

Schichtsysteme zum Bearbeiten von NE-Metallen
Ein integraler Blick auf Werkzeug, Schicht und
Oberflächenbehandlung

Wernesgrüner
**WERKZEUG
SYMPOSIUM**

2. JUNI 2022

DR. ANDREAS LUEMKEMANN
& PLATIT-TEAM

Inhalt

1. PLATIT AG in Kürze
2. Werkzeugoptimierung
3. Hartstoffschichten
4. Rund ums Beschichten
5. Anwendungsbeispiele



1. PLATIT AG in Kürze

PORTRAIT



- Unabhängiger Hersteller von PVD Beschichtungsanlagen –
>150 Mitarbeiter, gegründet 1993
- Maßgeschneiderte Beschichtungslösungen
- Integration schlüsselfertige Beschichtungscenter
in die Produktion von Platit-Kunden
- Bewährte Technologie –
>550 Installationen in 39 Länder
- Keine Lohnbeschichtung –
keine Konkurrenz
- Standorte in Übersee - Support & Ersatzteile
 - Libertyville, USA
 - Shanghai, CN
 - Gyeonggi-do, KR

Produktion, Sonderanlagen
Vaulruz, Schweiz



Hauptsitz, R&D, Verkauf
Selzach, Schweiz

Produktion, Standardanlagen
Šumperk, Tschechien



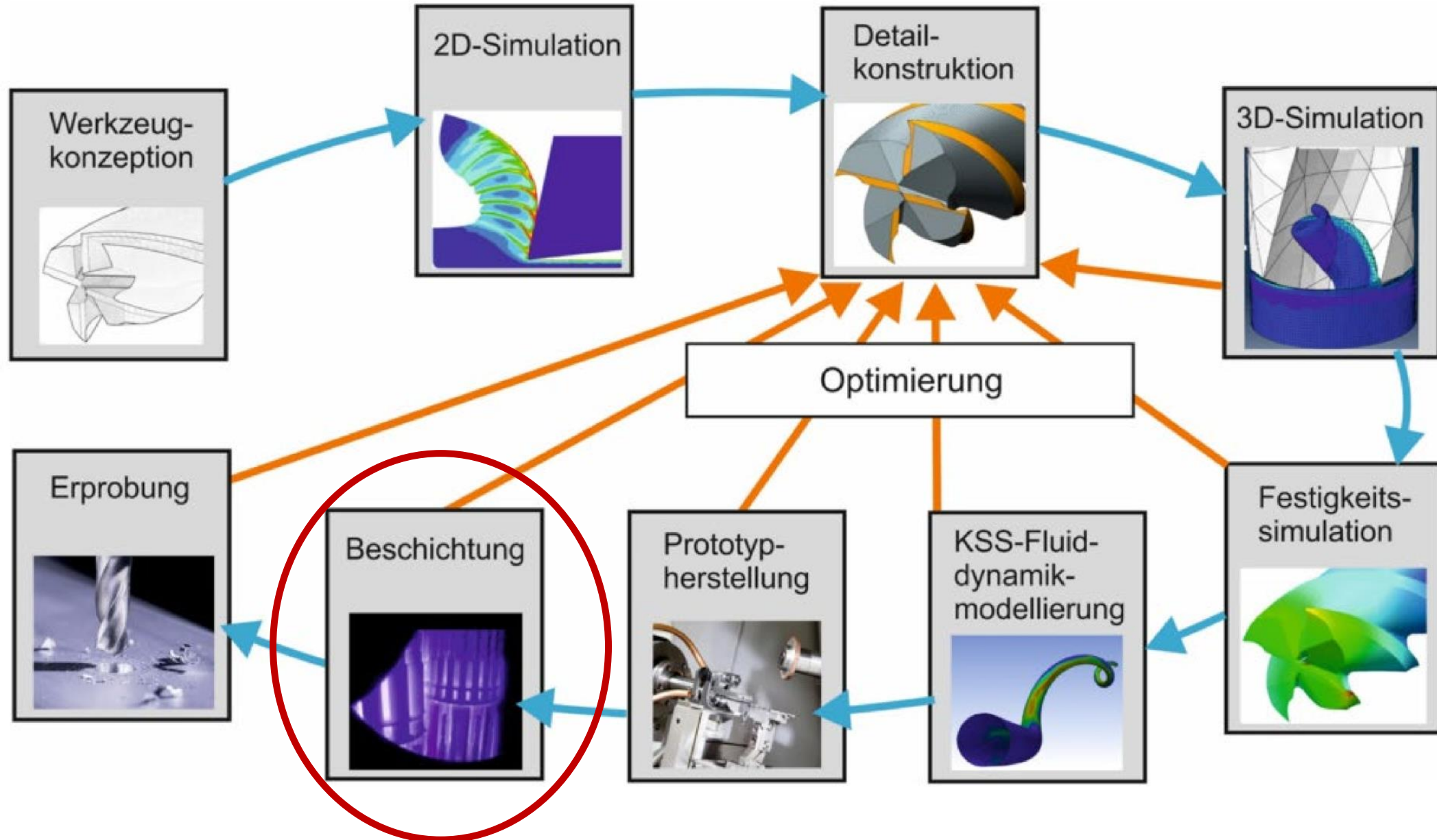
Inhalt

1. PLATIT AG in Kürze
- 2. Werkzeugoptimierung**
3. Hartstoffschichten
4. Rund ums Beschichten
5. Anwendungsbeispiele



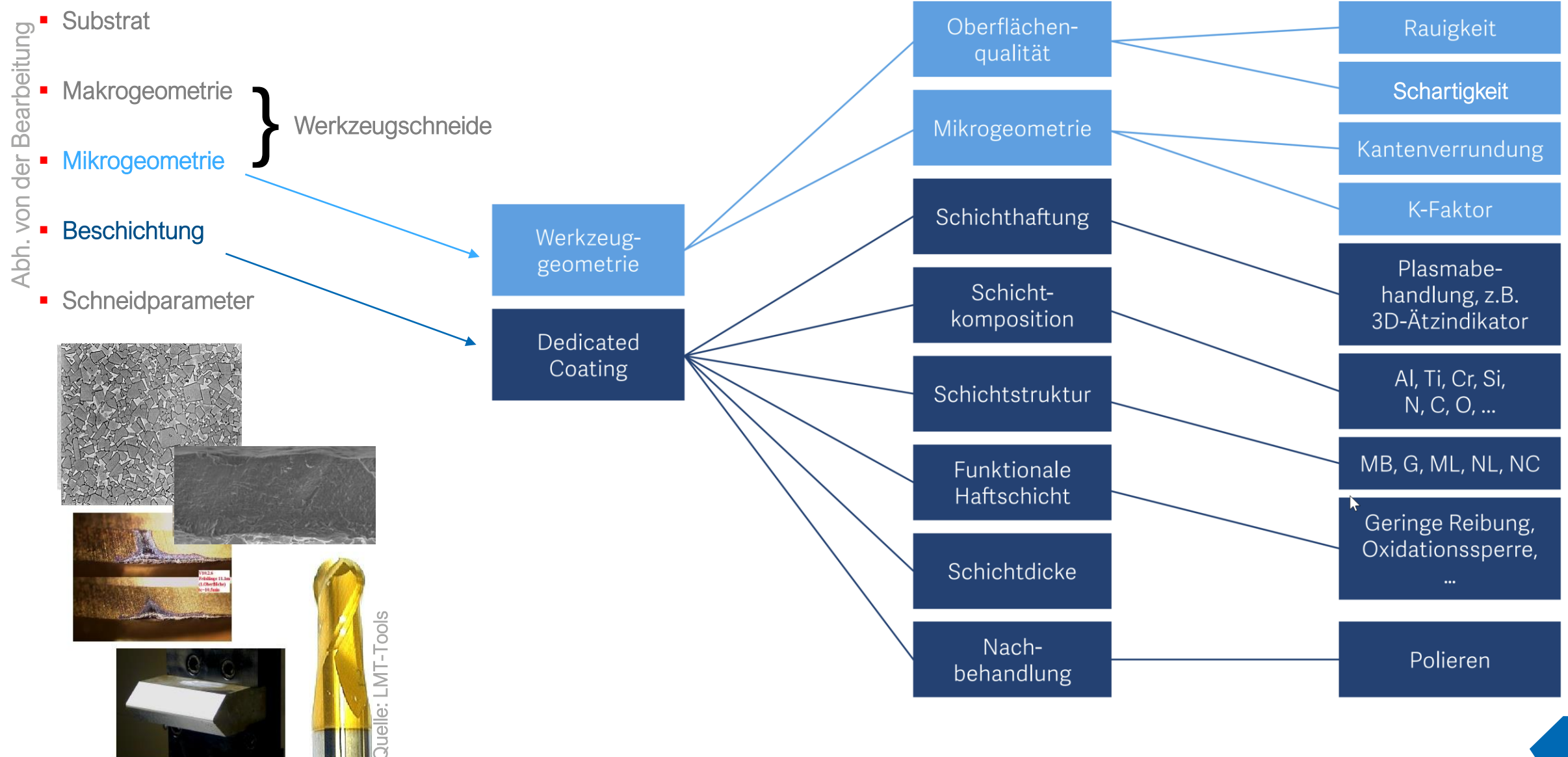
2. Entwicklung eines Zerspanwerkzeuges

FOLIE PROF. B. KARPUSCHEWSKI WÄHREND "GFE WERKZEUGTAGUNG 2021"



2. Optimierung von Hochleistungswerkzeugen

BEI PLATIT: ANGEPASSTE HARTSTOFFSCHICHT & MIKROGEOMETRIE



Inhalt

1. PLATIT AG in Kürze
2. Werkzeugoptimierung
- 3. Hartstoffschichten**
4. Rund ums Beschichten
5. Anwendungsbeispiele



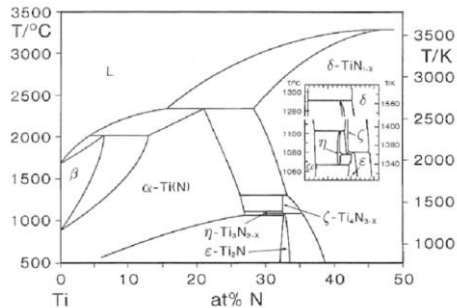
Quelle: Sandvik Coromant

3. Hartstoffschichten

MATERIALSYSTEME – KURZÜBERSICHT

