# Beschichtungsleitfaden

PLASMA plus | coating

Für die Schichtwahl zählt weniger die Werkstoffnorm als das **Verschleißverhalten** beim Zerspanen: **Adhäsion** (Aufschmieren), **Abrasion** (harte Bestandteile) und **Temperatur**. Danach richten sich unsere fünf Auswahlregeln:

### Temperatur

Je heißer die Zerspanung – hohe $v_c$, trocken, unterbrochener Schnitt –, desto mehr **Aluminium** (AlTiN, AlTiSiN).

HE B · HE X · HE S

### Schnitt

Im **kontinuierlichen Schnitt** (Drehen, Gewinde, Reiben, Bohren mit Kühlung) mehr **Titan** (TiN, TiCN, TiCCrN).

TiN · HE Z · HE A plus

### Abrasion

Je abrasiver der Werkstoff – Kohlenstoff, Carbide, Chrom –, desto mehr **Chrom** in der Schicht (AlCrN, AlCrSiN).

HE P3 · HE S6P · HE P2

### Kühlung

Gute Kühlung senkt die Temperatur → zähe, titanreichere Schichten. Trocken, Luft oder MMS → **Al-/Si-reiche** Schichten. Si-haltige Schichten bevorzugt trocken; bei Innenkühlung (Bohren) eine zähe Schicht – Temperaturwechsel führen zu Rissen.

HE P3 · HE B · HE S

### Gefüge

**Schruppen und Bohren:** kolumnare bzw. mehrlagige, zähe Strukturen. **Schlichten und Hartbearbeitung:** nanokristalline, harte Strukturen.

HE B · HE B plus · HE S6F

| WERKSTOFFGRUPPE · VERSCHLEISSVERHALTEN | BOHREN | FRÄSEN – SCHRUPPEN | FRÄSEN – SCHLICHTEN | REIBEN | GEWINDE | WÄLZFRÄSEN | DREHEN / WSP | FEIN-WERKZEUGE (MINI) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1 Weichmetalle**<br>Aluminium, Al-Si-Guss, Messing, Bronze, Magnesium<br>Adhäsion ■■■ Abrasion □□□ Temperatur ■□□ | **HE A**<br>HE A Zr | **HE A** | **HE A Zr**<br>HE A | **HE A Zr** | **HE A Zr** | – | – | **ZrN** |
| **2 Kohlenstoffarme Stähle (C < 0,35 %)**<br>S235JR, S355J2, C15, 16MnCr5, 11SMnPb30<br>Adhäsion ■■□ Abrasion □□□ Temperatur ■■□ | **HE B**<br>TiN | **HE B** | **HE X** | **HE B Dünn** | **HE Z**<br>TiN | **HE P3**<br>HE B | **TiN**<br>AlTiN 4M | **HE P1 Mini** |
| **3 Kohlenstoff-, Chrom-, Werkzeugstähle**<br>C45, C60, 42CrMo4, 100Cr6 weich, 1.2343 · bis 50 HRC<br>Adhäsion ■□□ Abrasion ■■□ Temperatur ■■□ | **HE S6P**<br>HE B plus | **HE P3**<br>HE B plus | **HE X**<br>HE S | **HE B Dünn**<br>HE X Dünn | **HE Z** | **HE P3**<br>HE B | **AlTiN 4M** | **HE P1 Mini** |
| **4 Rostfreie Stähle – austenitisch, Duplex**<br>1.4301 (V2A), 1.4404/1.4571 (V4A), 1.4462 (Duplex)<br>Adhäsion ■■■ Abrasion ■■□ Temperatur ■■■ | **HE P3**<br>HE S6P | **HE P3** | **HE P3**<br>HE S | **HE P2** | **HE Z** | – | – | **HE P1 Mini** |
| **5 Gusseisen**<br>EN-GJL-250, EN-GJS-400-15, EN-GJV-450<br>Adhäsion ■□□ Abrasion ■■■ Temperatur ■□□ | **HE B plus**<br>HE S6P | **HE B plus**<br>HE S | **HE S** | **HE B Dünn** | – | – | – | **HE S Mini** |
| **6 Titanlegierungen**<br>Reintitan Grade 2, TiAl6V4<br>Adhäsion ■■□ Abrasion ■□□ Temperatur ■■■ | **HE A plus**<br>HE S6P | **HE A plus**<br>HE S | **HE S**<br>HE S6F | **HE X Dünn**<br>HE P2 | **HE Z** | – | – | – |
| **7 Nickelbasislegierungen**<br>Inconel 718, Inconel 625, Hastelloy X<br>Adhäsion ■■□ Abrasion ■■□ Temperatur ■■■ | **HE S6P**<br>HE X + HE A | **HE X + HE A**<br>HE P3 | **HE S + HE A**<br>HE P3 | **HE X Dünn**<br>HE P2 | – | – | – | **HE P1 Mini** |
| **8 Gehärtete Stähle – Hartbearbeitung**<br>1.2379, 90MnCrV8, 100Cr6 gehärtet · ab ca. 50 HRC<br>Adhäsion □□□ Abrasion ■■■ Temperatur ■■■ | **HE S6B**<br>HE P3 | **HE S** | **HE S6F**<br>HE S | **HE P2** | – | – | – | **HE S Mini** |

