



# INFORMATION

## Pulvermetallurgische Hochleistungswerkstoffe



## Vorteile der PM-Technologie:

Pulvermetallurgische Hochleistungswerkstoffe bieten durch das homogenere und sehr feinkörnige Gefüge (siehe Bilder im Vergleich) folgende Vorteile im Vergleich zu herkömmlich hergestellten 12% Chrom- und Schnellarbeitsstählen:

- **Höhere Zähigkeit**
- **Höhere Verschleißfestigkeit ohne Härteverringering**
- **Bessere Bearbeitbarkeit**
- **Gute Schleifbarkeit beim Nachschleifen**
- **Konsistentere Werkzeugleistung**
- **Geringere Ausfallzeiten bei teuren Werkzeugen**
- **Hochqualitative Oberflächenstruktur für Beschichtungen**



Konventionell erschmolzenes Material



Pulvermetallurgisches Material

Werkstoff	Chemische Zusammensetzung						Typische Anwendungsbereiche:
	C	Cr	Mo	V	W	Co	
<b>KPM 23</b>	1,28	4,20	5,00	3,10	6,40	-	<b>Schnellarbeitsstahl:</b> Stanzen und Schneiden, Kaltumformen, Feinstanzen, Pulverpressen, Fräsen, Gewindescheiden, Räumen, Reiben, Senken, Segment-Kreissägen
<b>KPM 30</b>	1,28	4,20	5,00	3,10	6,40	8,50	<b>Schnellarbeitsstahl:</b> Stanzen und Schneiden, Kaltumformen, Pulverpressen, Fräsen, Gewindescheiden schwer zerspanbarer Werkstoffe, Schnellräumen, Reiben usw.
<b>KPM 60</b>	2,30	4,20	7,00	6,50	6,50	10,50	<b>Schnellarbeitsstahl:</b> Stanzen und Schneiden dünner Werkstoffe, Kaltumformen, Pulverpressen, Drehlinge, Abstechwerkzeuge, Schafffräser, Reibahlen usw.
<b>KPM 10</b>	2,45	5,20	1,30	9,70	-	-	<b>Kaltarbeitsstahl:</b> Schnitt- und Stanzwerkzeuge, Feinschneidwerkzeuge, Schnittwerkzeuge für Elektrobleche, Tiefziehen, Kaltumformen, Messer für Papier und Folien usw.
<b>KPM 9</b>	1,80	5,30	1,40	9,00	-	-	<b>Werkzeugstahl:</b> Werkzeuge für das Kalt- und Halbwarmfließpressen, Prägwerkzeuge, Warmlochdorne, gekühlte Warmarbeitswerkzeuge, Teile von Kunststoffspritzgussmaschinen wie z.B. Schnecken, Buchsen Stauringe usw.
<b>KPM 450 V</b>	1,90	20,00	1,00	4,00	0,20	-	<b>Kunststoffformenstahl:</b> Werkzeuge in der Nahrungsmittel- und Kunststoffindustrie, sowie in der Chemie und Gummi verarbeitenden Industrie, die hohem Verschleiß unter korrosiven Medien unterliegen.

Marke	W.-Nr.	Formstabilität	Zerspanbarkeit	Schleifbarkeit	Maßbeständigkeit	Verschleißfestigkeit		Widerstand gegen Ermüdungsrisse	
						Abrasiv	Adhäsiv	Ausbrüche	Totalbruch
KPM 10 KPM 23 KPM 30 KPM 60	1.2379								
	1.3343								
	-								
	1.3344 PM								
	~ 1.3207								
~1.3241									

Tabelle: Relativer Vergleich der Materialeigenschaften und des Widerstandes gegen Ausfallmechanismen



## DIE PM-TECHNOLOGIE

Heute werden von einem Werkzeug erheblich höhere Standzeiten erwartet als noch vor etlichen Jahren. Mit einer Anhebung des Karbidgehaltes kann man die geforderte höhere Verschleißfestigkeit des Materials erzielen. Hierbei vermindert sich jedoch die Zähigkeit, da bei den konventionell erschmolzenen Stählen große und zeitlich angeordnete Karbide entstehen.

Um aber höhere Standzeiten von Werkzeugen zu erreichen ist es sehr wichtig, dass eine gute Zähigkeit bei einer hohen Verschleißfestigkeit und Härte gewährleistet bleibt. Aus diesen Gründen wurden pulvermetallurgische (PM) Stähle entwickelt, die den gewünschten Eigenschaften gerecht werden und somit hohe Anforderungen erfüllen.

Diese Eigenschaften erzielt man durch einen speziellen aufwendigen Erschmelzungsprozess, bei dem durch Verdüsung des geschmolzenen Stahls unter Schutzgas feinste Tropfen entstehen, die alle genau die gleiche chemische Zusammensetzung besitzen.

Im Vergleich zur konventionellen Erschmelzung vermeidet man hierbei die Bildung großer Primärkarbide aus der Schmelze. Das durch die feinen Tropfen entstandene Metallpulver wird in Kapseln eingefüllt, die dann evakuiert und gasdicht verschweißt werden.

Anschließend werden die gefüllten Kapseln in einer Heiisostatpresse (HIP) unter hohem Druck und hoher Temperatur porenfrei gepresst und verdichtet. Der Druck und die Temperatur werden so gewählt, dass ein völlig homogener Werkstoff mit gewünschten Eigenschaften erhalten wird.

Durch die homogene und feine Karbidanordnung ist eine hohe Zähigkeit bei den KPM-Sthlen gegeben, die auch bei Werkzeugen mit hoher Arbeitshrte erhalten bleibt.

Im Vergleich zu konventionell erschmolzenen Sthlen, ist bei der PM-Herstellung ein wesentlich höherer Legierungsanteil möglich, wodurch die Verschleißfestigkeit und Karbidmenge gesteigert wird.

Bearbeitungskosten und Verschnitt können bei der Werkzeugherstellung erheblich reduziert werden, da die Faserrichtung wegen keiner nennenswerten Zeiligkeit nicht berücksichtigt werden muss. Das Bruchrisiko von hoch belasteten Werkzeugen, bedingt durch die Wahl einer falschen Faserrichtung, wird daher verringert.

Viele erfolgreiche Anwendungen mit PM-Sthlen zeigen, dass wesentlich höhere Standzeiten von Werkzeugen erreicht werden können.

Stahlhandel  
Oliver Klemm  
Westicker Straße 89  
D-58730 Fröndenberg  
Postfach 13 51  
D-58719 Fröndenberg

Tel.: ++49-(0)2373-75786-0  
Fax: ++49-(0)2373-75786-15  
E-Mail: [info@ok-werkzeugstahl.de](mailto:info@ok-werkzeugstahl.de)  
Internet: [www.ok-werkzeugstahl.de](http://www.ok-werkzeugstahl.de)

Bankverbindung:  
Stadtsparkasse Hemer  
Konto-Nr. 24 737 (BLZ 445 512 10)

Ust.-IdNr.:  
DE 813 208 262

Ausgabe: 10/2002

Eine Bezugnahme auf Normen, ähnliche technische Regeln, Beschreibungen und Abbildungen des Liefergegenstandes dienen nur der Leistungsbeschreibung und sind keine Zusicherung von Eigenschaften. Zusagen in Bezug auf das Vorhandensein bestimmter Eigenschaften oder einem bestimmten Verwendungszweck bedürfen stets besonderer schriftlicher Vereinbarung.