Ti (Metallisch)

Entdeckt 1790, wurde zunächst als Additiv für weisse Farbe verwendet. Erst im 20th Jahrhundert fanden Titan und Titanlegierungen eine breite Verwendung in der Industrie und der Medizinalbranche



TiN

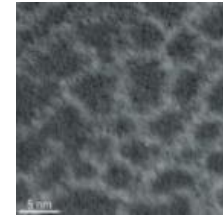
Ti Schmelzpunkt: 1670 °C
TiN Schmelzpunkt: 2930 °C
Höhere Härte

TiCN

Noch höhere Härte und Verschleissbeständigkeit

TiSiN

Nanokomposit-Schichten
Hohe Härte und Oxidationsbeständigkeit

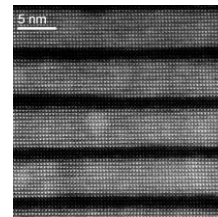


CrN

Wurde zum ersten mal im Jahr 1980 abgeschieden. Im Bezug zu TiN zeigt es erhöhte Korrosionsbeständigkeit und verbesserte Verschleisseigenschaften

AlCrN

Sowohl hoher Oxidation und Korrosion widerstand als auch gute tribologische Eigenschaften und hohe Härte



TiCrN

Superlattice-Struktur
Hohe Härte und Verschleissbeständigkeit

AlTiN

Im Vergleich zu TiN verbesserte mechanische Eigenschaften und Oxidationsbeständigkeit

AlTiN + Ta

Verbesserte thermische Stabilität und Oxidationsbeständigkeit

AlTiN + Mo or V

Ausbildung der Magneli-Phase, modifizierte Struktur

AlTiN + Si / Cr / W / C /

....

AlCrN + Ti

Ausscheidungshärtung, erhöhte Oxidationsbeständigkeit

AlCrN + V

Niedrigere Reibung und verringerte Oxidationsneigung

AlCrN + Zr

Verringerte Reibung und Verschleiss

AlCrN + B

Modifizierte Struktur und Härte

AlCrN + C

Verschleiss, Reibung und modifizierte Struktur

AlCrN + Y

Verbesserte Oxidationsbeständigkeit

AlCrN + La / Nb / Hf / Mo / Cu / W / ...

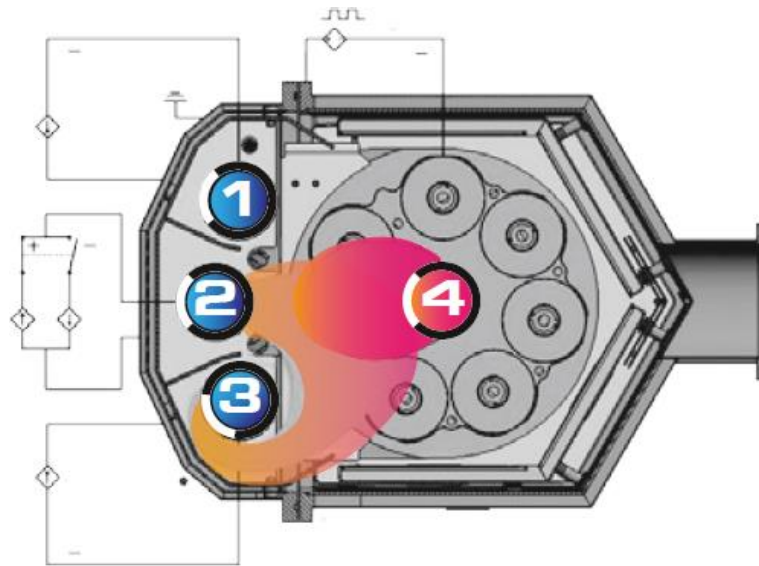
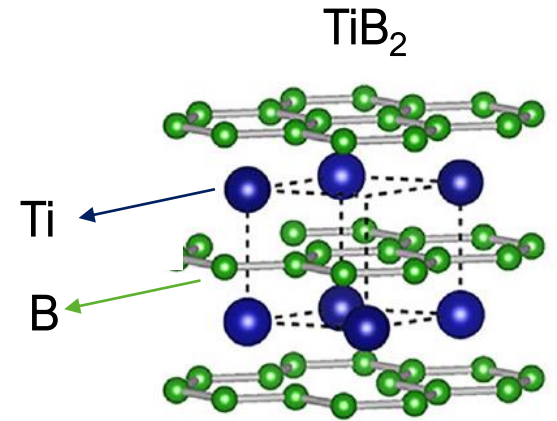
.....

“Was kommt nach den Nitriden?”

