 1.6 inch)	P25 ¹	80 m/min (260 f.p.m)	0,12 (0.0005 inch/rev.)	–	Kühlschmiermittel cooling lubricant
	D = 0 – 20 mm (0 – 0.8 inch)	K20	50 m/min (165 f.p.m)	0,10 (0.0004 inch/rev.)	–	Kühlschmiermittel cooling lubricant

¹⁾ für geglähtes Material

¹⁾ Schneidstoff mit jeweils mehrlagiger Beschichtung

¹⁾ for annealed material

¹⁾ Tools with multi-layer coating

HSC-Bearbeitung** High Speed Cutting**	Werkzeug Tool	Schnittgeschwindigkeit Cutting speed	Vorschub Feed	Spantiefe Depth of cut	Schmierung Lubricant
Schruppen Roughing	Wendeplattenfräser Milling cutter with indexable inserts d = 15 / r = 3,5	450 m/min (1475 f.p.m)	0,2 mm (0.0008 inch) Zahn / tooth	0,4 mm (0.016 inch)	Trocken dry
Vorschlichten Pre-finishing	HM-Kugelfräser Solid carbide milling cutter (TiAlN) d8	400 m/min (1310 f.p.m)	0,2 mm (0.0008 inch) Zahn / tooth	0,5 mm (0.020 inch)	Ölnebel oil-mist
Schlichten Finishing	HM-Kugelfräser Solid carbide milling cutter (TiAlN) d6	420 m/min (1380 f.p.m)	0,12 mm (0.0005 inch) Zahn / tooth	0,15 mm (0.006 inch)	Ölnebel oil-mist

** bei einer Arbeitshärte von ~45 HRc

** For a working hardness of approx. 45 HRc

Um optimale Zerspanungsparameter zu erreichen, bitten wir Sie um Rücksprache mit Ihrem Zerspanungswerkzeuglieferanten.

Optimum machining parameters can only be obtained in consultation with the appropriate machine tool manufacturer.

Physikalische Eigenschaften / Physical properties

Zustand: vergütet (Richtwerte) / Condition: hardened and tempered (average values)

Dichte bei / Density at

20 °C (68 °F)	7,85 kg/dm ³	(0.284 lbs/in ³)
500 °C (930 °F)	7,69 kg/dm ³	(0.278 lbs/in ³)
600 °C (1110 °F)	7,66 kg/dm ³	(0.277 lbs/in ³)

Spezifische Wärme bei / Specific heat at

20 °C (68 °F)	470 J/(kg.K)	(112 Btu/lb °F)
500 °C (930 °F)	670 J/(kg.K)	(160 Btu/lb °F)
600 °C (1110 °F)	740 J/(kg.K)	(177 Btu/lb °F)

Elastizitätsmodul bei / Modulus of elasticity at

20 °C (68 °F)	211,4 x 10 ³ N/mm ²	(30.6 x 10 ⁶ psi)
500 °C (930 °F)	177,7 x 10 ³ N/mm ²	(25.8 x 10 ⁶ psi)
600 °C (1110 °F)	166,2 x 10 ³ N/mm ²	(24.1 x 10 ⁶ psi)

Wärmeausdehnung zwischen 20 °C und ... °C / Thermal expansion between 20 °C (68 °F) and ... °C (°F)

100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	
10,63	10,83	12,00	12,92	14,13	14,34	10 ⁻⁶ m/(m.K)
212 °F	392 °F	572 °F	752 °F	932 °F	1112 °F	
5.9	6.0	6.7	7.2	7.9	8.0	10 ⁻⁶ in/in °F

Wärmeleitfähigkeit bei / Thermal conductivity at

20 °C	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	
29,8	31,5	32,4	32,6	32,1	30,9	30,1	in W/(m.K)
68 °F	212 °F	392 °F	572 °F	752 °F	932 °F	1112 °F	
17.2	18.2	18.7	18.8	18.6	17.9	17.4	Btu/ in/ft ² h°F

Für Anwendungen und Verarbeitungsschritte, die in der Produktbeschreibung nicht ausdrücklich erwähnt sind, ist in jedem Einzelfall Rücksprache zu halten.

As regards applications and processing steps that are not expressly mentioned in this product description/data sheet, the customer shall in each individual case be required to consult us.



SPECIAL STEEL FOR THE WORLD'S TOP PERFORMERS

Überreicht durch: _____

Your partner:

BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG

Mariazeller Straße 25

A-8605 Kapfenberg/Austria

Phone: +43-3862-20-71 81

Fax: +43-3862-20-75 76

E-Mail: info@bohler-edelstahl.at

www.bohler-edelstahl.com



Die Angaben in diesem Prospekt sind unverbindlich und gelten als nicht zugesagt; sie dienen vielmehr nur der allgemeinen Information. Diese Angaben sind nur dann verbindlich, wenn sie in einem mit uns abgeschlossenen Vertrag ausdrücklich zur Bedingung gemacht werden. Messdaten sind Laborwerte und können von Praxisanalysen abweichen. Bei der Herstellung unserer Produkte werden keine gesundheits- oder ozonschädigenden Substanzen verwendet.

The data contained in this brochure is merely for general information and therefore shall not be binding on the company. We may be bound only through a contract explicitly stipulating such data as binding. Measurement data are laboratory values and can deviate from practical analyses. The manufacture of our products does not involve the use of substances detrimental to health or to the ozone layer.

W403 DE - 12.2015 - 1.000 CD - NOS