**Fett** = Hauptempfehlung  klein = Alternative  – = nach Absprache  ■ Farbfeld = Schichtfarbe (Seite 2)  · HE A oder ZrN als Gleit-Decklage auf allen Schichten möglich (z. B. HE X + HE A, HE S + HE A) · Reiben: HE B Dünn passt universell · Wälzfräsen: AlCrN-basierte HE P3, für hohe Schnittgeschwindigkeit trocken HE B

# Schichtübersicht

PLASMA plus | coating

| Schicht | Anwendung | Chemie | Farbe | Härte [GPa] | max. Temp. | Standard | Dünn / Mini | Werkstoffgruppen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TiN | Allg. Zerspanung bei moderaten Schnittdaten, Gewinde, Stanzen/Umformen | TiN | gold | 25 | 650 °C | 3,5 µm ± 0,5 | 1,2 µm ± 0,2 | 2 |
| AlTiN 4M | Drehen und Fräsen mit Wendeschneidplatten | AlTiN Nanolayer | grau-schwarz | 35 | 1100 °C | 8 µm ± 2 | 4 µm ± 1 | 2 3 |
| ZrN | Gleit-Decklage gegen Aufschmieren; Feinwerkzeuge für Weichmetalle | ZrN | zirkon | 22 | 600 °C | 0,5 µm ± 0,1 | | 1 |
| HE B | Universal: Bohren und Schruppen in Stahl, Wälzfräsen; Dünn: Reiben | AlTiN / TiAlN Multilayer | schwarz-violett | 33 | 850 °C | 3,5 µm ± 0,5 | 1,3 µm ± 0,3 | 2 3 5 |
| HE S | Schlichten und Hartbearbeitung, hohe Temperaturen, bevorzugt trocken | AlTiSiN | lila-grau | 36 | 1100 °C | 3,0 µm ± 0,5 | 1,2 µm ± 0,3 | 3 4 5 6 8 |
| HE S Mini | Feinwerkzeuge Ø < 1,5 mm – gehärtete Stähle, Guss | AlTiSiN | lila-grau | 36 | 1100 °C | – | 0,8 µm ± 0,2 | 5 8 |
| HE B plus | Bohren und Schruppen in C-/Cr-Stählen und Guss | AlTiSiN Multilayer | grau-schwarz | 37 | 1000 °C | 3,5 µm ± 0,5 | 1,3 µm ± 0,3 | 3 5 |
| HE S6F | Fräsen – Schlichten und Hartbearbeitung | AlTiSiN + TiSiN | gold-rötlich | 38 | 1100 °C | 2,5 µm ± 0,5 | | 6 8 |
| HE S6P | Bohren und Fräsen abrasiver Stähle, Ni-Basis | AlCrSiN + AlTiSiN | gold-rötlich | 40 | 1100 °C | 3,5 µm ± 0,5 | | 3 4 5 6 7 |
| HE S6B | Bohren gehärteter Stähle | AlTiSiN + TiSiN | gold-rötlich | 38 | 1100 °C | 4 µm ± 0,5 | | 8 |
| HE A Zr | Weichmetalle: Aluminium, Kupfer, Messing | CrTiAlN + ZrN | zirkon | 28 | 800 °C | 1,5 µm ± 0,2 | | 1 |
| HE A | Weichmetalle; Decklage für Kombischichten | CrTiAlN | hell-silbern | 28 | 800 °C | 1,5 µm ± 0,2 | | 1 7 |
| HE A plus | Titan und zähe Werkstoffe: Bohren, Fräsen | TiCCrN-basiert | hell-silbern | 32 | 700 °C | 2,5 µm ± 0,5 | 1,2 µm ± 0,2 | 6 |
| HE Z | Gewinde in Stahl, Rostfrei und Titan | TiCN | pink | 31 | 750 °C | 2,5 µm ± 0,5 | | 2 3 4 6 |
| HE X | Fräsen – Schlichten, allg. Zerspanung; Dünn: Reiben legierter Stähle, Ti, Ni | AlTiN | grau-schwarz | 33 | 950 °C | 3,5 µm ± 0,5 | 1,2 µm ± 0,2 | 2 3 6 7 |
| HE P2 | Dünnschicht: Reiben Rostfrei und gehärtet | AlCrN + AlCrSiN | grau | 38 | 1000 °C | – | 1,2 µm ± 0,2 | 4 6 7 8 |
| HE P1 Mini | Feinwerkzeuge Ø < 0,9 mm – Stahl, Rostfrei, Ni-Basis | AlCrN + AlCrSiN | grau | 38 | 1000 °C | – | 0,8 µm ± 0,2 | 2 3 4 7 |
| HE P3 | Rostfrei, Ni-Basis, abrasive Stähle, Wälzfräsen; auch gekühlt | AlCrN + AlCrSiN | grau | 38 | 1000 °C | 2,5 µm ± 0,5 | – | 2 3 4 7 8 |