## Allgemeines

Chemische Zusammensetzung %	C 1,80	Si 0,90	Mn 0,50	Cr 5,30	Mo 1,40	V 9,00
Lieferzustand	Weichgeglüht $\leq 255$ HB					

KPM 9 ist die zähere Variante des hochverschleißfesten, pulvermetallurgisch hergestellten Werkzeugstahles KPM 10. Er ergänzt diesen für hoch beanspruchte Kalt- und Warmarbeitswerkzeuge insbesondere im niedrigen Festigkeitsbereich von 45-58 HRC. In einer martensitischen Matrix sind mit hohem Volumenanteil hochverschleißfeste Vanadiumkarbide feindispers verteilt.



pulvermetallurgisch



konventionell

## Eigenschaften

### Physikalische Daten

Dichte g/cm <sup>3</sup>	7,44
Elastizitätsmodul kN/mm <sup>2</sup>	221
Wärmeausdehnungskoeffizient Zwischen 21 und 650°C	11,85 x 10 <sup>-6</sup>

## Verwendung

KPM 9 ist besonders dort einsetzbar, wo hochlegierte HSS- und Werkzeugstähle durch mangelnde Zähigkeit frühzeitig erliegen, oder Warmarbeitsstähle nur über ungenügende Verschleißfestigkeit verfügen. Das typische Einsatzgebiet sind Werkzeuge für das Kalt- und Halbwarmfließpressen, in Prägwerkzeugen, Warmlochdornen, gekühlten Warmarbeitswerkzeugen sowie in Ma-

schinenteilen von Kunststoffspritzgießmaschinen wie z. B. Schnecken, Buchsen, Stauringen usw.

## Warmformgebung

Im Temperaturbereich von 900 – 1150 °C lässt sich der KPM 9 aufgrund seines feindispersen Gefüges gut walzen und schmieden. Dazu ist er langsam und gleichmäßig zu erwärmen. Wenn die Temperatur beim Verformen unter 900°C fällt, ist vorsichtiges Nachwärmen erforderlich, da sonst Spannungsrisse auftreten. Nach der Behandlung ist der KPM 10 langsam im Ofen oder Vermiculit abzukühlen.

## Wärmebehandlung

### Weichglühen

Zum Weichglühen den KPM 9 langsam und gleichmäßig auf eine Temperatur von 880 – 900°C durchwärmen und anschließend mindestens 2 Stunden auf dieser Temperatur halten. Dann im Ofen mit einer Abkühlgeschwindigkeit von ca. 20°C pro Stunde auf 550°C abkühlen. Die weitere Abkühlung erfolgt in ruhiger Luft.

### Spannungsarmglühen

Nach der Grobzerspannung sollte das Werkzeug langsam und gleichmäßig auf 600° - 700°C durchgewärmt und 2 Stunden auf dieser Temperatur gehalten werden. Dann langsam im Ofen abkühlen.

### Härten

Beim KPM 9 benutzt man üblicherweise 2 Vorwärmstufen (450 – 500°C und 840 – 870°C). Danach wird von der Vorwärmtemperatur auf die Härtetemperatur von 1040 – 1180 °C erwärmt. Eine Temperatur von 1070°C wird zur Erzielung der besten Zähigkeitseigenschaften, 1180°C zur Erzielung höchster Verschleißfestigkeit empfohlen. Die beste Kombination von Zähigkeit und Verschleißfestigkeit erzielt man bei einer Temperatur von 1120°C. Um einen entsprechenden Lösungsgrad der Legierungselemente sowie einen angemessenen Vergütungsgrad zu erreichen, ist der durchgewärmte Stahl bei einer Austenitisierungstemperatur von 1070°C ca. 50 Minuten, bei

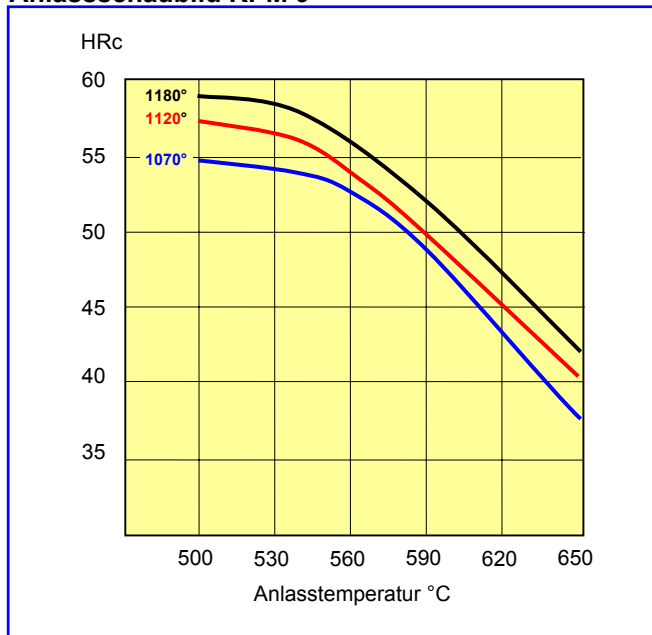
einer Austenitisierungstemperatur 1120°C bis 30 Minuten und bei einer Austenitisierungstemperatur von 1180°C bis 20 Minuten auf dieser Temperatur zu halten. Danach im Warmbad, in Luft, Gas oder Öl abgeschreckt. Eine Austenitisierung unter Schutzgas bzw. im Vakuum wird empfohlen. Unmittelbar danach ist das noch handwarme Material 3-mal auf Anlasstemperatur zwischen 540 – 650°C mit einer Haltezeit von jeweils mindestens 2 Stunden anzulassen.

### Anlasstabelle (HRc)

Gewünschte Werkstoffeigenschaften	Härtetemperatur	Haltezeit bei Härtetemperatur *	Anlasstemperatur (3x2h)	Härte HRc ± 1
Beste Zähigkeits-eigenschaften	1070°C	50-60 min.	540°C	54
	1070°C	50-60 min.	560°C	53
	1070°C	50-60 min.	590°C	49
Beste Kombination Zähigkeit/Ver-schleißfestigkeit	1120°C	20-30 min.	540°C	56
	1120°C	20-30 min.	560°C	54
	1120°C	20-30 min.	590°C	50
Höchste Verschleißfestig-keit	1180°C	10-20 min.	540°C	58
	1180°C	10-20 min.	590°C	52
	1180°C	10-20 min.	650°C	42

\* Die angegebenen Daten beziehen sich auf Probeabmessungen Ø 13 mm. Die Haltezeiten bei Härtetemperaturen sollten für große und sehr dünne Profilgrößen angepasst werden.

### Anlassschaubild KPM 9



### Nitrieren

Um eine höhere Verschleißfestigkeit zu erzielen, kann der KPM 9 nitriert werden. Eventuelle Restbestände einer Behandlung, bei der die Oberfläche thermisch beeinflusst wurde (wie z.B. bei einer funkenerosiven Bearbeitung) müssen vorher entfernt werden. Die zu nitrierenden Werkzeuge müssen sauber (feinstgeschliffen bzw. poliert) sein.

### Zähigkeit

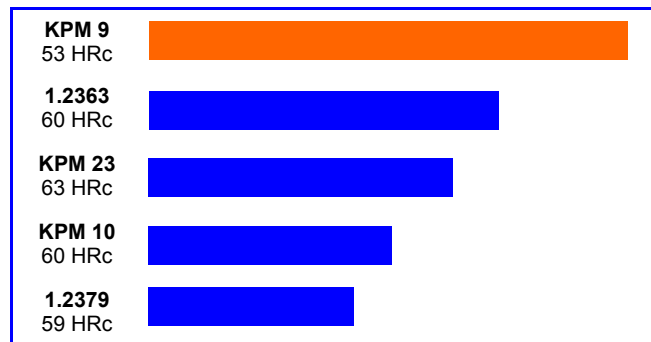


Tabelle: relativer Vergleich der Zähigkeit (Kaltarbeit)

