



W403



BÖHLER W403
VMR®

ローラーの熱間金型用鋼

W403 VMR

HOT WORK TOOL STEEL

BÖHLER W403 VMR®

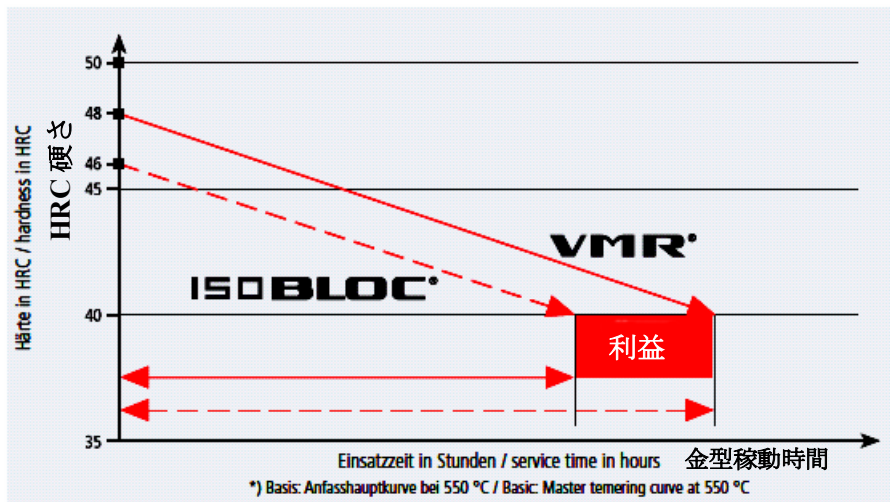
製品コスト削減のために最も重要なことは、金型寿命を長くすることと金型維持費の低減です。高い清浄度と均質性を持った材料を金型に採用することは、ヒートチェックの発生を著しく遅らせることが可能で、金型寿命向上や金型維持費の低減を共に達成することができます。

又、金型の使用時の硬さを高めることにより金型寿命を高めることができます。

このような特徴をもった工具鋼を採用することは金型寿命の向上の他に下記の利点があります。

- 金型製作数の削減
- 金型交換回数削減
- 修理補修の低減
- 金型使用時間の向上

(金型寿命の改善と利益の概念図)



BOHLER熱間工具鋼の特性比較

BOHLER 製品名	相当規格	熱間強度	高温靱性	熱間摩耗	加工性・被削性
BÖHLER W100	SKD 5				
BÖHLER W300	SKD 6				
BÖHLER W302	SKD61				
BÖHLER W303	EN 1.2367				
BÖHLER W320	SKD7				
BÖHLER W321	EN 1.2885				
BÖHLER W400 VMR	SKD6				
BÖHLER W403 VMR					
BÖHLER W500					
BÖHLER W705					

BÖHLER W403 VMR®

W403の特徴

BOHLERの新開発の工具鋼W403 VMRの特性は成分調整ばかりではなく、次のようなBOHLERの最新の製造工程によって生み出されます。

- ・厳選された清浄度の高い原材料
- ・真空再溶解工程
- ・均一な組織を達成するソーキング処理
- ・良好な焼きなまし組織を得るための特別熱処理

BOHLERの品質スタンダード

	ISODISC®	ISOBLOC®	VMR®
製鋼工程	ELBO + VD EAF + VD	ELBO + VD EAF + VD	ELBO + VD EAF + VD
再溶解	-	ESU / ESR	VLBO / VAR
特殊組織調整	ja / yes	ja / yes	ja / yes
特殊熱処理	ja / yes	ja / yes	ja / yes

BOHLERの最適な成分調整と最新の製造工程により、**W403 VMR**は下記のようなさまざまなメリットをお客様に提供することができるようになりました。

- ・偏析を極度に抑えたマクロ組織とマイクロ組織
- ・最小限度まで低下させたガス含有量
- ・最小限度まで低減させた不純物成分
- ・優れた組織均一性と方向性
- ・最高の清浄度
- ・ベストの強靭性
- ・ベストの鏡面性
- ・最小限の熱変形
- ・良好な加工性・被削性
- ・金型寿命を向上させる高い使用硬さ（熱間耐摩耗性—小 熱間強度—大）