3. Hartstoffschichten

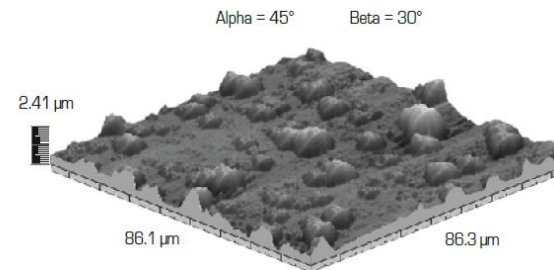
BORIDE – TiB₂

- Eigenschaften TiB₂:
 - Hohe Härte (32 – 38 GPa)
 - Chemische Stabilität
 - Gute thermische Leitfähigkeit
 - Anwendung: Bearbeitung von Al-Legierungen mit geringem Si-Gehalt, Ti-Legierungen
- TiB₂ aus nicht-reaktivem Magnetron-Sputterprozess:

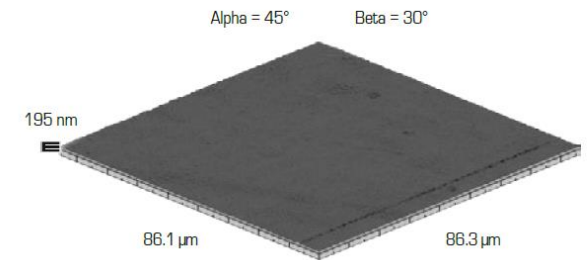


411 SCIL

(Sputtered Coating induced by LGD)



ZrN_Arc

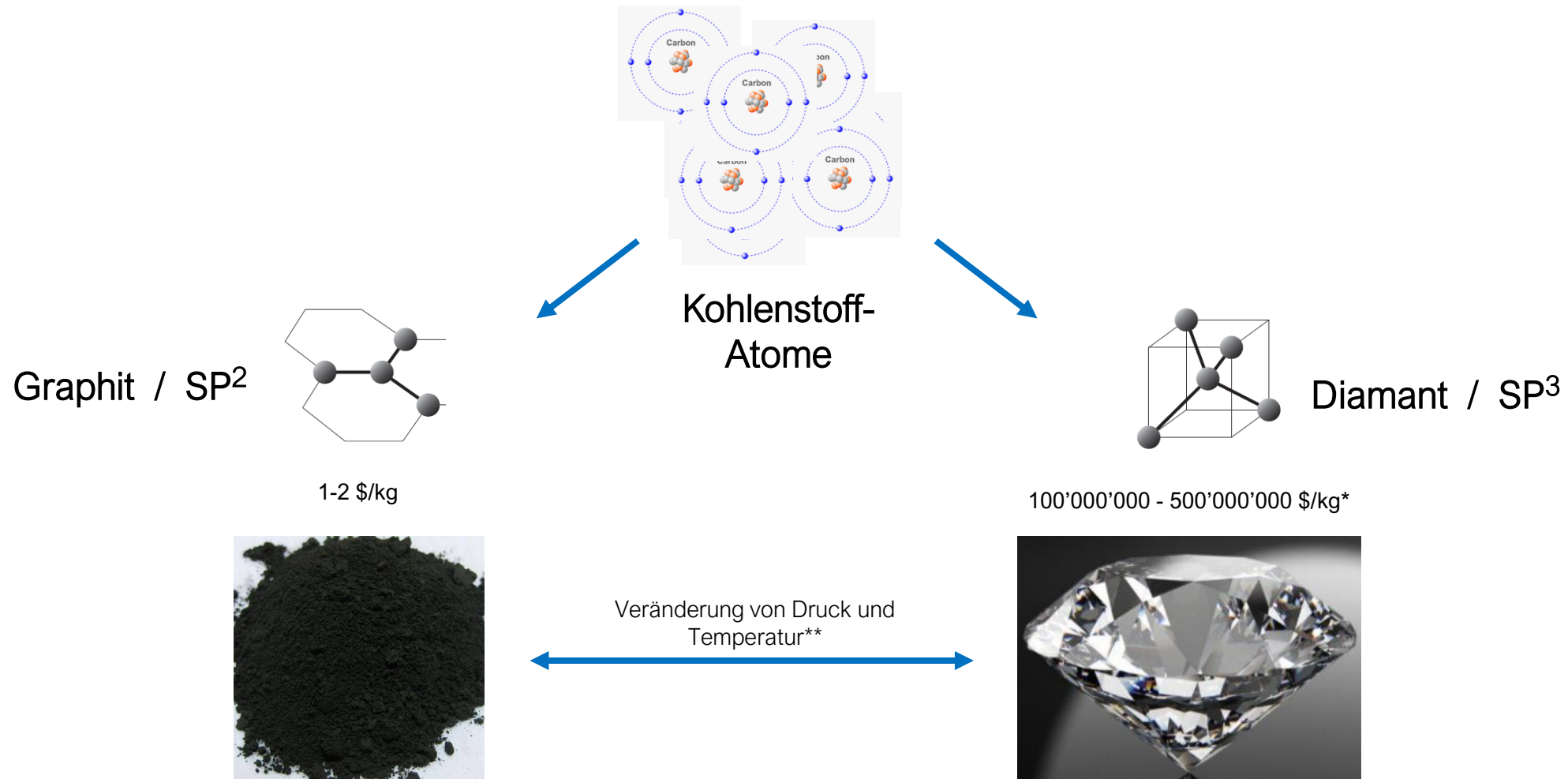


TiB2_SCiL

Vgl. Oberflächengüte

3. Hartstoffschichten

DLC ... DIAMOND LIKE CARBON

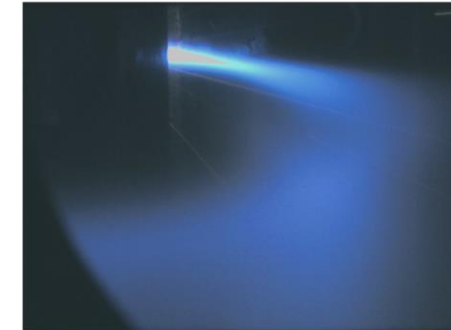
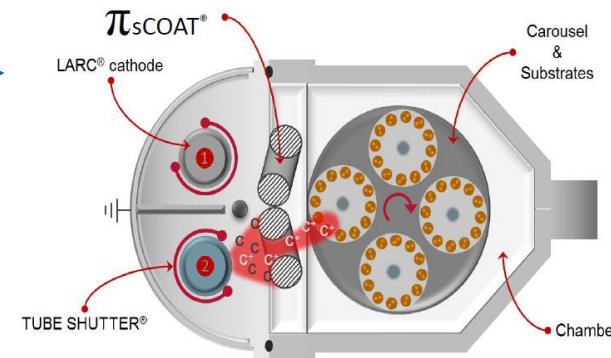
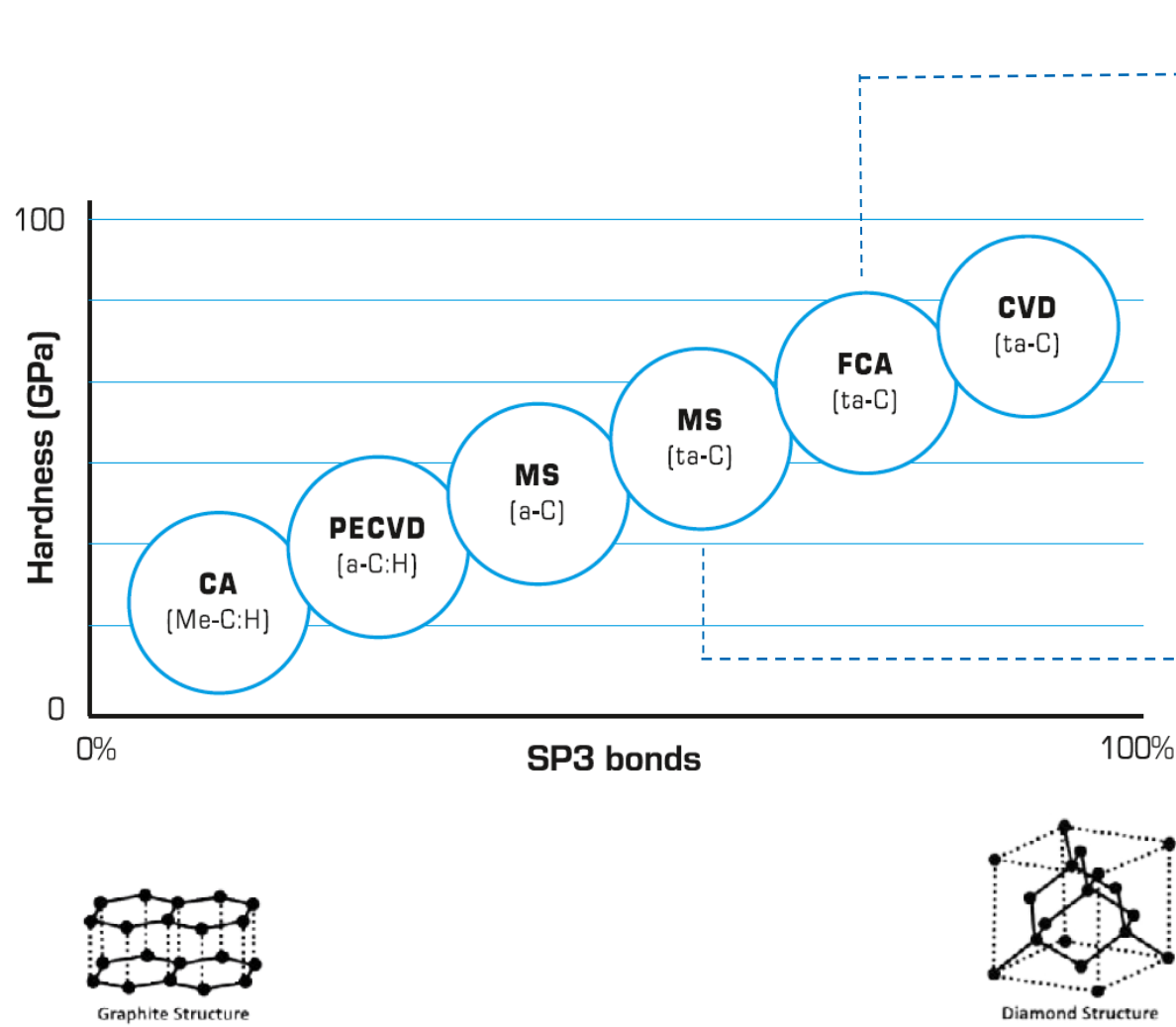