### Verschleissfestigkeit

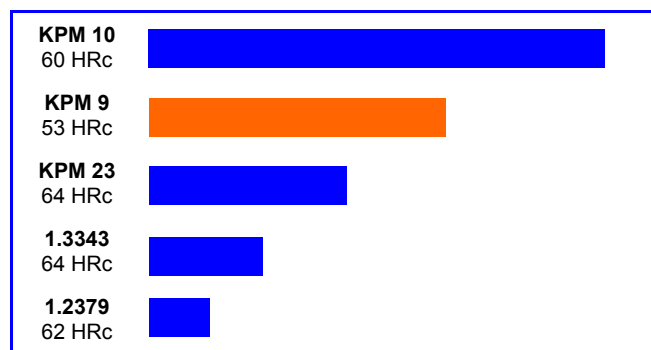


Tabelle: relativer Vergleich der Verschleissfestigkeit





## Allgemeines

Chemische Zusammensetzung %	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	2,45	0,90	0,50	5,20	1,30	9,70
Lieferzustand	Weichgeglüht ca. 260 HB					

- ✓ Härte
- ✓ höchste Verschleißfestigkeit
- ✓ gute Zähigkeit

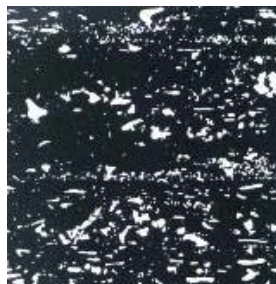
Oftmals steht eine hohe Verschleißfestigkeit mit einer geringen Zähigkeit in Verbindung und umgekehrt. Eine Kombination dieser beiden Merkmale ist jedoch in vielen Fällen für eine hohe Standzeit des Werkzeuges von hoher Bedeutung. Der *KPM 10* ist ein hochlegierter pulvermetallurgisch hergestellter Vanadinkaltarbeitsstahl, der sehr gut eine extrem hohe Verschleißfestigkeit mit guter Zähigkeit vereint.

- ✓ Zerspanbarkeit
- ✓ Maßbeständigkeit bei der Wärmebehandlung

Weitere Vorteile sind eine gute Zerspanbarkeit sowie die Maßbeständigkeit bei der Wärmebehandlung. Diese mechanischen und technologischen Eigenschaften verdankt der *KPM 10* neben den entsprechenden Legierungsbestandteilen der besonders feinen Karbidbildung, welche durch die pulvermetallurgische Herstellung erreicht wird.



pulvermetallurgisch



konventionell

## Verwendung

Der *KPM 10* eignet sich daher vor allem für die Anwendung in Schneid-, Stanz-, Zieh- und Biegewerkzeugen und zeichnet sich durch wesentlich längere Standzeiten gegenüber konventionellen Kaltarbeitsstählen aus.

## Eigenschaften

### Physikalische Daten

Dichte g/cm <sup>3</sup>	7,41
Elastizitätsmodul kN/mm <sup>2</sup>	221
Wärmeausdehnungskoeffizient zwischen 21 und 500°C	11,9 x 10 <sup>-6</sup>

## Warmformgebung

Im Temperaturbereich von 900 – 1150 °C lässt sich der *KPM 10* trotz seiner Legierungsbestandteile aufgrund seines feindispersen Gefüges gut walzen und schmieden. Dazu ist er langsam und gleichmäßig in möglichst neutraler Ofenatmosphäre zu erwärmen. Wenn die Temperatur beim Verformen unter 900°C fällt, ist vorsichtiges Nachwärmen erforderlich. Nach der Bearbeitung ist der *KPM 10* langsam im Ofen abzukühlen.

## Wärmebehandlung

### Weichglühen

Zum Weichglühen den *KPM 10* gleichmäßig auf eine Temperatur von 870 – 900°C durchwärmen und mindestens 4 Stunden auf dieser Temperatur halten. Dann im Ofen mit einer Kühlgeschwindigkeit von ca. 10°C pro Stunde auf 540°C abkühlen. Die weitere Abkühlung erfolgt in ruhiger Luft. Durch diese Behandlung rekristallisiert das Gefüge und der Stahl erhält seine beste Bearbeitbarkeit.

### Spannungsarmglühen

Nach der Grobzerspannung sollte das Werkzeug langsam und gleichmäßig auf 600° - 680°C durchgewärmt und 1-3 Stunden auf dieser Temperatur gehalten werden. Dann langsam im Ofen abkühlen.

### Härten

Beim *KPM 10* benutzt man üblicherweise 2 Vorwärmstufen (400 – 490°C und 850 – 900°C). Danach wird von der Vorwärmtemperatur auf die Härtetemperatur von 1050 – 1170°C erwärmt. Eine Temperatur von 1080°C wird zur Erzielung einer guten Zähigkeit, 1170°C zur Erzielung höchster Verschleißfestigkeit empfohlen. Um einen entsprechenden Lösungsgrad der Legierungselemente sowie einen angemessenen Vergütungsgrad zu erreichen, ist der durchgewärmte

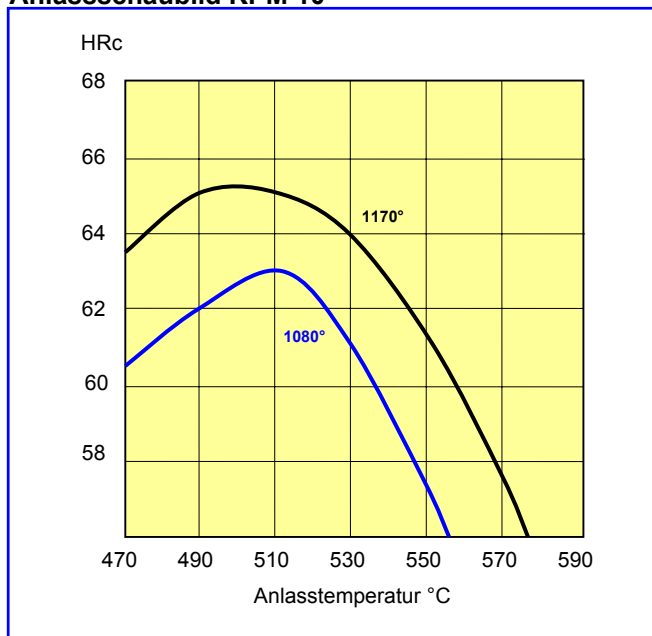
Stahl bei einer Austenitisierungstemperatur von 1080°C ca. 30 Minuten und bei einer Austenitisierungstemperatur von 1170°C ca. 15 Minuten auf dieser Temperatur zu halten und dann im Warm-, Ölbad oder an bewegter Luft abzukühlen. Danach ist das noch handwarme Material 3-mal auf Anlasstemperatur zwischen 470 – 570°C mit einer Haltezeit von mindestens 2 Stunden anzulassen. Die von der Härte- und Anlasstemperatur abhängige Längenänderung beträgt ca. 0,18 %.

### Anlasstabelle (HRC)

Härte-temperatur	Anlasstemperatur					
	470°C	490°C	510°C	530°C	550°C	570°C
1050°C	59,5	61,5	62,0	60,0	56,0	50,5
1080°C	60,5	62,0	63,0	61,0	57,5	51,0
1110°C	61,5	63,0	63,5	62,0	59,0	55,0
1140°C	62,5	64,0	64,5	63,0	60,0	57,0
1170°C	63,5	65,0	65,0	64,0	61,0	57,5

Die angegebenen Härtewerte wurden für Proben Ø 13 mm, bei Abschreckung im Warmbad bei 540°C ermittelt. Für größere bzw. kleinere Abmessungen sind die Werte entsprechend anzupassen.

### Anlasschaubild KPM 10



### Nitrieren

Durch Nitrieren entsteht eine harte Randschicht, die die Verschleißfestigkeit erhöht und die Neigung zu Kaltaufschweißungen verringert. KPM 10 kann bei 500 -560°C nitriert werden. Die Nitrierzeit sollte 60 Minuten nicht überschreiten, da lang andauerndes Nitrieren zur Versprödung des Werkstoffes führt.

## Bearbeitungshinweise

Die Bearbeitung des weichgeglühten KPM 10 kann gemäß nachfolgender Tabellen durchgeführt werden. Nach der Grobzerspanung sollte, um Eigenspannungen zu vermeiden, auf jeden Fall eine Spannungsarmglühung erfolgen.