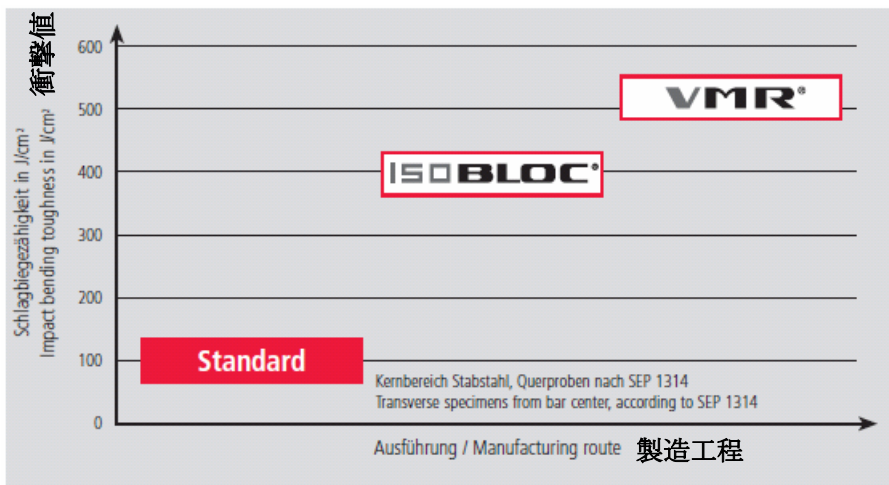
使用例

強い負荷のかかる熱間工具、金型。主として軽合金加工のためのマンドレル、金型。金属パイプおよびロッド押し出し用コンテナ。熱間押し出し金型。中空品、スクリュー、リベット、ボルト、ナット製造用金型類。ダイカスト金型および工具、熱間及び温間鍛造金型、中子、熱間シャープブレード、プラスチック金型

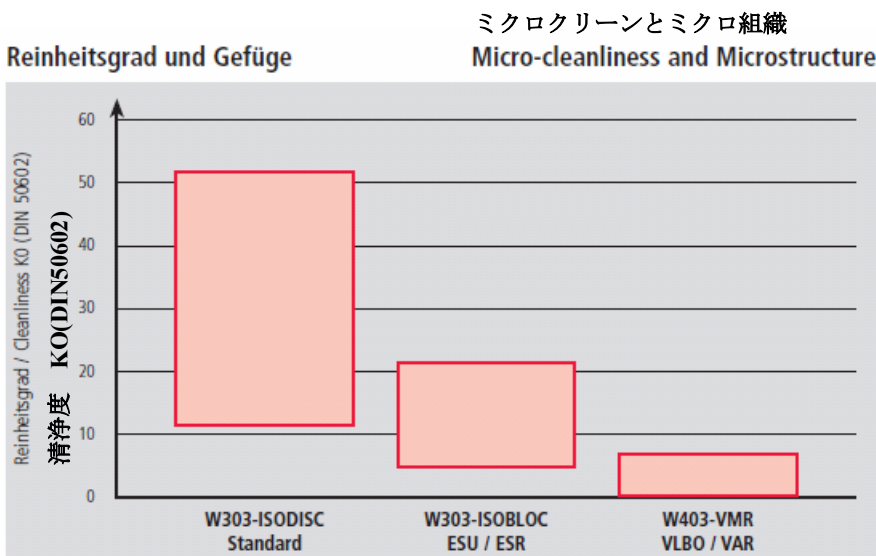
BOHLER W403 VMR®

BOHLERの2つのクオリティスタンダード材であるISOBLOC (アイソブロック)、そしてVMRで製造された材料はすぐれた組織の均一性と高い等方向性を持っています。また、その高い清浄度は素材における最高の靱性をひきだします。素材靱性を評価するのに最良の方法は衝撃試験です。下記の図にその結果を示します。

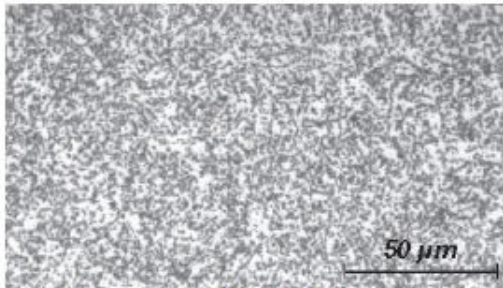
断面 7 X 10 X 55mmのノッチ無し試験片を 45 ± 2 HRCの硬さに調質して、STAHL-EISEN-PRUBLAT 1314規格にしたがい試験を実施いたしました。BOHLERのW403 VMRは810 X 365 X 3000mmの素材または710 X 450 X 3000mmの素材のどの方向で採取した試験片からも良好の衝撃値を示しました。