Alle Werte sind typische Richtwerte. Härte: Mikrohärte der Schicht. Werkstoffgruppen 1–8 und Farben wie im Beschichtungsleitfaden (Seite 1). Dünnschicht- und Mini-Varianten erhalten die Schneidkantenschärfe und enge Durchmessertoleranzen; HE S Mini und HE P1 Mini für Fein- und Kleinstwerkzeuge (Abschnitt 9).

### 1 Weichmetalle – Aluminium, Kupfer, Messing, Bronze, Magnesium

**Beispiele:** EN AW-5754 (AlMg3), EN AW-6082, EN AW-7075 (Al-Knetlegierungen), AlSi7Mg, AlSi9Cu3, AlSi12 (Guss/Druckguss), CW004A (Cu-ETP, Reinkupfer), CuZn39Pb3 (Messing), CuSn8 (Bronze), AZ91 (Magnesium)

**Zerspanung:** Aufschmieren und Aufbauschneiden; Al-Si-Guss mit hohem Si-Anteil ist zusätzlich abrasiv. Reinkupfer und Reinaluminium kleben besonders stark. Glatte, dünne Schichten auf Cr-Basis, ZrN-Decklage für besseren Spanfluss; scharfe Schneiden, nur leichte Kantenverrundung.

→ *Schichtempfehlung: HE A, HE A Zr · Feinwerkzeuge ZrN*

### 2 Kohlenstoffarme Stähle (C < 0,35 %)

**Beispiele:** 1.0037 (S235JR), 1.0570 (S355J2), 1.0330 (DC01, Blech), 1.0401 (C15), 1.0402 (C22), 1.7131 (16MnCr5), 1.7147 (20MnCr5) – Einsatzstähle unvergütet, 1.0715 (11SMn30), 1.0718 (11SMnPb30) – Automatenstähle

**Zerspanung:** zäh, geringer Kohlenstoffgehalt – Neigung zu Aufbauschneiden (Adhäsion). Hohe Schnittleistung erzeugt Hitze → aluminiumreiche, kolumnare AlTiN-/TiAlN-Schichten; im kontinuierlichen Schnitt (Bohren mit Kühlung, Gewinde, Drehen) titanreiche Schichten TiN, TiCN.