### Drehen

Schnitttiefe	Schnellarbeitsstahl		Hartmetall	
	Vorschub	Schnittgeschwindigkeit	Vorschub	Schnittgeschwindigkeit
t (mm)	s (mm/U)	v (m/min)	s (mm/U)	v (m/min)
1	0,05-0,15	17-26	0,05-0,15	75-110
6	0,40-0,80	10-18	0,50-0,70	35-55

### Bohren

Bohrdurchmesser	Schnellarbeitsstahl		Hartmetall	
	Vorschub	Schnittgeschwindigkeit	Vorschub	Schnittgeschwindigkeit
t (mm)	s (mm/U)	v (m/min)	s (mm/U)	v (m/min)
6-18	0,03-0,15	9-20	0,02-0,04	26-32
35-50	0,18-0,30	4-10	0,04-0,06	6-15

### Stirnfräsen

Schnellarbeitsstahl	Schnitttiefe	Geschw.	Vorschub	
			u (mm/min)	sz (mm/Zahn)
bis 100 mm Fräsbreite	t (mm)	v (m/min)	u (mm/min)	sz (mm/Zahn)
	bis 1	12-14	30-40	0,05-0,10
	bis 8	8-10	25-35	0,10-0,15

Hartmetall	Schnitttiefe	Geschw.	Vorschub	
			u (mm/min)	sz (mm/Zahn)
bis 100 mm Fräsbreite	t (mm)	v (m/min)	u (mm/min)	sz (mm/Zahn)
	bis 1	80-100	75-100	0,01-0,02
	bis 8	60-80	60-90	0,04-0,06



Stahlhandel  
Oliver Klemm  
Westicker Straße 89  
D-58730 Fröndenberg  
Postfach 13 51  
D-58719 Fröndenberg

Tel.: ++49-(0)2373-75786-0  
Fax: ++49-(0)2373-75786-15  
E-Mail: info@ok-werkzeugstahl.de  
Internet: www.ok-werkzeugstahl.de

Bankverbindung:  
Stadtsparkasse Hemer  
Konto-Nr. 24 737 (BLZ 445 512 10)

Ust.-IdNr.:  
DE 813 208 262

Ausgabe: 10/2002

Eine Bezugnahme auf Normen, ähnliche technische Regeln, Beschreibungen und Abbildungen des Liefergegenstandes dienen nur der Leistungsbeschreibung und sind keine Zusage von Eigenschaften. Zusagen in Bezug auf das Vorhandensein bestimmter Eigenschaften oder einem bestimmten Verwendungszweck bedürfen stets besonderer schriftlicher Vereinbarung.



## Allgemeines

<b>Chemische Zusammensetzung %</b>	<b>C</b> 1,28	<b>Cr</b> 4,20	<b>Mo</b> 5,00	<b>V</b> 3,10	<b>W</b> 6,40	<b>Co</b> -
<b>Normen</b>	(W.-Nr. 1.3344 / AISI M3:2)					
<b>Lieferzustand</b>	Weichgeglüht max. 260 HB Gezogen max. 300 HB					

**KPM 23** ist ein hochlegierter pulvermetallurgisch hergestellter Schnellarbeitsstahl, der verglichen mit herkömmlich hergestellten 12% Chrom- und Schnellarbeitsstählen folgende Vorteile bietet:

- ✓ hervorragende Bearbeitbarkeit
- ✓ höchste Verschleißfestigkeit
- ✓ gute Zähigkeit
- ✓ optimale Homogenität
- ✓ hervorragende Maßhaltigkeit
- ✓ hohe Druckbelastbarkeit

<b>Typische Anwendungsgebiete</b>	<b>Härtebereich:</b>
Stanzen und Schneiden, Kaltumformen, Feinstanzen, Pulverpressen, Fräsen, Gewindescheiden, Räumen, Reiben, Senken, Segment-Kreissägen	60 – 66 HRc

Ihre speziellen Einsatzgebiete sollten Sie vorher mit unseren Spezialisten besprechen.

## Eigenschaften

### Physikalische Daten

Temperatur	20 °C	400 °C	600 °C
Dichte kg/m <sup>3</sup>	8050	7940	7875
Elastizitätsmodul kN/mm <sup>2</sup>	230	205	184
Wärmeausdehnungskoeffizient pro °C ab 20°C	-	11,7 x 10 <sup>-6</sup>	11,9 x 10 <sup>-6</sup>
Wärmeleitfähigkeit W/m °C	24	28	27
Spezifische Wärme J/kg °C	420	510	600

## Bearbeitungshinweise \*

### Drehen

Schnitttiefe mm	Schnellarbeitsstahlwerkzeuge		Beschichtete Hartmetallwerkzeuge	
	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min
1	0,18	24	0,18	160
8	0,50	15	0,50	130

Hartmetallwerkzeuge z.B. SECO TP 15, Sandvik Coromant GC015 oder ähnlich beschichtete Werkzeuge der Gruppen C6-C7, M10-M40, P10-P40

### Fräsen

Schnitttiefe mm	Schnellarbeitsstahlwerkzeuge		Beschichtete Hartmetallwerkzeuge	
	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min
1	0,20	27	0,18	150
8	0,40	17	0,36	79

Hartmetallwerkzeuge z.B. SECO TP 25, Sandvik Coromant GC015 oder ähnlich beschichtete Werkzeuge der Gruppen C5-C6, P20-P40

- \* Die obenstehenden Bearbeitungsdaten sind nur Richtwerte und müssen den jeweiligen örtlichen Voraussetzungen angepasst werden.

## Wärmebehandlung

### Weichglühen

Weichglühtemperatur ist 870° - 900° C. Den Stahl vor Entkohlung schützen und um 10° C/Stunde bis auf 700° C abkühlen – danach normale Endabkühlung im Ofen.

### Spannungsarmglühen

Nach der Grobzerspannung sollte das Werkzeug auf 600° - 700° C durchgewärmt und ca. ½ Stunde auf dieser Temperatur gehalten werden. Dann langsam im Ofen auf 500° C abkühlen, anschließend frei an der Luft.

### Härten

1. Vorwärmen: 450° - 500° C
  2. Vorwärmen: 850° - 900° C im Salzbad
- Austenitisieren: im Salzbad gem. Tabelle



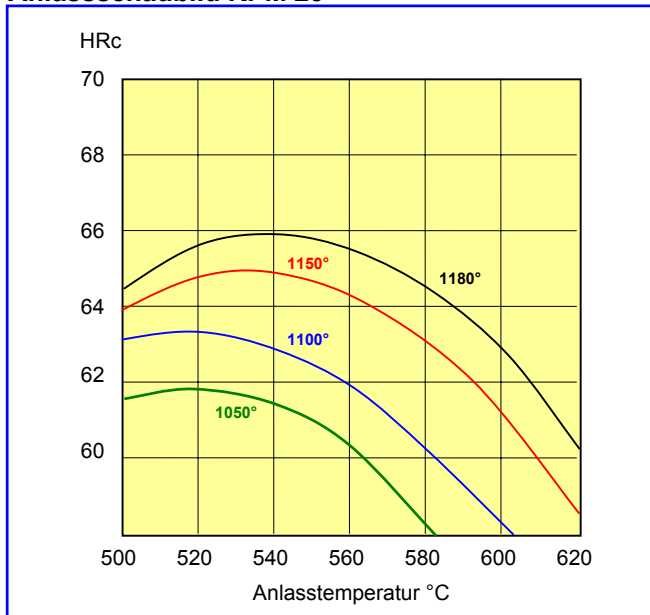
Abkühlung: vorzugsweise im Salzbad auf 550° C, danach Luftkühlung bis Handwärme.