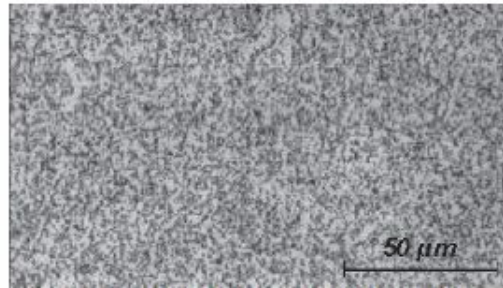
下記の図は材料の清浄度を示しています。異なった3つの工程で製造された素材 (スタンダード W303,W403)を比較しております。BOHLERのW403 VMRは、通常であれば宇宙航空産業向けにしか要求されない高いレベルを達成しております。独規格DIN 50602/KOの10または5といった値はそれぞれISOBLOC (アイソブロック) とISODISK (アイソディスク) でも達成されています。しかしBOHLER W403 VMRについては比較値のKO値5はバラツキの最大レベルであります。



BOHLERのVAR (Vacuum Arc Re-melting) プロセスにより均一なマイクロ組織の製造が可能となりました。組織写真を下記に示します。



標準工程（アーク式電気炉 再溶解なし ISODISC）で製造された素材のマイクロ組織写真(焼きなまし状態)



VMR工程（VAR+再溶解）で製造された素材のマイクロ組織写真(焼きなまし状態)

マイクロ組織とマイクロ偏析の評価はSTAHL-EISEN-PRUBLAT 1614 (1996年 9月版) または NADCA (NORTH AMERICAN DIE CASTING ASSOCIATION) の基準にしたがって行いました。**BOHLER**の**W403 VMR**のマイクロ組織は限度見本写真GA1からGA 5、GB 1 からGB 4に該当し、**BOHLER W403 VMR**のマイクロ偏析については、最上級グレード（プレミアムグレード）のSA1、SA 2、SA 3に該当します。

1. 標準納入状態： 焼きなまし
2. 標準納入硬度：MAX 205 HB
3. 熱処理

①焼きなまし (Annealing)

800~850℃に加熱後、1時間あたり10℃~20℃の割合で600℃まで炉内にて徐冷。その後、放冷。

②応力除去焼きなまし (STRESS RELIEVING)