[*] <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-05-09/world-s-most-expensive-rough-diamond-sells-for-63-million>

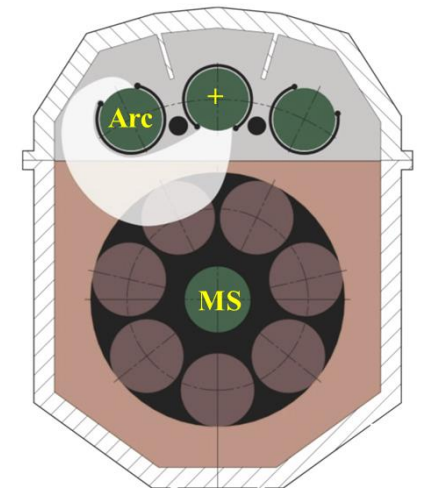
[**] E. O'Bannon et al., *The transformation of diamond to graphite*, Diamond and Related Materials 108, 2020

3. Hartstoffschichten

DLC: FILTERED CATHODIC ARC VS MAGNETRON SPUTTERING



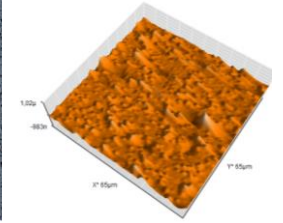
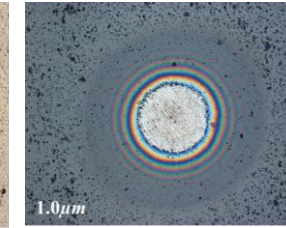
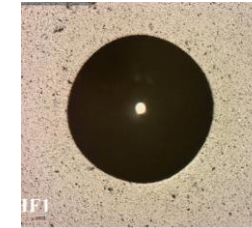
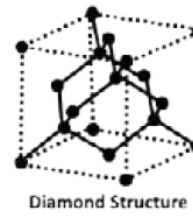
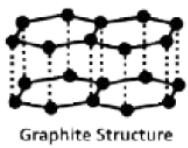
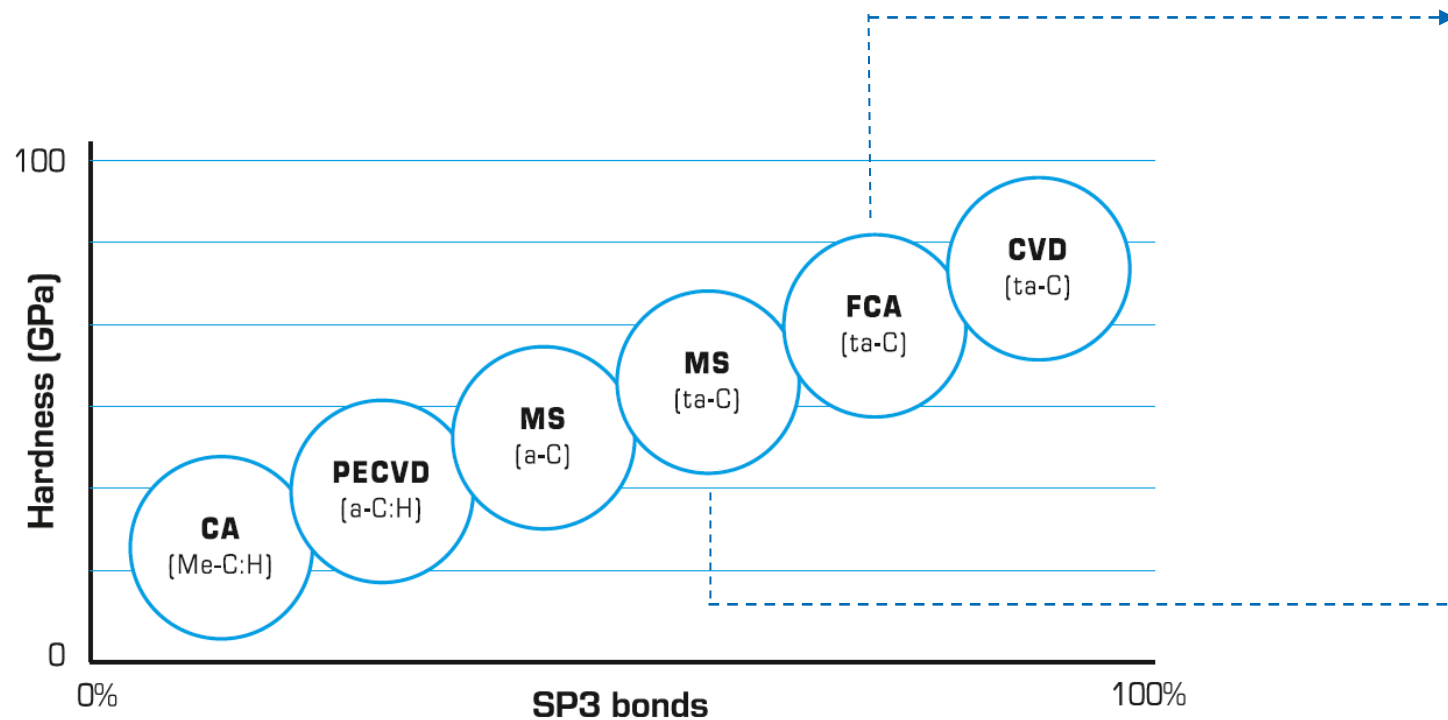
Filtered Cathodic Arc / (Pi211 FCA)



SPUTTERED Coating induced by LGD
(Pi411 SCiL)

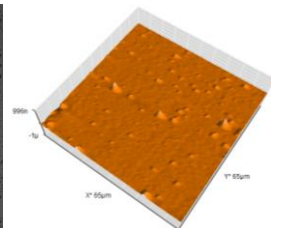
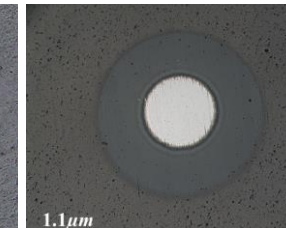
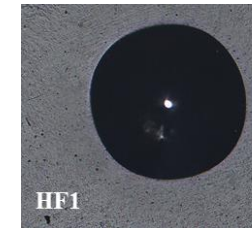
3. Hartstoffschichten