→ *Schichtempfehlung: HE B, HE X, TiN, HE Z · Reiben HE B Dünn · Wälzfräsen HE P3, HE B*

### 3 Kohlenstoff-, Chrom- und Werkzeugstähle (vergütet bis ca. 50 HRC)

**Beispiele:** 1.0503 (C45), 1.1191 (C45E), 1.0601 (C60), 1.1520 (C70U), 1.7220 (34CrMo4), 1.7225 (42CrMo4), 1.6511 (36CrNiMo4), 1.6582 (34CrNiMo6), 1.3505 (100Cr6, weichgeglüht) · Formenstähle 1.2311, 1.2312, 1.2738, 1.2714 · Warmarbeitsstähle 1.2343/1.2344 vergütet · martensitisch rostfrei 1.4021, 1.4034, 1.4057, 1.4122

**Zerspanung:** Kohlenstoff und Chrom bilden harte Carbide – diese Stähle sind abrasiv, auch wenn sie nicht hochlegiert sind. Je abrasiver, desto mehr Chrom in der Schicht (AlCrN, AlCrSiN); bei hohen Temperaturen Aluminium. Schruppen und Bohren: kolumnare bzw. mehrlagige Schichten; Schlichten: nanokristallin.

→ *Schichtempfehlung: HE P3, HE S6P, HE B plus, HE X, HE S, AlTiN 4M (WSP) · Reiben HE B Dünn, bei höher legierten Stählen HE X Dünn · Wälzfräsen HE P3, HE B*

### 4 Rostfreie Stähle – austenitisch und Duplex

**V2A** 1.4301, 1.4305 (Automatengüte), 1.4307, 1.4310 (Federstahl), 1.4541 · **V4A** 1.4401, 1.4404, 1.4571, 1.4435 · **Hochlegiert** 1.4539 (904L), 1.4529 (6Mo) · **Duplex/Superduplex** 1.4362, 1.4462, 1.4410, 1.4501, 1.4507

**Zerspanung:** Kaltverfestigung, Aufschmieren und schlechte Wärmeleitung – Adhäsion, Hitze und bei Duplex/Mo-legiert zusätzlich Abrasion. Mit steigendem Ni- und Mo-Gehalt nimmt die Zerspanbarkeit ab. Chromhaltige Schichten (AlCrN, AlCrSiN), bei höheren Schnittdaten AlTiSiN; im kontinuierlichen Schnitt TiCN. Scharfe Schneide mit kleiner Verrundung, nicht im Material reiben lassen.

→ *Schichtempfehlung: HE P3, HE S6P, HE S · Reiben HE P2 · Gewinde HE Z*

### 5 Gusseisen

**Beispiele:** EN-GJL-250, EN-GJL-300 (Grauguss), EN-GJS-400-15, EN-GJS-500-7, EN-GJS-700-2 (Sphäroguss), EN-GJS-800-10 (ADI, bainitisch), EN-GJV-450 (Vermicularguss)

**Zerspanung:** kurzspanend, aber abrasiv durch harte Einschlüsse (Carbide, Formsand); GJS neigt stärker zu Adhäsion, ADI und GJV sind deutlich abrasiver. Abrasionsbeständige, mehrlagige AlTiSiN-Schichten; trocken oder mit MMS, größere Kantenverrundung.

