



Vertrauen Sie **HSS**

## **METALLURGIE**

- 2 Ausgezeichnete Festigkeit
- 3 Eine wirklich scharfe Schneide
- 4 Sichere und zuverlässige Werkzeuge
- 5 Legierungs-Bestandteile
- 6 Der Einfluss der Legierungs-Bestandteile
- 7 Standard-Zusammensetzungen von HSS
- 8 Die Revolution durch HSS-PM
- 9 Warum ist HSS-PM die richtige Wahl
- 10 Gleichmäßige Mikrostruktur
- 11 Das Pulvermetallurgie-Verfahren
- 12 Standard-Zusammensetzungen von HSS-PM
- 13 HSS-PM und PVD-Beschichtungen

## **BESCHICHTUNGEN**

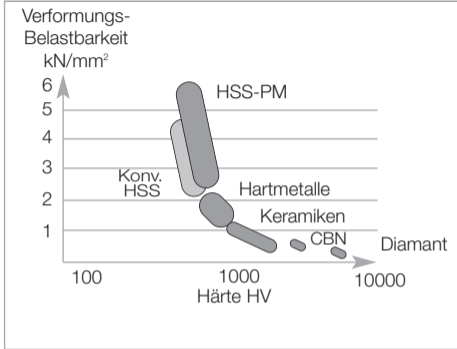
## **EINFÜHRUNG**

- 14 Moderne PVD-Beschichtungen für höchste Leistungen
- 15 Vorteile von PVD-beschichteten HSS-Werkzeugen
- 16 Standard-PVD-Beschichtungen
- 17 Moderne PVD-Beschichtungsarten
- 18 Entstehung von Rissbildung in verschiedenen PVD-Beschichtungen
- 19 Wärmeleitfähigkeit von PVD-Beschichtungen
- 20 Das PVD-Verfahren



## HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

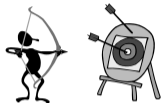
*Ausgezeichnete  
Festigkeit*



Hochleistungs-Schnellstähle haben eine höhere Verformungs-Belastbarkeit als jeder andere Schneidstoff.

Hohe Verformungs-Belastbarkeit gewährleistet:

- bessere Widerstandsfähigkeit gegen Schneidenbröckelung,
- größere Spantiefe, bedeutet weniger Schnitte,
- höhere Vorschübe pro Zahn.



Wegen der ausgezeichneten Belastbarkeit von Schnellstählen können die Werkzeughersteller wirklich scharfe Schneiden produzieren. Eine scharfe Schneide hat viele Vorteile:

- **Schwierig zu bearbeitende Werkstoffe**

Leichtere Bearbeitung von Titan-Legierungen.  
Weniger Verfestigungen bei austenischen  
rostbeständigen Stählen und Nickel-Legierungen.

- **Bessere Qualität**

Ausgezeichnete Oberflächenqualität und engere  
Toleranzen an bearbeiteten Teilen, weil das Metall  
geschnitten und nicht getrennt wird. Niedrigere  
Schnittkräfte – ein entscheidender Vorteil bei der  
Bearbeitung dünnwandiger Teile.

- **Längere Standzeiten**

Niedrigere Schneiden-Temperaturen durch geringere  
Schnittkräfte.

- **Und Wirtschaftlichkeit !**

Weniger Energieverbrauch der Maschine.

## HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

*Sichere und zuverlässige Werkzeuge*



Wegen der ausgezeichneten Belastbarkeit von Schnellstählen brechen HSS-Schneidwerkzeuge weniger und halten länger.

- **widerstehen Schwingungen** bei allen Arten von Werkzeugmaschinen, auch wenn die Steifigkeit im Laufe der Zeit nachgelassen hat, und unabhängig von der Werkstückspannung
- **widerstehen Schnittunterbrechungen** beim Fräsen und bei der Herstellung von Zahnrädern
- **sind geeignet für besondere und schwierige Bearbeitungsbedingungen**, wie z.B. in Verbundwerkstoffen, in Bohrungen, bei Schweißnähten, Schichtwerkstücken, geneigten Flächen usw.
- **widerstehen Wärmewechselbeanspruchungen**, und sind für alle Arten von Kühlmittel-Anwendungen geeignet