DLC: FILTERED CATHODIC ARC VS MAGNETRON SPUTTERING



H_Upl: 70 - 80 GPa
SP³ cont.: up to 85 %

S_a=59 nm,
S_q=93 nm



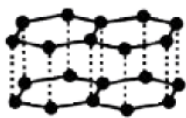
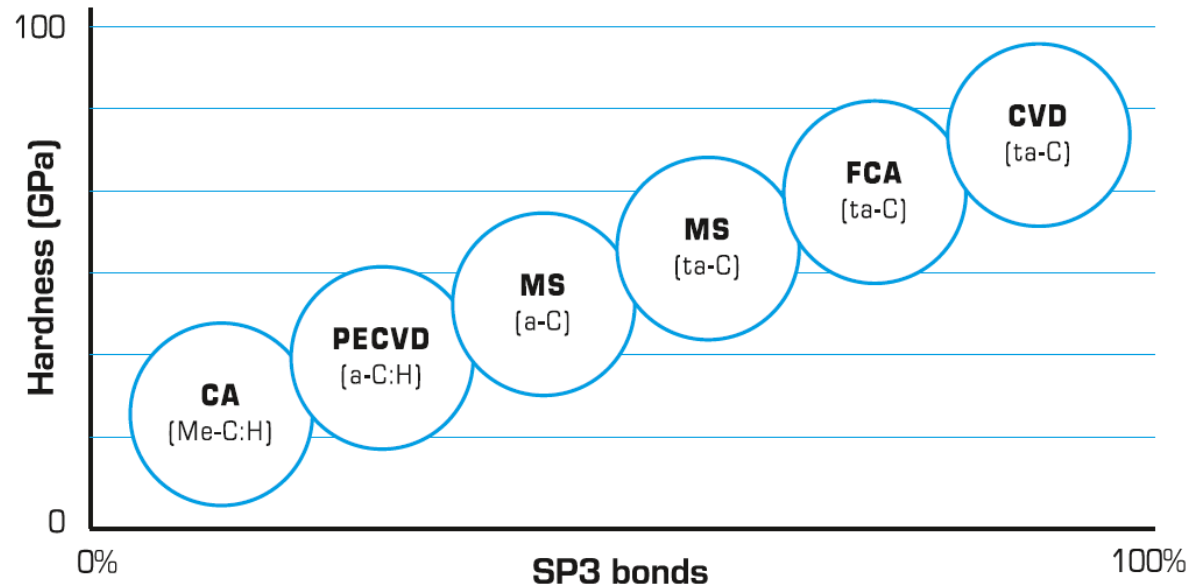
H_Upl: 40 - 50 GPa
SP³ cont.: 50 - 60 %