→ *Schichtempfehlung: HE B plus, HE S, Bohren HE S6P · Reiben HE B Dünn*

### 6 Titanlegierungen

**Beispiele:** 3.7035 (Reintitan Grade 2), 3.7164 (TiAl6V4, Grade 5), 3.7165 (TiAl6V4 ELI, Medizintechnik), TiAl6Nb7 (Implantate), Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo (Luftfahrt)

**Zerspanung:** sehr geringe Wärmeleitfähigkeit – die Hitze bleibt an der Schneide, Neigung zum Aufschmieren, Titanspäne sind brennbar – reichlich Kühlung. Weichgeglüht (< 900 N/mm²) → *HE Z oder HE A plus*; ausgehärtet (900–1250 N/mm²) → *HE S oder HE S6F, möglichst mit ZrN-Gleitschicht* · Reiben HE X Dünn oder HE P2

### 7 Nickelbasislegierungen

**Beispiele:** 2.4668 (Inconel 718), 2.4856 (Inconel 625), 2.4816 (Inconel 600), 2.4669 (Inconel X-750), 2.4952 (Nimonic 80A), 2.4654 (Waspaloy), 2.4665 (Hastelloy X), 2.4375 (Monel K-500) · ähnlich: Kobaltbasislegierungen (Stellite, CoCr-Medizintechnik)

**Zerspanung:** starke Kaltverfestigung – Werkzeug im Eingriff halten, niedrige $v_c$, relativ großer Vorschub $f_z$. Hohe Schnittkräfte überhitzen die Schneide; die Schicht muss wärmeleitend und abrasionsbeständig sein. Kombischichten mit HE A als Decklage verringern Aufschmierungen.

→ *Schichtempfehlung: HE P3, HE S6P, HE S6F · Kombischichten HE X + HE A, HE S + HE A · Reiben HE X Dünn oder HE P2*

### 8 Gehärtete Stähle – Hartbearbeitung (ab ca. 50 HRC)

**Beispiele:** 1.2379 (X153CrMoV12), 1.2080 (X210Cr12), 1.2363 (X100CrMoV5), 1.2842 (90MnCrV8), 1.2767 (45NiCrMo16), 1.3505 (100Cr6), 1.3343 (HS6-5-2) – jeweils gehärtet · 1.2343 gehärtet, einsatzgehärtete Stähle, pulvermetallurgische Stähle, martensitisch rostfrei gehärtet

**Zerspanung:** höchste Abrasion und Temperatur an der Schneide. Nanokristalline AlTiSiN-Schichten mit hoher Härte und Temperaturbeständigkeit, stabile Schneidengeometrie (großer Keilwinkel). Über 60 HRC und bei pulvermetallurgischen Stählen steigt der Verschleiß stark – Schnittdaten reduzieren.

→ *Schichtempfehlung: HE S, HE S6F, Bohren HE S6B*

### 9 Fein- und Kleinstwerkzeuge

Bei kleinen Durchmessern führt die Standardschichtdicke zu großer Kantenverrundung und Maßabweichung. **Ø < 0,9 mm:** Mini-Variante (0,8 µm) · **Ø 1–2 mm:** Dünnschicht erforderlich · **Ø 2–3 mm:** Dünnschicht empfohlen · **ab Ø 4 mm:** Standardschichtdicke

→ *Schichtempfehlung: Stahl, Edelstahl, Ni-Basis HE P1 Mini · gehärtete Stähle, Guss HE S Mini · Weichmetalle ZrN*

### i Allgemeine Hinweise

**Vorbehandlung:** Eine passende Kantenverrundung durch Strahlen oder Bürsten verbessert Schichthaftung und Standzeit (siehe Datenblatt PN3XX).
**Nachbehandlung:** Nassstrahlen bzw. Bürsten glättet die Schicht und verbessert den Spanfluss. **Kühlung:** Im unterbrochenen Schnitt (Fräsen) kann Emulsion Thermorisse verursachen – harte Si-haltige Schichten trocken, mit Luft oder MMS einsetzen; beim Bohren mit Innenkühlung zähe Schichten wie HE P3 oder HE B.
**Wiederbeschichten:** Werkzeuge können entschichtet, nachgeschliffen und neu beschichtet werden – auch mit einer anderen, besser passenden Schicht. Alle Angaben sind Richtwerte; die optimale Schicht stimmen wir gerne im Einzelfall mit Ihnen ab.