Cr	W	Mo	V	Co
<p><b>Chrom</b></p> <p>Menge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 4 %</li> </ul> <p>Effekt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verbesserte Schleifbarkeit</li> <li>• verhindert Zunderbildung</li> </ul> <p>Vorkommen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verschiedene Länder</li> </ul>	<p><b>Wolfram</b></p> <p>Menge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis zu 20 %</li> </ul> <p>Effekt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• effizientes Zerspanen</li> <li>• widerstandsfähig gegen Erweichen</li> </ul> <p>Vorkommen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vornehmlich China</li> </ul>	<p><b>Molybdän</b></p> <p>Menge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis zu 10 %</li> </ul> <p>Effekt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• effizientes Zerspanen</li> <li>• widerstandsfähig gegen Erweichen</li> <li>• verbesserte Härbarkeit</li> </ul> <p>Vorkommen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nebenprodukt der Kupfer- und Wolfram-Herstellung</li> </ul>	<p><b>Vanadin</b></p> <p>Menge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 – 5 %, max. 10 %</li> </ul> <p>Effekt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• formt sehr harte Carbide für hohe Verschleißfestigkeit</li> </ul> <p>Vorkommen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vorhanden in vielen Mineralien</li> </ul>	<p><b>Kobalt</b></p> <p>Menge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 – 16 %</li> </ul> <p>Effekt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verbesserte Warmhärte</li> <li>• verbesserte Temperaturbeständigkeit</li> <li>• teilweise Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit</li> </ul> <p>Vorkommen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vornehmlich Kanada, Marokko und Zaire</li> </ul>

Anmerkung: 1w% Mo = 2w% W



	Cr	W	Mo	V	Co
Härte	↗	↗	↗	↗	↗
Schlagfestigkeit	→	→	↗	→	↘
Temperatur-Beständigkeit	→	↗	↗	↗	↗
Verschleißfestigkeit	↗	↗	↗	↗	↗



## HSS

ISO (AISI) - Normen	C	Cr	W	Mo	V
HS 6-5-2 (M2)	0.9	4	6	5	2
HS 1-8-1 (M1)	0.8	4	1.5	8.75	1
HS 2-8-2 (M7)	1	4	1.75	8.75	2
HS 18-0-1 (T1)	0.75	4	18	0	1

## HSS-E

5% kobalt

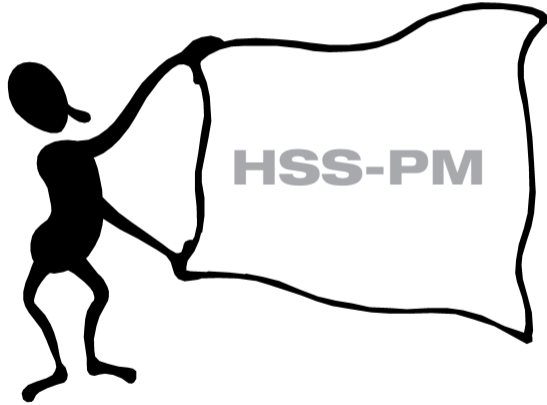
ISO (AISI) - Normen	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 6-5-2-5 (M35)	0.9	4.2	6.4	5	1.9	4.8
(T15)	1.5	4	12	0	5	5

## HSS-E

8% kobalt

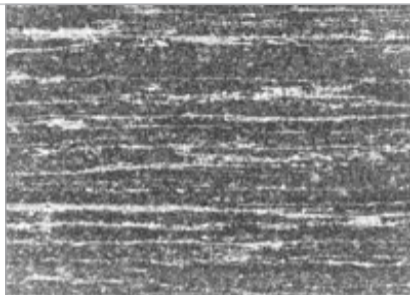
ISO (AISI) - Normen	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 2-9-1-8 (M42)	1.1	4	1,5	9,5	1.2	8