S_a=12 nm,
S_q=37 nm

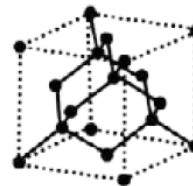
DLC3 Eigenschaften
FCA vs MS

3. Hartstoffschichten

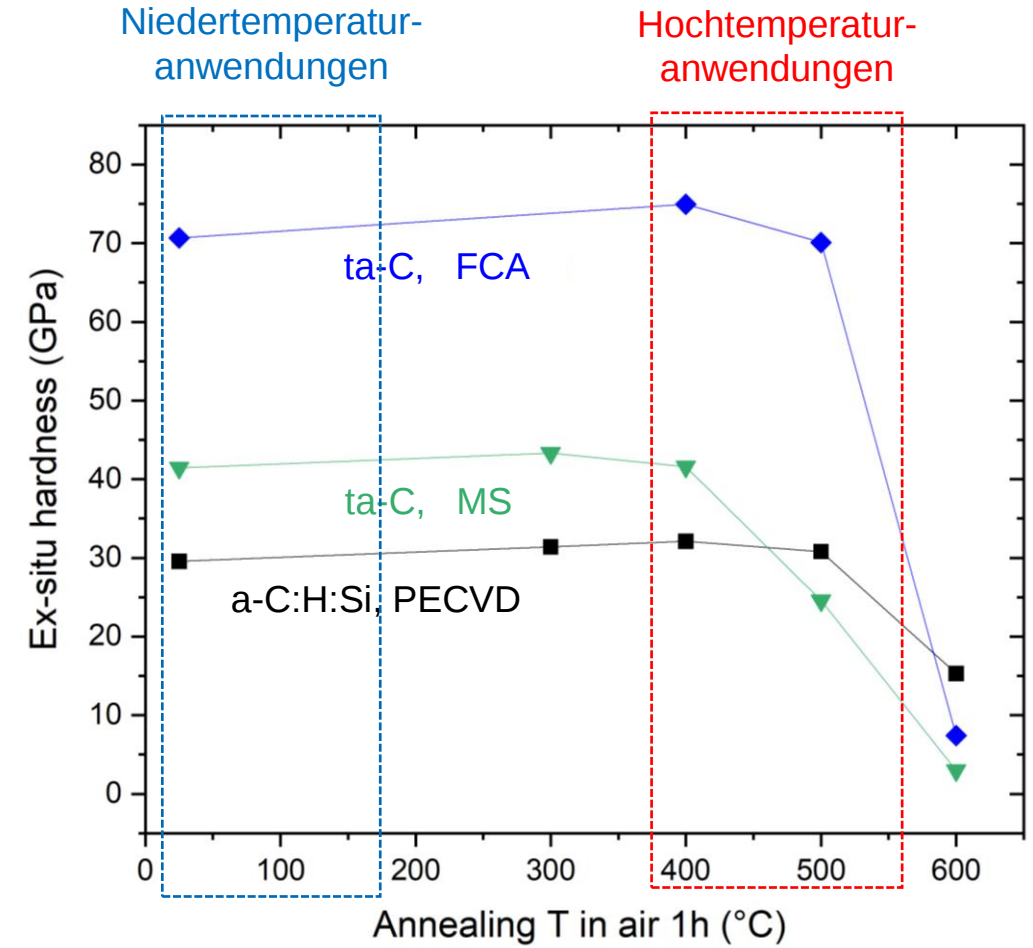
PLATIT DLC SCHICHTEN – THERMISCHE STABILITÄT



Graphite Structure



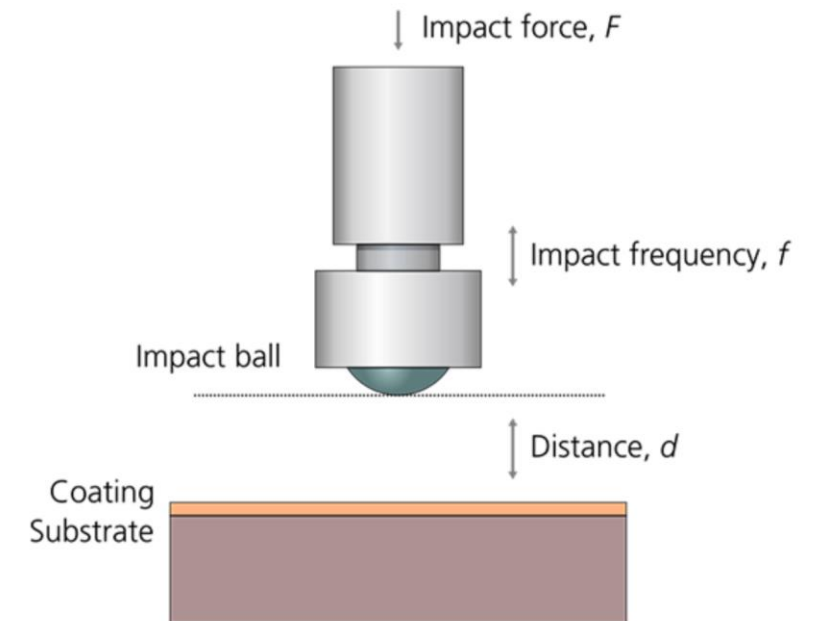
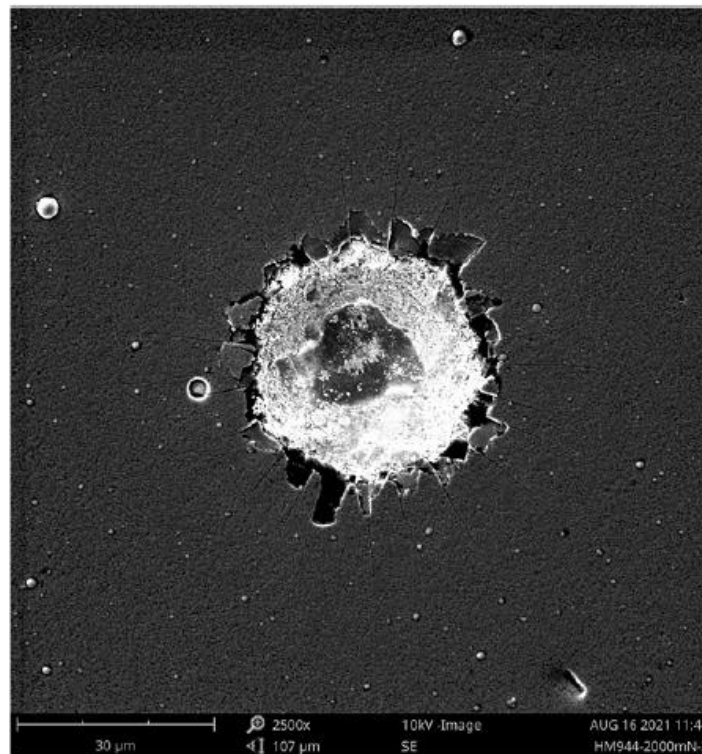
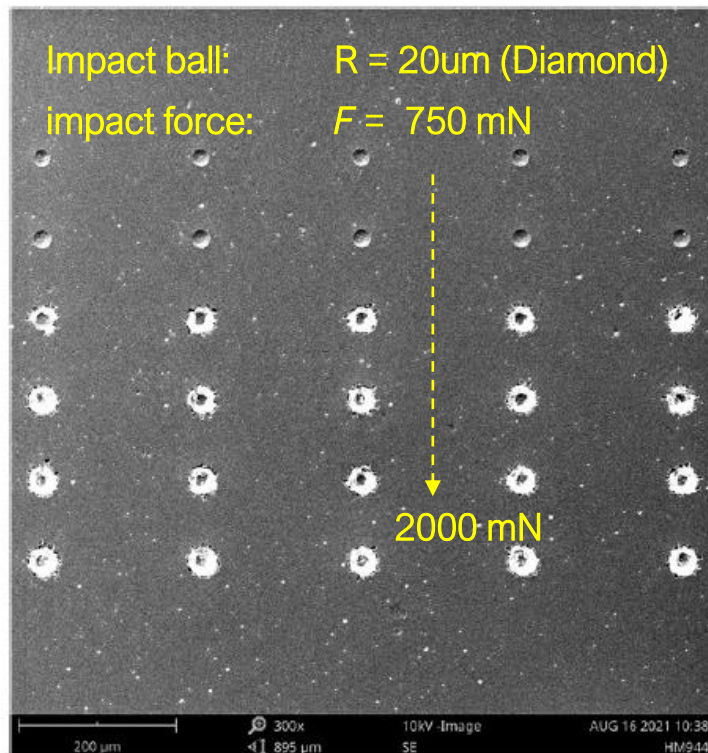
Diamond Structure



3. Hartstoffschichten

PLATIT DLC SCHICHTEN – ZÄHIGKEIT / KOHÄSION / ADHÄSION

- Micro impact tests, in Zusammenarbeit mit der GFE Schmalkalden, Germany
- zur Beurteilung von kohäsiven und adhäsiven Schichtfehlern

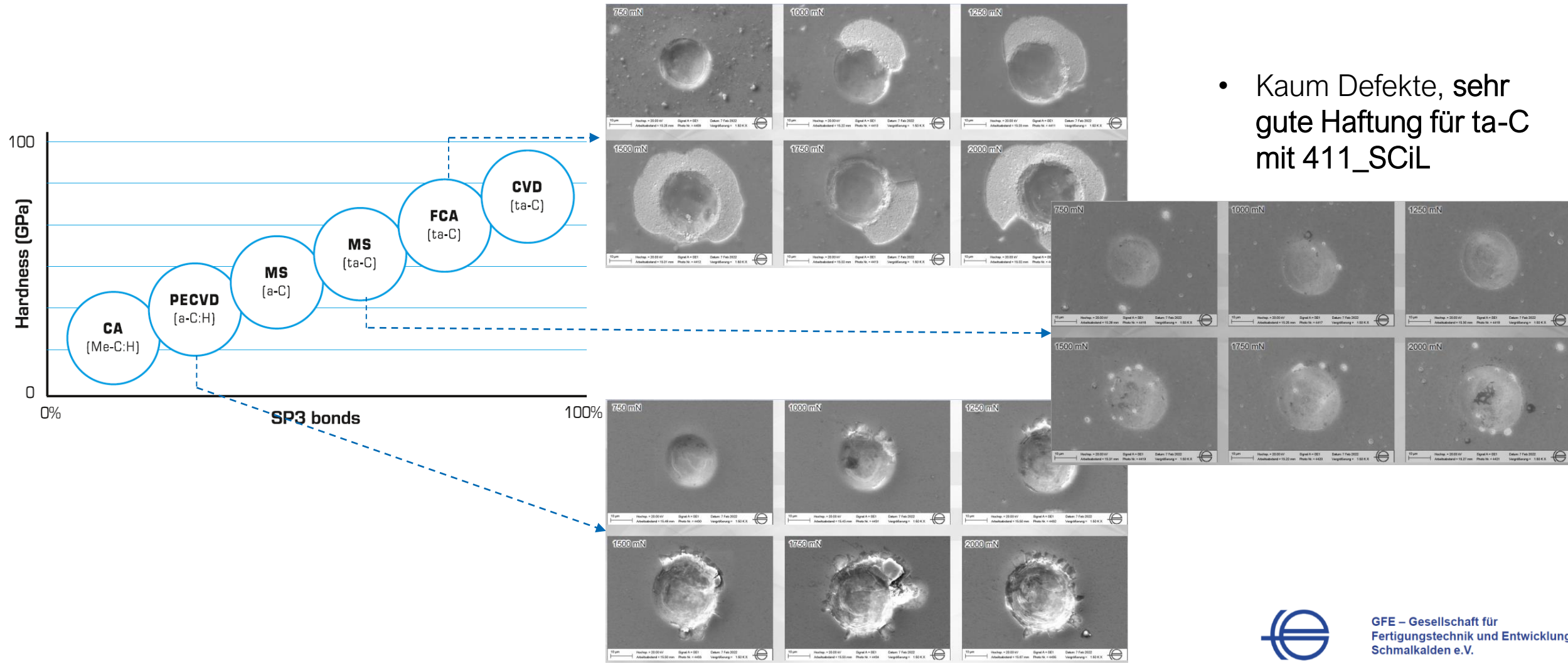


Typische Ergebnisse Eindrucktest für
spröde, harte Nitridschichten

3. Hartstoffschichten

PLATIT DLC SCHICHTEN – ZÄHIGKEIT / KOHÄSION / ADHÄSION

- Alle Versionen mit $d = 1.5 \mu\text{m}$ → extrem hartes FCA ta-C zeigt deutliche Abplatzungen