Anlassen: 3 x mind. je 1 Std. bei 560° - 570° C (Die KPM-Stähle sind aufgrund ihres hohen Kohlenstoffgehalts, der eine große Restaustenitmenge ergibt, grundsätzlich 3-mal anzulassen).

gewünschte Endhärte ± 1 HRc	Austenitisierungstemperatur °C	Tauchzeit bei Härtetemp. *
58	1000	30
59	1030	25
60	1050	25
61	1075	20
62	1100	20
63	1120	20
64	1140	15
65	1160	10
66	1180	10
67	-	-

\* Tauchzeit in Sek./mm Wandstärke wenn vorangegangene Vorwärmung bei 870° C erfolgte.

#### Anlassschaubild KPM 23



### Maßhaltigkeit bei der Wärmebehandlung

Der KPM 23 zeigt ein isotropes Maßverhalten. Die Maßänderung in Längs- und Querrichtung ist prozentual gleich (ca. 0,08 – 0,12 % bezogen auf das Nennmaß).

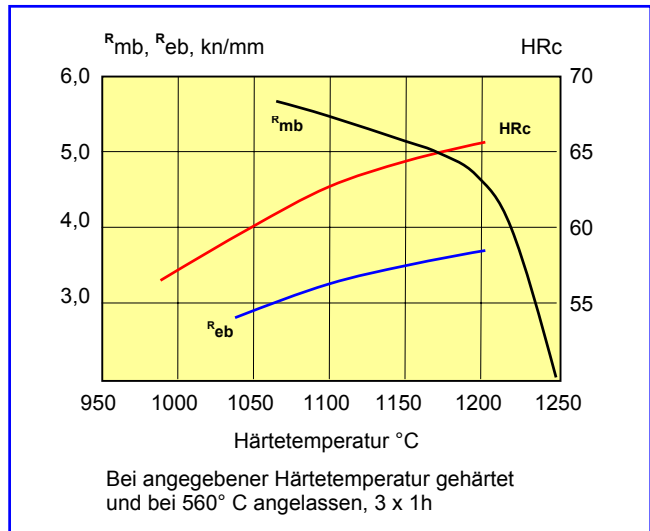
### Die Einwirkung der Härtetemperatur auf die Biegefestigkeit

Das folgende Diagramm zeigt die Biegefestigkeit bei üblicher Anlasstemperatur und steigender Härtetemperatur. Außerdem ist erkennbar, dass die maximal zulässige Härtetemperatur limitiert ist und dass bei deren Überschreitung eine drastische Reduzierung der Zähigkeit erfolgt.

$R_{mb}$  = Biegebruchfestigkeit in kN/mm, ± 10 %

$R_{eb}$  = Biegestreckgrenze in kN/mm, ± 5 %

Die angegebenen Daten sind Richtwerte. Sie beziehen sich auf eine Probeabmessung von Ø 10 mm.



### Oberflächenbehandlung

#### Nitrieren

Der KPM 23 kann wie ein herkömmlicher Schnellstahl nitriert werden. Durch die Nitrierung erhöht sich die Verschleißfestigkeit (empfehlenswert bei Verarbeitung weicher Werkstoffe). Eine Diffusionszone von 2-20 µm je nach Einsatzfall wird empfohlen.

#### PVD

Durch eine PVD-Beschichtung (Physical vapour deposition) erhält man eine verschleißfeste Schicht bei relativ niedrigen Temperaturen (200-500°C). Da der KPM 23 immer im Hochtemperaturbereich (560°-570°C) angelassen wird, besteht während der PVD-Beschichtung keine Gefahr von Maßänderungen.

#### CVD

CVD (Chemical vapour deposition) ist ein chemisches Abscheidungsverfahren, das die Herstellung verschleißfester Oberschichten bei Temperaturen von ca. 1000°C ermöglicht. Nach der Beschichtung der Werkzeuge ist das Härten und Anlassen im Vakuumofen zu empfehlen.

Stahlhandel  
Oliver Klemm  
Westicker Straße 89  
D-58730 Fröndenberg  
Postfach 13 51  
D-58719 Fröndenberg

Tel.: ++49-(0)2373-75786-0  
Fax: ++49-(0)2373-75786-15  
E-Mail: info@ok-werkzeugstahl.de  
Internet: www.ok-werkzeugstahl.de

Bankverbindung:  
Stadtsparkasse Hemer  
Konto-Nr. 24 737 (BLZ 445 512 10)

Ust.-IdNr.:  
DE 813 208 262

Ausgabe: 10/2002

Eine Bezugnahme auf Normen, ähnliche technische Regeln, Beschreibungen und Abbildungen des Liefergegenstandes dienen nur der Leistungsbeschreibung und sind keine Zusicherung von Eigenschaften. Zusagen in Bezug auf das Vorhandensein bestimmter Eigenschaften oder einem bestimmten Verwendungszweck bedürfen stets besonderer schriftlicher Vereinbarung.



## Allgemeines

<b>Chemische Zusammensetzung %</b>	<b>C</b> 1,28	<b>Cr</b> 4,20	<b>Mo</b> 5,00	<b>V</b> 3,10	<b>W</b> 6,40	<b>Co</b> 8,50
<b>Normen</b>	~ W.-Nr. 1.3207					
<b>Lieferzustand</b>	Weichgeglüht max. 300 HB Gezogen max. 320 HB					

**KPM 30** ist ein kobalthaltiger hochlegierter pulvermetallurgisch hergestellter Schnellarbeitsstahl, der verglichen mit herkömmlich hergestellten 12% Chrom- und Schnellarbeitsstählen folgende Vorteile bietet:

- ✓ hervorragende Bearbeitbarkeit
- ✓ höchste Verschleißfestigkeit
- ✓ gute Zähigkeit
- ✓ optimale Homogenität
- ✓ hervorragende Maßhaltigkeit
- ✓ hohe Druckbelastbarkeit

<b>Typische Anwendungsgebiete</b>	Härtebereich:
Schnellarbeitsstahl: Stanzen und Schneiden, Kaltumformen, Pulverpressen, Fräsen, Gewindschneiden schwer zerspanbarer Werkstoffe, Schnellräumen, Reiben usw.	64 – 67 HRC

Ihre speziellen Einsatzgebiete sollten Sie vorher mit unseren Spezialisten besprechen.

## Eigenschaften

### Physikalische Daten

<b>Temperatur</b>	<b>20 °C</b>	<b>400 °C</b>	<b>600 °C</b>
<b>Dichte kg/m<sup>3</sup></b>	8040	7935	7880
<b>Elastizitätsmodul kN/mm<sup>2</sup></b>	240	214	192
<b>Wärmeausdehnungskoeffizient pro °C ab 20°C</b>	-	11,4 x 10 <sup>-6</sup>	11,5 x 10 <sup>-6</sup>
<b>Wärmeleitfähigkeit W/m °C</b>	24	28	27
<b>Spezifische Wärme J/kg °C</b>	420	510	600

## Bearbeitungshinweise \*

### Drehen

Schnitttiefe mm	Schnellarbeitsstahlwerkzeuge		Beschichtete Hartmetallwerkzeuge	
	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min
1	0,18	23	0,18	150
8	0,50	14	0,50	90

Hartmetallwerkzeuge z.B. SECO TP 15, Sandvik Coromant GC015 oder ähnlich beschichtete Werkzeuge der Gruppen C6-C7, M10-M40, P10-P40

### Fräsen

Schnitttiefe mm	Schnellarbeitsstahlwerkzeuge		Beschichtete Hartmetallwerkzeuge	
	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min
1	0,15	23	0,18	145
8	0,36	14	0,36	73

Hartmetallwerkzeuge z.B. SECO TP 25, Sandvik Coromant GC015 oder ähnlich beschichtete Werkzeuge der Gruppen C5-C6, P20-P40

- \* Die obenstehenden Bearbeitungsdaten sind nur Richtwerte und müssen den jeweiligen örtlichen Voraussetzungen angepasst werden.

## Wärmebehandlung

### Weichglühen

Weichglühtemperatur ist 870° - 900° C. Den Stahl vor Entkohlung schützen und um 10° C/Stunde bis auf 700° C abkühlen – danach normale Endabkühlung im Ofen.