機械加工又は複雑形状の加工により生じた加工応力を除去するため600~650℃まで加熱後、1~2時間不活性雰囲気中でソーキング後、炉内において徐冷する。

③焼入れ

1020~1030℃まで加熱後、15~30分保持、その後油冷、ソルトバス (500~550℃) 又は真空炉内ガス焼入れ。

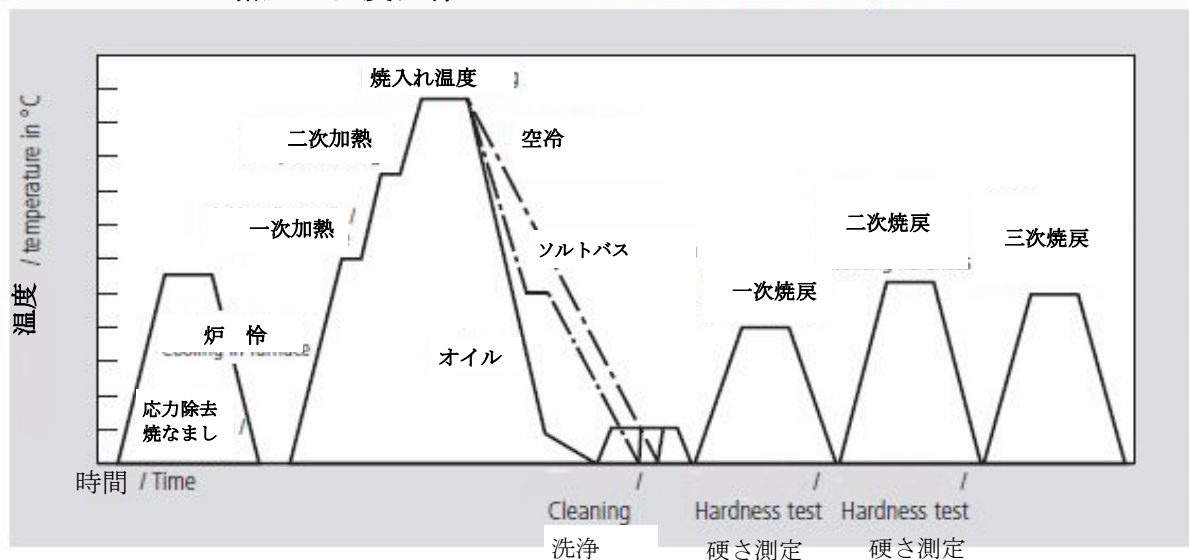
< 焼入れにより得られる硬さ >

油焼入れ 又は ソルトバス焼入れ	52~54 HRC
空気焼入れ	50~53 HRC

結晶粒の粗大化を防ぐために、1020~1030℃の範囲内で焼入れを実施することを推奨します。
BOHLER W403 VMRは優れた靱性を有しているため、金型のヒートチェックを遅らせることを目的として、実際の使用硬度をHRCレベルで1から2まで上げることは可能です。

W403の熱処理温度曲線

Heat treatment sequence

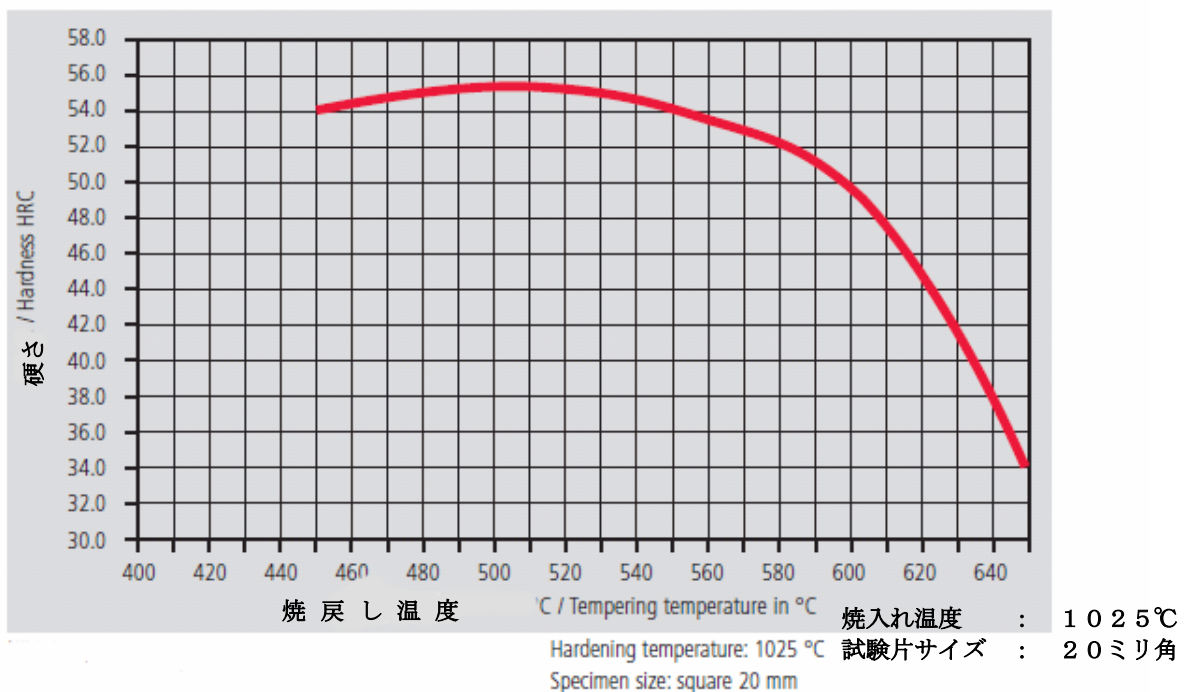


④焼戻し処理

焼入後、すぐに焼戻し温度までゆっくりと加熱。対象製品の厚み20mm当り1時間保持。ただし、最低2時間以上保持後、空冷。最低でも2回以上の焼戻しを推奨。3回目に応力除去を目的とした焼戻しをおこなうことも有効です。

- 1回目 2回目で得る硬さに対応した焼き戻し温度+30℃の温度域で焼戻しを行う。
- 2回目 実際の使用硬さに対応した温度で焼戻しを実施します。下記の焼戻し硬さ曲線は平均硬さを示しています。