Inhalt

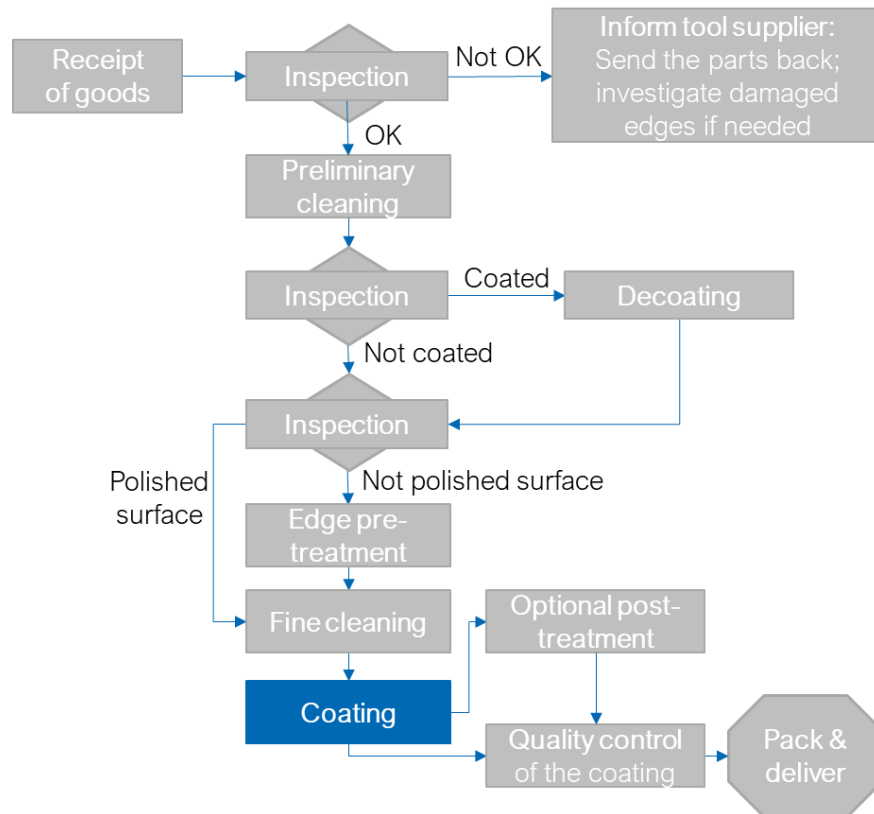
1. PLATIT AG in Kürze
2. Werkzeugoptimierung
3. Hartstoffschichten
4. **Rund ums Beschichten**
5. Anwendungsbeispiele



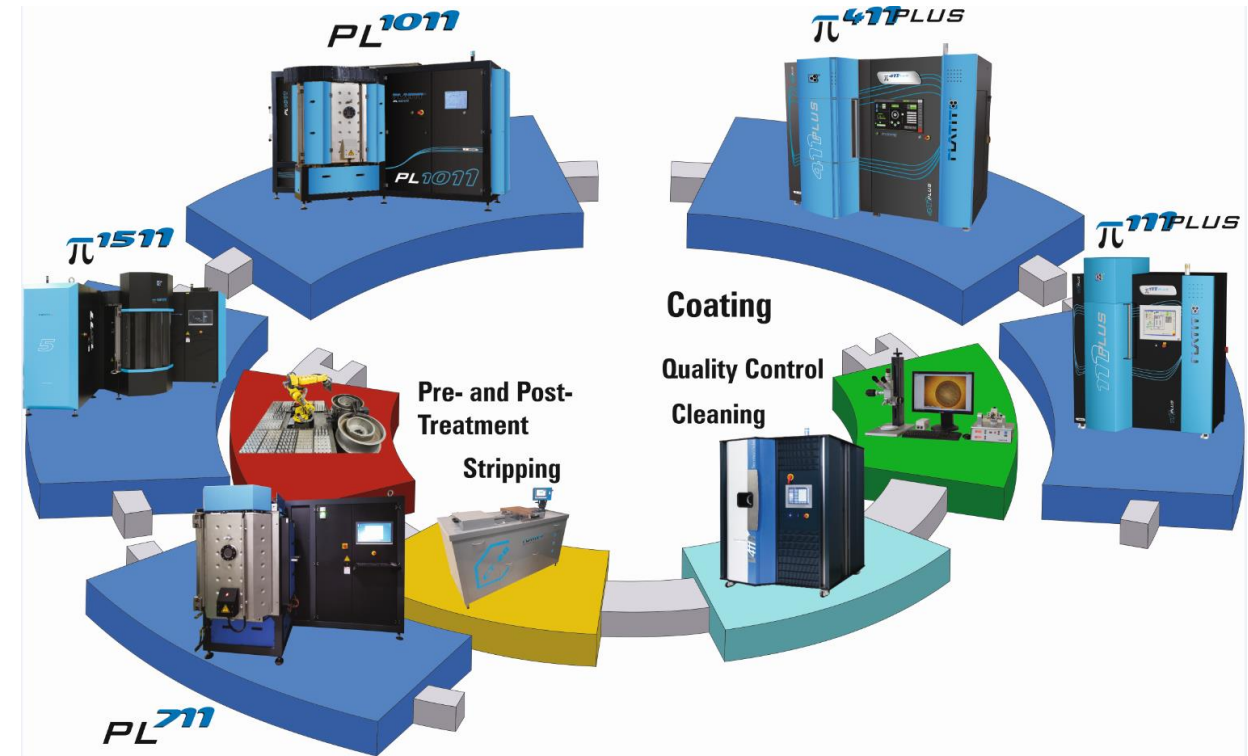
4. Rund ums Beschichten

TURNKEY SOLUTIONS – DAS KONZEPT

- Das Abscheiden einer Schicht ist nur ein Schritt in einem Gesamtprozess
- Beschichtung allein kann die Leistung eines Werkzeugs nicht steigern, wenn Vor- / Nachbehandlung ungenügend ist



Typischer Arbeitsablauf im Beschichtungszentrum

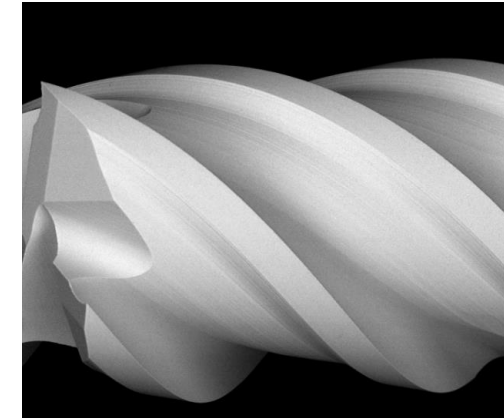
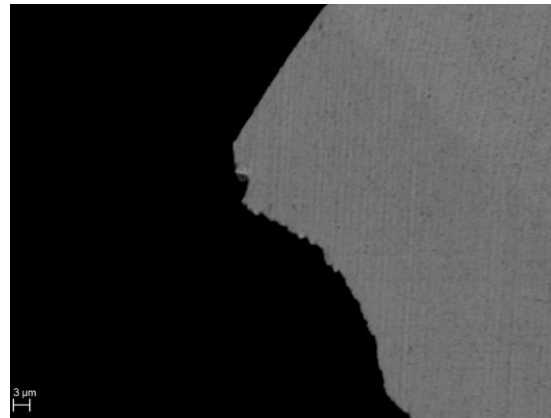
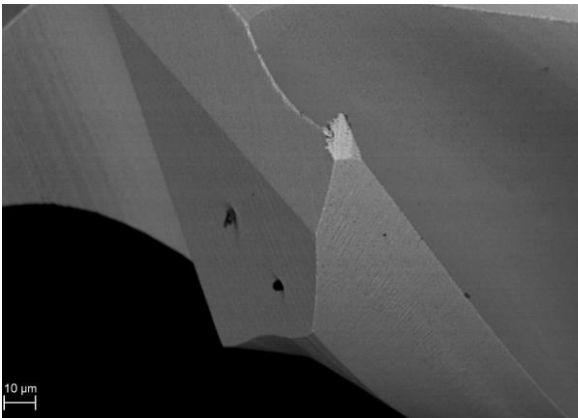
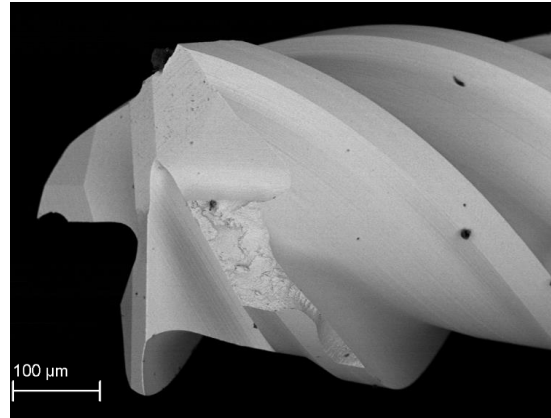
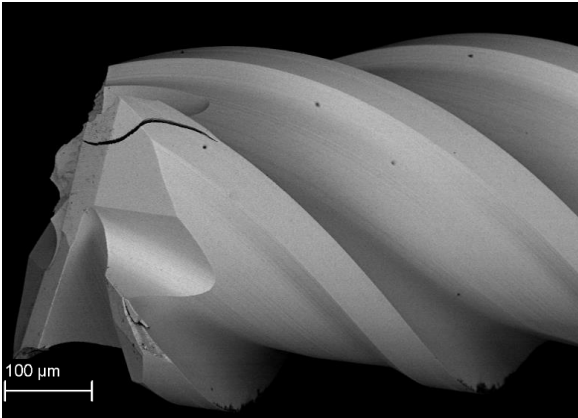