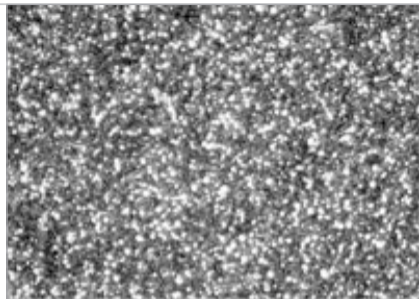


- Schnellstahl (HSS), der im Pulvermetallurgie-Verfahren hergestellt wurde, hat einen höheren Bestandteil an Legierungs-Elementen und eine **Kombination von ausgezeichneten Eigenschaften**:
  - höhere Zähigkeit
  - höhere Verschleißfestigkeit
  - höhere Härte
  - höhere Warmhärte
- Der Einsatz von HSS-PM **verlängert die Standzeiten**, verbessert die Vorhersagbarkeit von Standzeiten, erhöht die Leistung (Vorschub und Schnittgeschwindigkeit) und ist ein wirksames Mittel gegen Schneidenbröckelungen. HSS-PM ist ein hervorragendes Substrat, um die optimale Leistung von PVD Beschichtungen zu erreichen.
- HSS-PM hat viele Vorteile bei **Hochleistungs-Anwendungen**, wie z.B. Schruppfräsen, Verzahnungswerkzeugen und Räumwerkzeugen sowie bei schwierigen Operationen bei der Gewindeherstellung, beim Bohren und beim Reiben. HSS-PM wird auch für Bandsägen, Messer, Kaltarbeitswerkzeuge und Rollen eingesetzt.





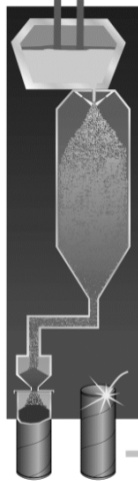
**HSS**



**HSS-PM**

Die gleichmäßige Mikrostruktur und die Reinheit von HSS-PM ist sehr wichtig für eine zuverlässige Leistung der Werkzeuge.

Pulver zerstäuben



Isostatisches  
Heißpressen

Schmieden

Rollen



#### HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

*Stahlproduzenten entwickeln ständig neue PM-Stahlsorten, um noch höhere Zerspanungsleistungen zu erreichen*

### HSS-PM

ISO (AISI) - Normen	C	Cr	W	Mo	V
HS 6-5-3 (M3:2)	1.3	4.1	6.4	5	3
HS 6-5-4 (M4)	1.45	4.1	6.4	5	4

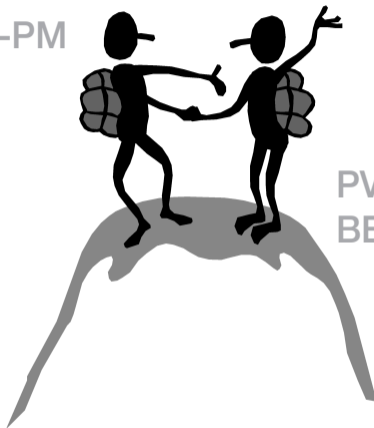
### HSS-E-PM

ISO (AISI) - Normen	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 12-0-5-5 (T15)	1.5	4	12	0	5	5
HS 6-5-3-8	1.3	4.2	6.4	5	3.1	8.5
HS 6-7-6-10	2.3	4.2	6.5	7	6.5	10.5

**HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS**

*Zur Erreichung längerer Standzeiten sollten die leistungssteigernden PVD-Beschichtungen mit den Vorteilen von HSS-PM kombiniert werden*

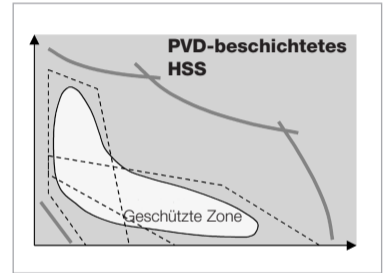
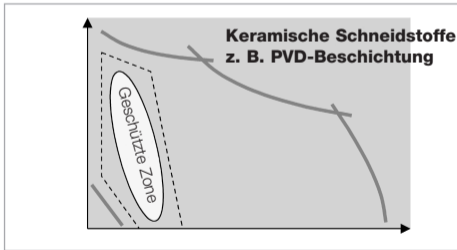
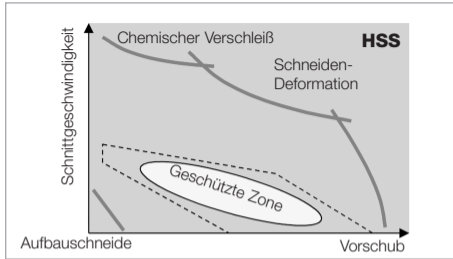
HSS-PM