### Spannungsarmglühen

Nach der Grobzerspannung sollte das Werkzeug auf 600° - 700° C durchgewärmt und ca. ½ Stunde auf dieser Temperatur gehalten werden. Dann langsam im Ofen auf 500° C abkühlen, anschließend frei an der Luft.

### Härten

1. Vorwärmen: 450° - 500° C
  2. Vorwärmen: 850° - 900° C im Salzbad
- Austenitisieren: im Salzbad gem. Tabelle

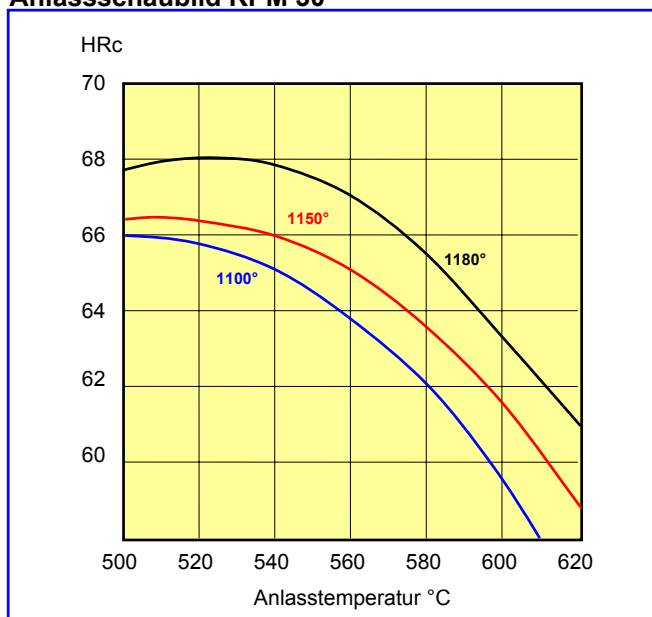
Abkühlung: vorzugsweise im Salzbad auf 550°C, danach Luftkühlung bis Handwärme.

Anlassen: 3 x mind. je 1 Std. bei 560° - 570° C (Die KPM-Stähle sind aufgrund ihres hohen Kohlenstoffgehalts, der eine große Restaustenitmenge ergibt, grundsätzlich 3-mal anzulassen).

gewünschte Endhärte ± 1 HRC	Austenitisierungstemperatur °C	Tauchzeit bei Härtetemp. *
58	960	30
59	980	25
60	1000	25
61	1020	20
62	1050	20
63	1075	20
64	1110	15
65	1140	10
66	1160	10
67	1180	10

\* Tauchzeit in Sek./mm Wandstärke wenn vorangegangene Vorwärmung bei 870° C erfolgte.

#### Anlassschaubild KPM 30



## Maßhaltigkeit bei der Wärmebehandlung

Der KPM 30 zeigt ein isotropes Maßverhalten. Die Maßänderung in Längs- und Querrichtung ist prozentual gleich (ca. 0,08 – 0,12 % bezogen auf das Nennmaß).

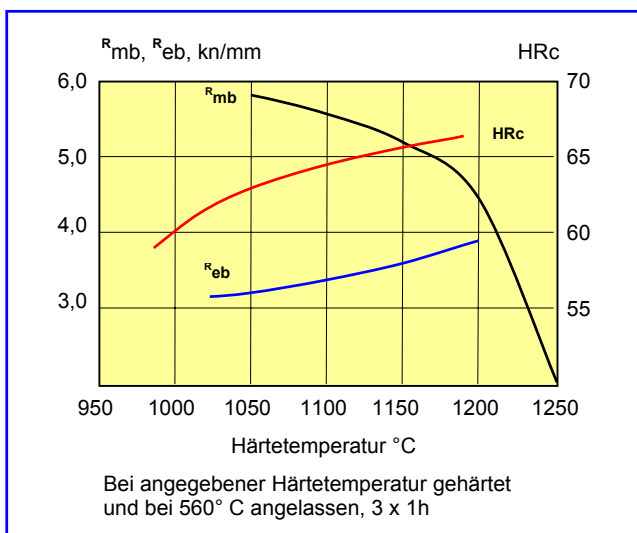
## Die Einwirkung der Härtetemperatur auf die Biegefestigkeit

Das folgende Diagramm zeigt die Biegefestigkeit bei üblicher Anlasstemperatur und steigender Härtetemperatur. Außerdem ist erkennbar, dass die maximal zulässige Härtetemperatur limitiert ist und dass bei deren Überschreitung eine drastische Reduzierung der Zähigkeit erfolgt.

$R_{mb}$  = Biegebruchfestigkeit in kN/mm, ± 10 %

$R_{eb}$  = Biegestreckgrenze in kN/mm, ± 5 %

Die angegebenen Daten sind Richtwerte. Sie beziehen sich auf eine Probeabmessung von Ø 10 mm.



## Oberflächenbehandlung

### Nitrieren

Der KPM 30 kann wie ein herkömmlicher Schnellstahl nitriert werden. Durch die Nitrierung erhöht sich die Verschleißfestigkeit (empfehlenswert bei Verarbeitung weicher Werkstoffe). Eine Diffusionszone von 2-20 µm je nach Einsatzfall wird empfohlen.

### PVD

Durch eine PVD-Beschichtung (Physical vapour deposition) erhält man eine verschleißfeste Schicht bei relativ niedrigen Temperaturen (200-500°C). Da der KPM 30 immer im Hochtemperaturbereich (560°-570°C) angelassen wird, besteht während der PVD-Beschichtung keine Gefahr von Maßänderungen.

### CVD

CVD (Chemical vapour deposition) ist ein chemisches Abscheidungsverfahren, das die Herstellung verschleißfester Oberschichten bei Temperaturen von ca. 1000°C ermöglicht. Nach der Beschichtung der Werkzeuge ist das Härten und Anlassen im Vakuumofen zu empfehlen.

Stahlhandel  
Oliver Klemm  
Westicker Straße 89  
D-58730 Fröndenberg  
Postfach 13 51  
D-58719 Fröndenberg

Tel.: ++49-(0)2373-75786-0  
Fax: ++49-(0)2373-75786-15  
E-Mail: info@ok-werkzeugstahl.de  
Internet: www.ok-werkzeugstahl.de

Bankverbindung:  
Stadtsparkasse Hemer  
Konto-Nr. 24 737 (BLZ 445 512 10)

Ust.-IdNr.:  
DE 813 208 262

Ausgabe: 10/2002

Eine Bezugnahme auf Normen, ähnliche technische Regeln, Beschreibungen und Abbildungen des Liefergegenstandes dienen nur der Leistungsbeschreibung und sind keine Zusicherung von Eigenschaften. Zusagen in Bezug auf das Vorhandensein bestimmter Eigenschaften oder einem bestimmten Verwendungszweck bedürfen stets besonderer schriftlicher Vereinbarung.



## Allgemeines

Chemische Zusammensetzung %	C 2,30	Cr 4,20	Mo 7,00	V 6,50	W 6,50	Co 10,5
Normen	~ W.-Nr. 1.3241					
Lieferzustand	Weichgeglüht max. 340 HB					

**KPM 60** ist ein extrem hochlegierter pulvermetallurgisch hergestellter Schnellarbeitsstahl, der verglichen mit herkömmlich hergestellten 12% Chrom- und Schnellarbeitsstählen folgende Vorteile bietet:

- ✓ hervorragende Bearbeitbarkeit
- ✓ höchste Verschleißfestigkeit
- ✓ gute Zähigkeit
- ✓ optimale Homogenität
- ✓ hervorragende Maßhaltigkeit
- ✓ hohe Druckbelastbarkeit

Typische Anwendungsgebiete	Härtebereich:
Schnellarbeitsstahl: Stanzen und Schneiden dünner Werkstoffe, Kaltumformen, Pulverpressen, Drehlinge, Abstechwerkzeuge, Schafffräser, Reibahlen usw.	66 – 69 HRC

Ihre speziellen Einsatzgebiete sollten Sie vorher mit unseren Spezialisten besprechen.