Tempering chart 焼戻し曲線



4. 表面処理

窒化処理 **W403 VMR**は塩浴窒化、ガス窒化、プラズマ窒化に適しています

5. 溶接補修

一般的に工具鋼の場合、溶接補修後にはクラックを発生することがあります。もし、溶接補修をどうしてもしなければならない時は、しかるべき溶接棒メーカーかボーラー営業マンにお問い合わせ下さい。

BÖHLER W403 VMR®

6. W403の化学成分 (平均重量%)

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

7. W403のCCT曲線

オーステナイト化温度 : 1025 °C (1877 °F)

保持時間 : 15 minutes

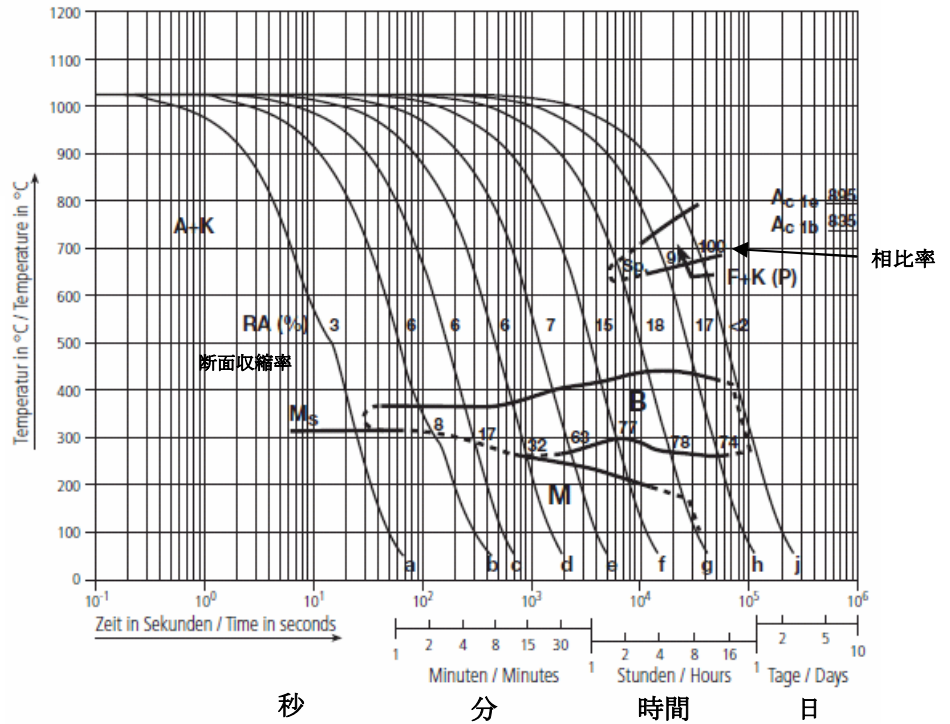
686 234 ピッカース硬さ

1 100 相比率

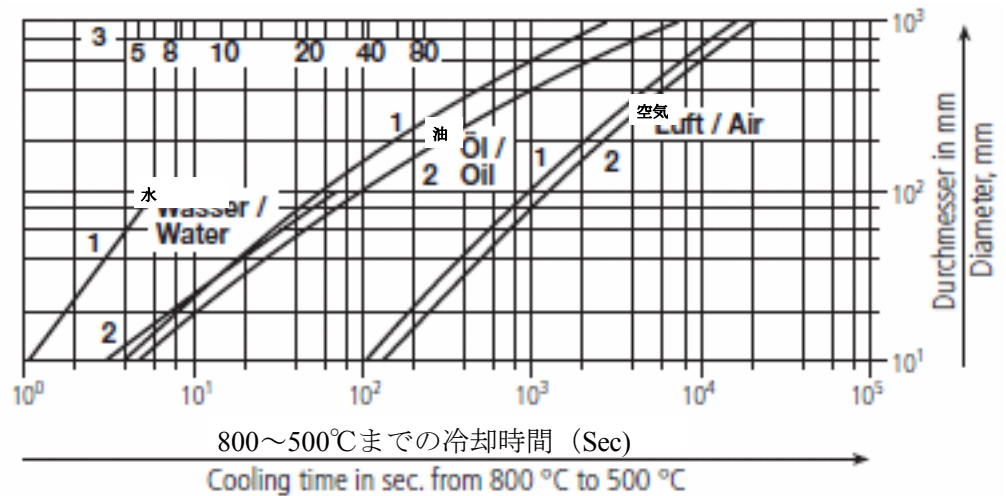
0,1 400 冷却係数 meter (λ), i.e.