PVD-  
BESCHICHTUNG

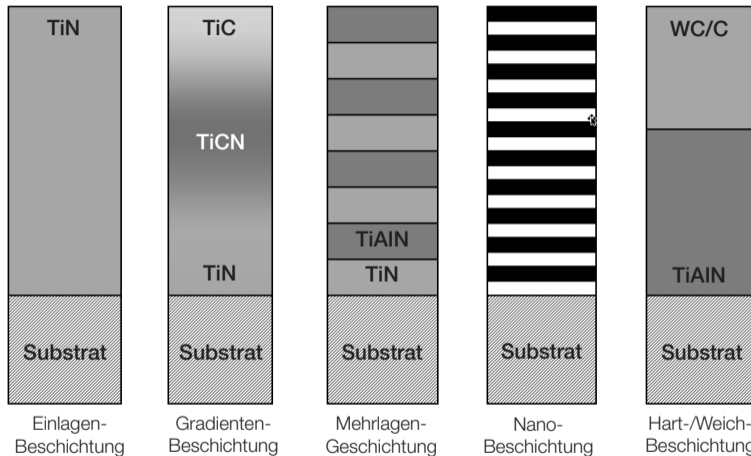
- HSS und HSS-PM sind ausgezeichnete Substrate für alle PVD-Beschichtungen, wie z.B. TiN, TiAlN, TiCN, Gleit-Beschichtungen und Mehrlagen-Beschichtungen.
- PVD-Beschichtungen **verlängern die Standzeiten erheblich und erhöhen die Leistung** von HSS-Werkzeugen bei Hochleistungs-Anwendungen, bei hohen Vorschüben und hohen Schnittgeschwindigkeiten oder Trockenbearbeitung und bei der Bearbeitung schwer zerspanbarer Materialien.
- PVD-Beschichtungen bewirken:
  - **verbesserte Oberflächenhärte** und damit **höheren Verschleißwiderstand** gegen abrasiven oder chemischen Verschleiß (Freiflächen- und Kolkverschleiß)
  - **reduzierte Verschleißneigung** und damit besseren Spanablauf, verringerte Schnittkräfte, das Vermeiden von Aufbauschneiden und geringere Wärmeentwicklung
  - **geringere Erwärmung der Werkzeuge**
  - als Folge der **chemischen Barriere** entsteht ein höherer Korrosions- und Oxidations-Widerstand
  - Kolk-Verschleißfestigkeit
  - **verbesserte Oberflächengüte** der hergestellten Werkstücke

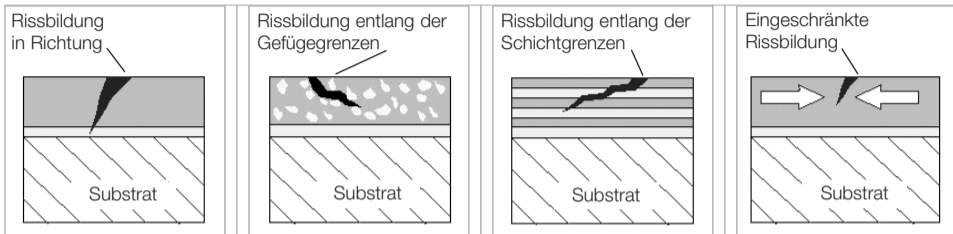






<b>TiN</b> Gold	<b>TiCN</b> Grau-violett	<b>TiAlN oder TiAlCN</b> Schwarz-violett	<b>WC-C oder MoS<sub>2</sub></b> Grau-schwarz	<b>CrN</b> Metallisch
<p>Härte HV(0,05) 2300 Reibungs-Koeffizient: 0,3 Temperatur-Stabilität 600°C</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschichtung für allgemeine Anwendungen</li> <li>• Verbesserter Spanablauf</li> <li>• Verbesserte Verschleißfestigkeit</li> </ul>	<p>Härte HV (0,05) 3000 Reibungs-Koeffizient: 0,4 Temperatur-Stabilität 750°C</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Großes Anwendungsfeld</li> <li>• Bestens geeignet für Stahlbearbeitung</li> <li>• Verschleißfester als TiN-Beschichtung</li> <li>• Verfügbar als Ein- und Mehrlagenschicht</li> </ul>	<p>Härte HV (0,05) 3000-3500 Reibungs-Koeffizient: 0,45 Temperatur-Stabilität 800° - 900°</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochleistungs-Beschichtung für hohe Schnittparameter und lange Standzeiten</li> </ul> <p>Auch für Trockenbearbeitung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringere Erwärmung des Werkzeugs</li> <li>• Mehrlagen, nano-strukturierte oder legierte Schichten ermöglichen noch höhere Leistungen</li> </ul>	<p>Härte HV (0,05) 1000-3000 Reibungs-Koeffizient: 0,1 Temperatur-Stabilität 300°C</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserter Spanablauf</li> <li>• Aber verminderte Temperatur-Stabilität</li> <li>• Für klebende Werkstoffe, wie z.B. Aluminium-Legierungen, Kupfer und nichtmetallische Materialien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Für Kupfer, Messing, Bronze usw.</li> </ul>