## Eigenschaften

### Physikalische Daten

Temperatur	20 °C	400 °C	600 °C
Dichte kg/m <sup>3</sup>	7960	7860	7810
Elastizitätsmodul kN/mm <sup>2</sup>	250	222	200
Wärmeausdehnungskoeffizient pro °C ab 20°C	-	10,4 x 10 <sup>-6</sup>	10,8 x 10 <sup>-6</sup>
Wärmeleitfähigkeit W/m °C	24	28	27
Spezifische Wärme J/kg °C	420	510	600

## Bearbeitungshinweise \*

### Drehen

Schnitttiefe mm	Schnellarbeitsstahlwerkzeuge		Beschichtete Hartmetallwerkzeuge	
	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min
1	0,18	15	0,18	115
8	0,50	9	0,50	60

Hartmetallwerkzeuge z.B. SECO TP 15, Sandvik Coromant GC015 oder ähnlich beschichtete Werkzeuge der Gruppen C6-C7, M10-M40, P10-P40

### Fräsen

Schnitttiefe mm	Schnellarbeitsstahlwerkzeuge		Beschichtete Hartmetallwerkzeuge	
	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min	Vorschub mm/U	Schnittgeschwindigkeit m/min
1	0,15	20	0,18	135
8	0,36	12	0,36	67

Hartmetallwerkzeuge z.B. SECO TP 25, Sandvik Coromant GC015 oder ähnlich beschichtete Werkzeuge der Gruppen C5-C6, P20-P40

\* Die obenstehenden Bearbeitungsdaten sind nur Richtwerte und müssen den jeweiligen örtlichen Voraussetzungen angepasst werden.

## Wärmebehandlung

### Weichglühen

Weichglühtemperatur ist 870° - 900° C. Den Stahl vor Entkohlung schützen und um 10° C/Stunde bis auf 700° C abkühlen – danach normale Endabkühlung im Ofen.

### Spannungsarmglühen

Nach der Grobzerspannung sollte das Werkzeug auf 600° - 700° C durchgewärmt und ca. ½ Stunde auf dieser Temperatur gehalten werden. Dann langsam im Ofen auf 500° C abkühlen, anschließend frei an der Luft.

### Härten

1. Vorwärmen: 450° - 500° C
  2. Vorwärmen: 850° - 900° C im Salzbad
- Austenitisieren: im Salzbad gem. Tabelle

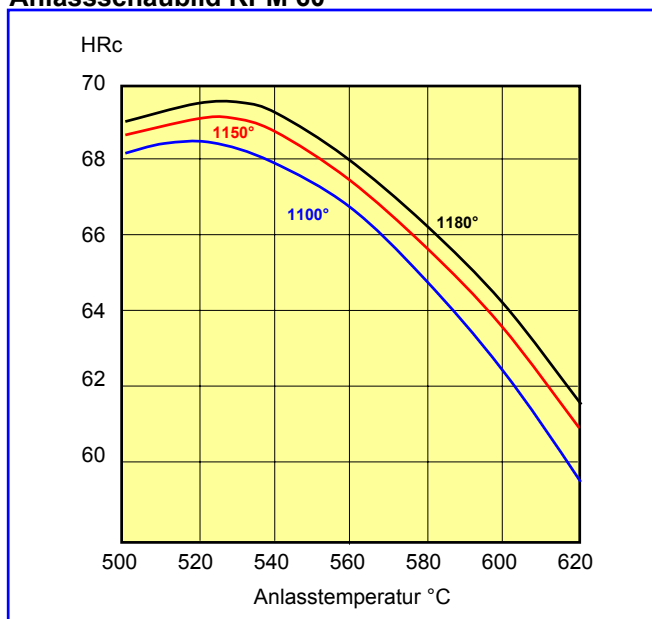
Abkühlung: vorzugsweise im Salzbad auf 550°C, danach Luftkühlung bis Handwärme.

Anlassen: 3 x mind. je 1 Std. bei 560° - 570° C (Die KPM-Stähle sind aufgrund ihres hohen Kohlenstoffgehalts, der eine große Restaustenitmenge ergibt, grundsätzlich 3-mal anzulassen).

gewünschte Endhärte ± 1 HRc	Austenitisierungstemperatur °C	Tauchzeit bei Härtetemp. *
60	940	
61	950	
62	960	
63	980	30
64	1000	30
65	1030	25
66	1070	20
67	1100	15
68	1150	10
69	1180	10

\* Tauchzeit in Sek./mm Wandstärke wenn vorangegangene Vorwärmung bei 870° C erfolgte.

#### Anlassschaubild KPM 60



### Maßhaltigkeit bei der Wärmebehandlung

Der KPM 60 zeigt ein isotropes Maßverhalten. Die Maßänderung in Längs- und Querrichtung ist prozentual gleich (ca. 0,08 – 0,12 % bezogen auf das Nennmaß).

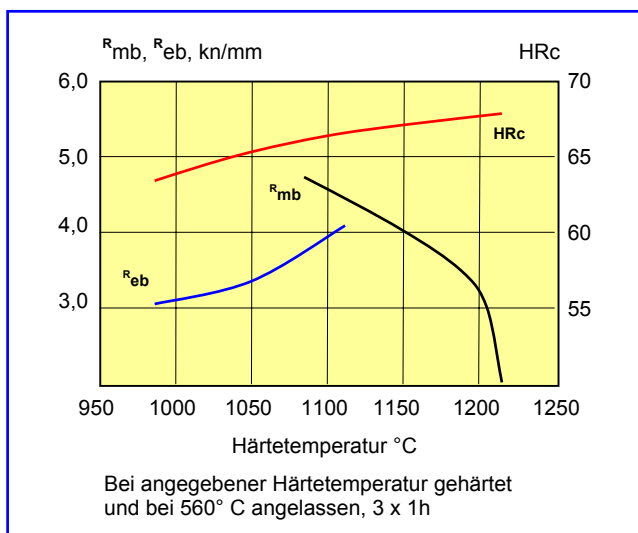
### Die Einwirkung der Härtetemperatur auf die Biegefestigkeit

Das folgende Diagramm zeigt die Biegefestigkeit bei üblicher Anlasstemperatur und steigender Härtetemperatur. Außerdem ist erkennbar, dass die maximal zulässige Härtetemperatur limitiert ist und dass bei deren Überschreitung eine drastische Reduzierung der Zähigkeit erfolgt.

$R_{mb}$  = Biegebruchfestigkeit in kN/mm, ± 10 %

$R_{eb}$  = Biegestreckgrenze in kN/mm, ± 5 %

Die angegebenen Daten sind Richtwerte. Sie beziehen sich auf eine Probeabmessung von Ø 10 mm.



### Oberflächenbehandlung

#### Nitrieren

Der KPM 60 kann wie ein herkömmlicher Schnellstahl nitriert werden. Durch die Nitrierung erhöht sich die Verschleißfestigkeit (empfehlenswert bei Verarbeitung weicher Werkstoffe). Eine Diffusionszone von 2-20 µm je nach Einsatzfall wird empfohlen.

#### PVD

Durch eine PVD-Beschichtung (Physical vapour deposition) erhält man eine verschleißfeste Schicht bei relativ niedrigen Temperaturen (200-500°C). Da der KPM 60 immer im Hochtemperaturbereich (560°-570°C) angelassen wird, besteht während der PVD-Beschichtung keine Gefahr von Maßänderungen.

#### CVD

CVD (Chemical vapour deposition) ist ein chemisches Abscheidungsverfahren, das die Herstellung verschleißfester Oberschichten bei Temperaturen von ca. 1000°C ermöglicht. Nach der Beschichtung der Werkzeuge ist das Härten und Anlassen im Vakuumofen zu empfehlen.