800°C-500°Cまでの冷却
(1472 - 932 °F) in s x 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



8. W403の焼入れ冷却曲線



1 エッジ又は表面 / Edge or face

2 中心 / Core

3 ジョミニー焼入端試験 /

Jominy test: distance from end

推奨加工条件 Recommendations for machining

切削方法 Type of machining *)		工具材質 Tool material 1)	切削速度 Cutting speed	送り Feed	切削深さ Depth of cut	冷却液・潤滑油 Working with
切削加工 Turning	予備加工 Pre-roughing	P35 ¹⁾	60 m/min	1,0 mm/U / mm/rev.	14 mm	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
	粗加工 Roughing	P25 ¹⁾	90 m/min	0,8 mm/U / mm/rev.	8 mm	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
	粗加工 Roughing	P15 ¹⁾	140 m/min	0,3 mm/U / mm/rev.	2 mm	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
フライス加工 Milling	粗加工 Roughing	P25 ¹⁾	90 m/min	0,15 Zahn / tooth	5 mm	Trocken / Druckluft dry / compressed air
	仕上加工 Finishing	P25 ¹⁾	110 m/min	0,10 mm Zahn / tooth	1 mm	Trocken / Druckluft dry / compressed air
ドリル加工 Drilling		HSS	14 m/min	0,16 mm Zahn / tooth	nach Werkzeug depending on tool	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
	D = 40 – 80 mm	P40 ¹⁾	80 m/min	0,17 mm/U / mm/rev.	–	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
	D = 20 – 40 mm	P25 ¹⁾	80 m/min	0,12 mm/U / mm/rev.	–	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
	D = 0 – 20 mm	K20	50 m/min	0,10 mm/U / mm/rev.	–	Kühlschmiermittel coolant / lubrication

*) für geglähtes Material

1) Schneidstoff mit jeweils mehrlagiger Beschichtung

*) for annealed material 焼きなまし材

1) Tools with multi-layer coating 多層コーティング工具

HSC-Bearbeitung **) High Speed Cutting **)	Werkzeug Tool	Schnittgeschwindigkeit Cutting speed	Vorschub Feed	Spantiefe Depth of cut	Schmierung Lubricant
Schruppen Roughing 粗加工	インサートカッター Milling cutter with indexable inserts (TiAlN) d15 r3,5	450 m/min	0,2 mm Zahn / tooth	0,4 mm	Trocken dry
Vorschlichten Pre-finishing 中加工	超硬カッター Solid carbide milling cutter (TiAlN) d8	400 m/min	0,2 mm Zahn / tooth	0,5 mm	Ölnebel oil-mist
Schlichten Finishing 仕上加工	超硬カッター Solid carbide milling cutter (TiAlN) d6	420 m/min	0,12 mm Zahn / tooth	0,15 mm	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 Ihren Zerspanungswerkzeuglieferanten.

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

最良の機械加工条件はBOHLER社機械加工部門によりデータの提供とサポートを行います。

1. 密度

20 °C	7.85	kg/dm ³ = g/cc, g/cm ³
500 °C	7.69	kg/dm ³
600 °C	7.65	kg/dm ³

2. 比熱容量

20 °C	460	J/(kg · K)
500 °C	550	J/(kg · K)
600 °C	590	J/(kg · K)

3. 電気抵抗

20 °C	0.50	Ω · mm ² /m
500 °C	0.84	Ω · mm ² /m
600 °C	0.94	Ω · mm ² /m

4. 弾性係数

20 °C	215	x	10 ³ N/mm ²
500 °C	176	x	10 ³ N/mm ²
600 °C	165	x	10 ³ N/mm ²

5. 熱膨張率

Wärmeausdehnung zwischen 20 °C und ... °C, 10 ⁻⁶ m/(m.K) bei Thermal expansion between 20 °C and ... °C, 10 ⁻⁶ m/(m.K) at						
100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C
11,5	12,0	12,2	12,5	12,9	13,0	13,2

7. 熱伝導率

Wärmeleitfähigkeit bei, W/(m.K) Thermal conductivity at, W/(m.K)						
100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C
28,4	29,7	30,2	30,1	30,0	29,7	30,0