**Einlagen-Beschichtung**  
mit niedriger innerer  
Druckspannung

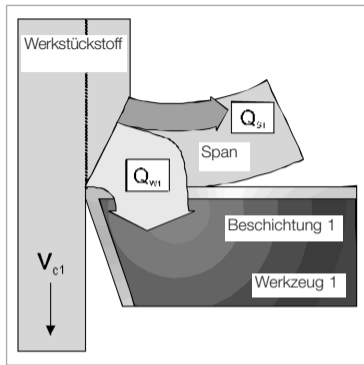
**Nanokristalline  
Struktur**

**Mehrlagen-  
Beschichtung**

**Einlagen-Beschichtung**  
mit hoher innerer  
Druckspannung

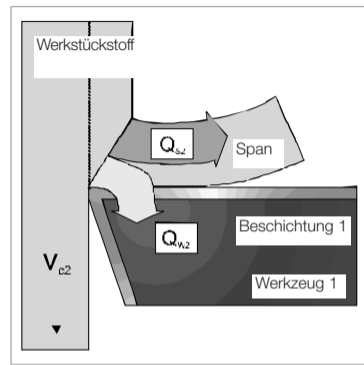
- Die Bruchzähigkeit einer Beschichtung ist ebenso bedeutend wie ihre Eigenschaften für eine Verzögerung der Rissbildung.
- Eine Ausgewogenheit ist notwendig zwischen einer zu hohen Druckspannung (eingeschränkte Schichthftung) und niedriger Zugspannung (keine Verzögerung der Rissbildung).

## ENTSTEHUNG VON RISSBILDUNG IN VERSCHIEDENEN PVD-BESCHICHTUNGEN



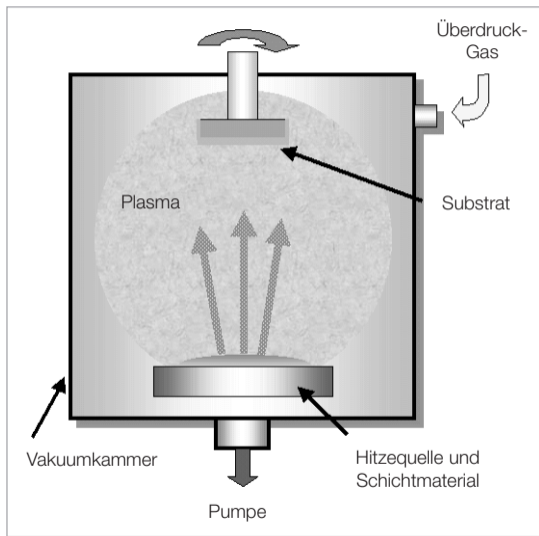
**Beschichtung mit hoher Wärmeleitfähigkeit**

- Schnittgeschwindigkeit  $V_{c1} = V_{c2}$
- Wärmefluss, Span  $Q_{s2} > Q_{s1}$
- Wärmefluss, Werkzeug  $Q_{w2} > Q_{w1}$
- Schnittkraft  $F_{c1} > F_{c2}$
- Länge der Kontaktzone  $l_{k1} > l_{k2}$



**Beschichtung mit niedriger Wärmeleitfähigkeit**

## WÄRMELEITFÄHIGKEIT VON PVD-BESCHICHTUNGEN



- Ein Material wird verdunstet und dann kondensiert, um sich auf das Substrat (= das Werkzeug) zu legen
- Vakuum:  $10^{-6}$ - $10^{-4}$  torr
- Temperatur: 200 – 500°C
- Plasma-unterstützt