Stahlhandel  
Oliver Klemm  
Westicker Straße 89  
D-58730 Fröndenberg  
Postfach 13 51  
D-58719 Fröndenberg

Tel.: ++49-(0)2373-75786-0  
Fax: ++49-(0)2373-75786-15  
E-Mail: info@ok-werkzeugstahl.de  
Internet: www.ok-werkzeugstahl.de

Bankverbindung:  
Stadtsparkasse Hemer  
Konto-Nr. 24 737 (BLZ 445 512 10)

Ust.-IdNr.:  
DE 813 208 262

Ausgabe: 10/2002

Eine Bezugnahme auf Normen, ähnliche technische Regeln, Beschreibungen und Abbildungen des Liefergegenstandes dienen nur der Leistungsbeschreibung und sind keine Zusicherung von Eigenschaften. Zusagen in Bezug auf das Vorhandensein bestimmter Eigenschaften oder einem bestimmten Verwendungszweck bedürfen stets besonderer schriftlicher Vereinbarung.



# KPM 450V

## Allgemeines

Chemische Zusammensetzung %	C	Cr	Mo	V	W
	1,90	20,00	1,00	4,00	0,20

**KPM 450 V** ist ein verschleiß- und korrosionsbeständiger pulvermetallurgisch hergestellter Kunststoffformenstahl. Dank der heißisostatischen Verdichtung (HIP) weist der Stahl ein feines homogenes und seigerungsfreies Gefüge über den gesamten Querschnitt auf. Hervorstechendes Merkmal dieser Stahlqualität ist der hohe Cr-Gehalt, der zusammen mit dem hohen C-Gehalt die ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit mit hohem Karbidanteil (bedingt auch durch V) ergibt. Dies bewirkt die guten Verschleißigenschaften bei korrosivem Angriff.

- ✓ ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit
- ✓ hohe Verschleißbeständigkeit
- ✓ hohe Druckfestigkeit
- ✓ sehr gute Zähigkeit
- ✓ gute Durchhärteeigenschaften
- ✓ hohe Maßbeständigkeit beim Härten

### Typische Anwendungsgebiete

Werkzeuge in der Nahrungsmittel- und Kunststoffindustrie, sowie in der Chemie und Gummi verarbeitenden Industrie, die hohem Verschleiß unter korrosiven Medien unterliegen.

Ihre speziellen Einsatzgebiete sollten Sie vorher mit unseren Spezialisten besprechen.

## Eigenschaften

### Physikalische Daten

Dichte g/cm <sup>3</sup>	7,6
Wärmeleitfähigkeit W/(m x K)	14

### Wärmeausdehnung zwischen 20°C und ...°C

100°C	200°C	300°C	400°C	500°C
10,9 x 10 <sup>-6</sup>	11,2 x 10 <sup>-6</sup>	11,8 x 10 <sup>-6</sup>	12,1 x 10 <sup>-6</sup>	12,3 x 10 <sup>-6</sup>

## Wärmebehandlung

### Weichglühen

**KPM 450 V** gleichmäßig auf eine Temperatur von 1020°C erwärmen und 2 Stunden auf dieser Temperatur halten. Danach langsam im Ofen bis auf 600 °C mit 10°C pro Stunde abkühlen. Die Restabkühlung erfolgt an ruhiger Luft.

### Spannungsarmglühen

Nach der Grobzerspannung sollte das Werkzeug auf 650°C durchgewärmt und ca. ½ Stunde auf dieser Temperatur gehalten werden. Dann langsam im Ofen abkühlen.

## Härten

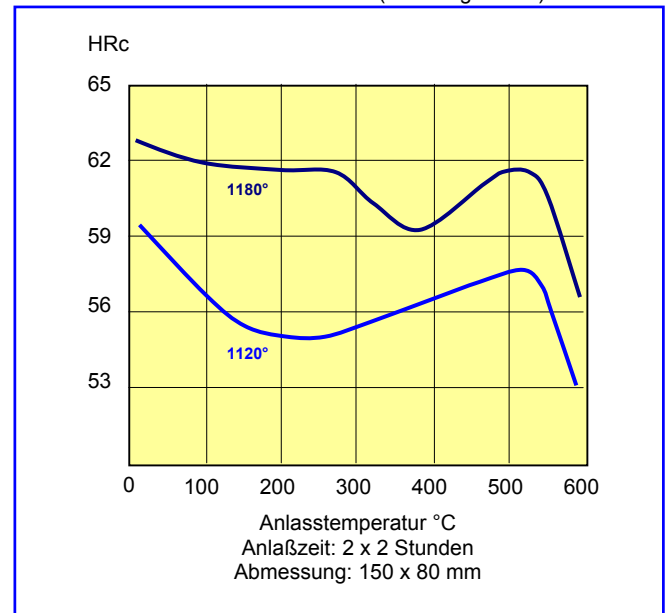
**Vorwärmen:** Langsam auf eine Temperatur von 840 – 870°C vorwärmen.

**Austenitisieren:** Im Vakuum auf eine Härtetemperatur von 1120° - 1180°C erwärmen. Die Haltezeit nach vollständiger Durchwärmung beträgt 30-40 Minuten.

**Abkühlung:** Nach erfolgter Vakuumwärmbehandlung mit einem Überdruck von min. 3,5 bar bis unterhalb 50°C abkühlen.

**Anlassen:** KPM 450 V wird üblicherweise 2 x je mind. 2 Stunden angelassen (siehe Anlaßschaubild)

### Anlassschaubild KPM 450 V (vakuumgehärtet)



## Bearbeitungshinweise

**KPM 450 V** lässt sich im weichgeglühten Zustand mit Schnellstahl oder Hartmetall bearbeiten. Es gelten folgende Richtwerte:

Verfahren	Werkzeugbreite oder Schnitttiefe mm	Schnellstahlbearb.		Hartmetallbearb.	
		Geschw. m/min.	Vorschub mm/U	Geschw. m/min.	Vorschub mm/U
Drehen	Schruppen Schlichten	15 20	0,4 0,2	75 100	0,4 0,2
Abstechen		10	0,02-0,04	40-50	ca. 0,05
Bohren	Ø 20 mm	8-10	0,2-0,3		
Stirnfräsen	Schruppen Schlichten	15-20 20-25	ca. 0,2 ca. 0,2	ca. 75 ca. 100	ca. 0,2 ca. 0,2
Schneidflüssigkeit		Schwefelöl leicht		wasserlösliches Öl	

Stahlhandel  
Oliver Klemm  
Westicker Straße 89  
D-58730 Fröndenberg

Postfach 13 51

Tel.: ++49-(0)2373-75786-0  
Fax: ++49-(0)2373-75786-15  
E-Mail: info@ok-werkzeugstahl.de  
Internet: www.ok-werkzeugstahl.de

Eine Bezugnahme auf Normen, ähnliche technische Regeln, Beschreibungen und Abbildungen des Liefergegenstandes dienen nur der Leistungsbeschreibung und sind keine Zusicherung von Eigenschaften. Zusagen in Bezug auf das Vorhandensein bestimmter Eigenschaften oder einem bestimmten Verwendungszweck bedürfen stets besonderer schriftlicher Vereinbarung.

Bankverbindung:  
Stadtsparkasse Hemer  
Konto-Nr. 24 737 (BLZ 445 512 10)

Ust.-IdNr.:  
DE 813 208 262

Ausgabe: 10/2002



Rückfragen richten Sie bitte an

Stahlhandel Oliver Klemm  
Westicker Str. 89  
58730 Fröndenberg

Tel.: 02373-75786-0  
Fax: 02373-75786-15

E-Mail: [info@ok-werkzeugstahl.de](mailto:info@ok-werkzeugstahl.de)

Weitere Information im Internet:  
[www.ok-werkzeugstahl.de](http://www.ok-werkzeugstahl.de)