Turnkey system

4. Rund ums Beschichten

HANDHABUNG

- Die Wichtigkeit der Handhabung am Beispiel von Mikrowerkzeug ($d < 1\text{ mm}$):



Mikrowerkzeug –
sorgfältige Handhabung

Mikrowerkzeug – falsche Handhabung

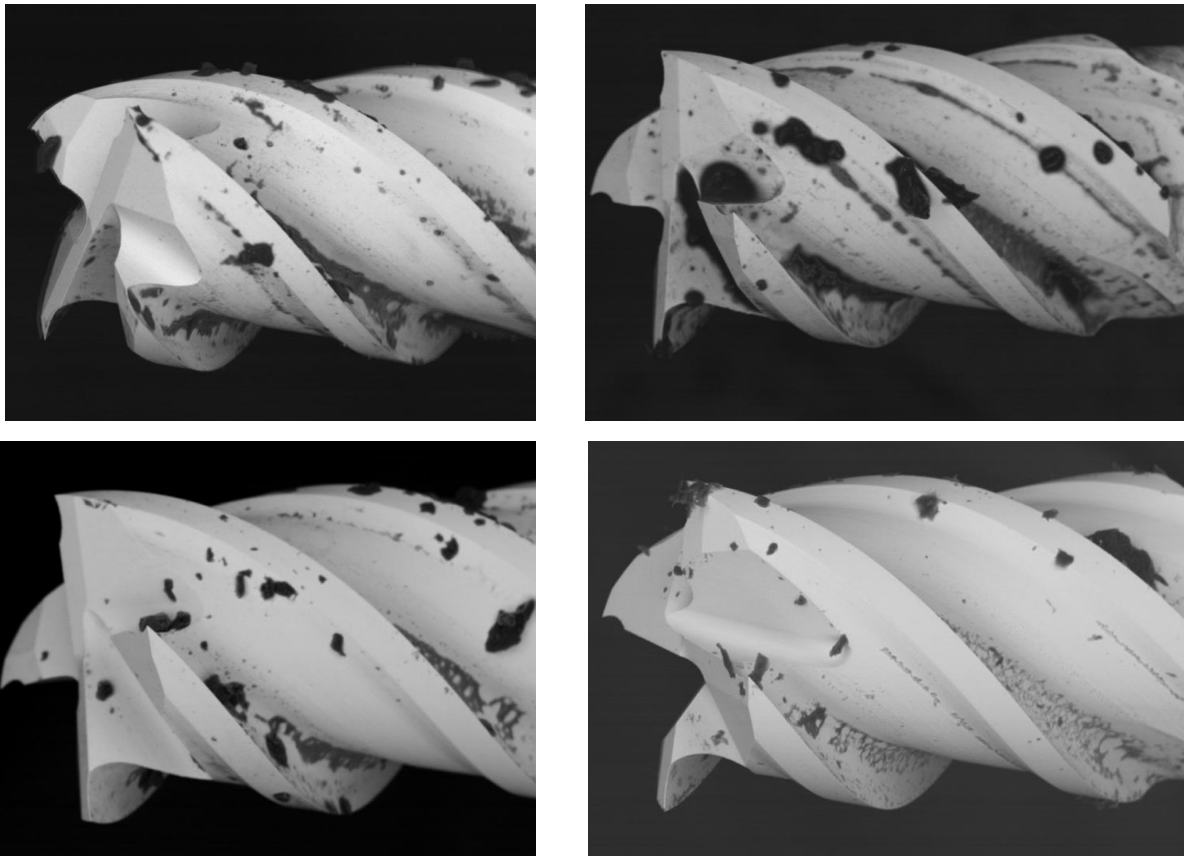
4. Rund ums Beschichten

REINIGUNG

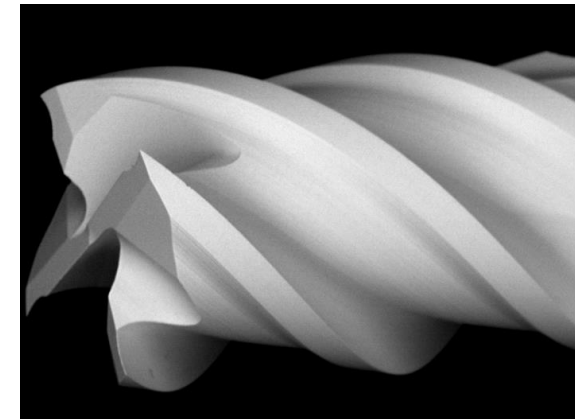
- Sorgfältige Handhabung, aber nun evtl. ungenügend gereinigt...
- Optimierte Reinigung um Sauberkeit zu gewährleisten, ohne Beschädigung!



PLATIT V411
automated
cleaning unit



Mikrowerkzeug, ungenügend gereinigt

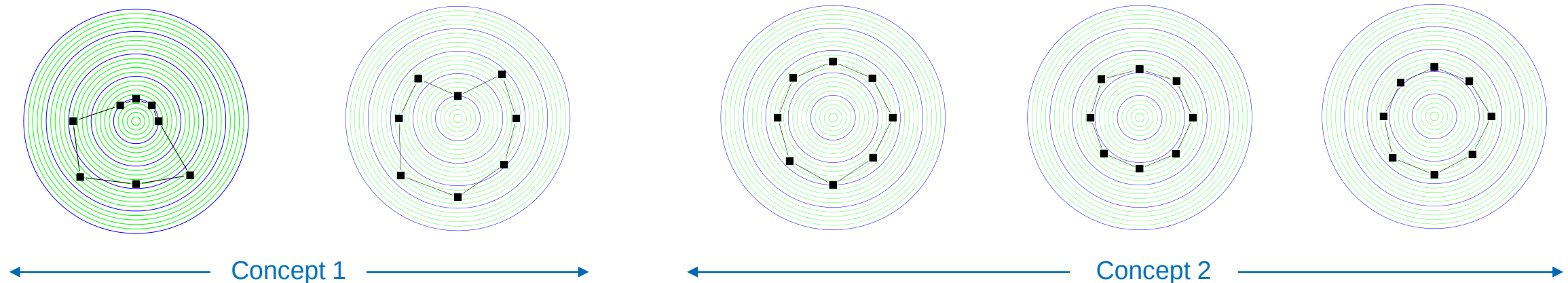


Mikrowerkzeug, korrekt
gereinigt

4. Rund ums Beschichten

HALTERUNG IN DER BESCHICHTUNGSANLAGE

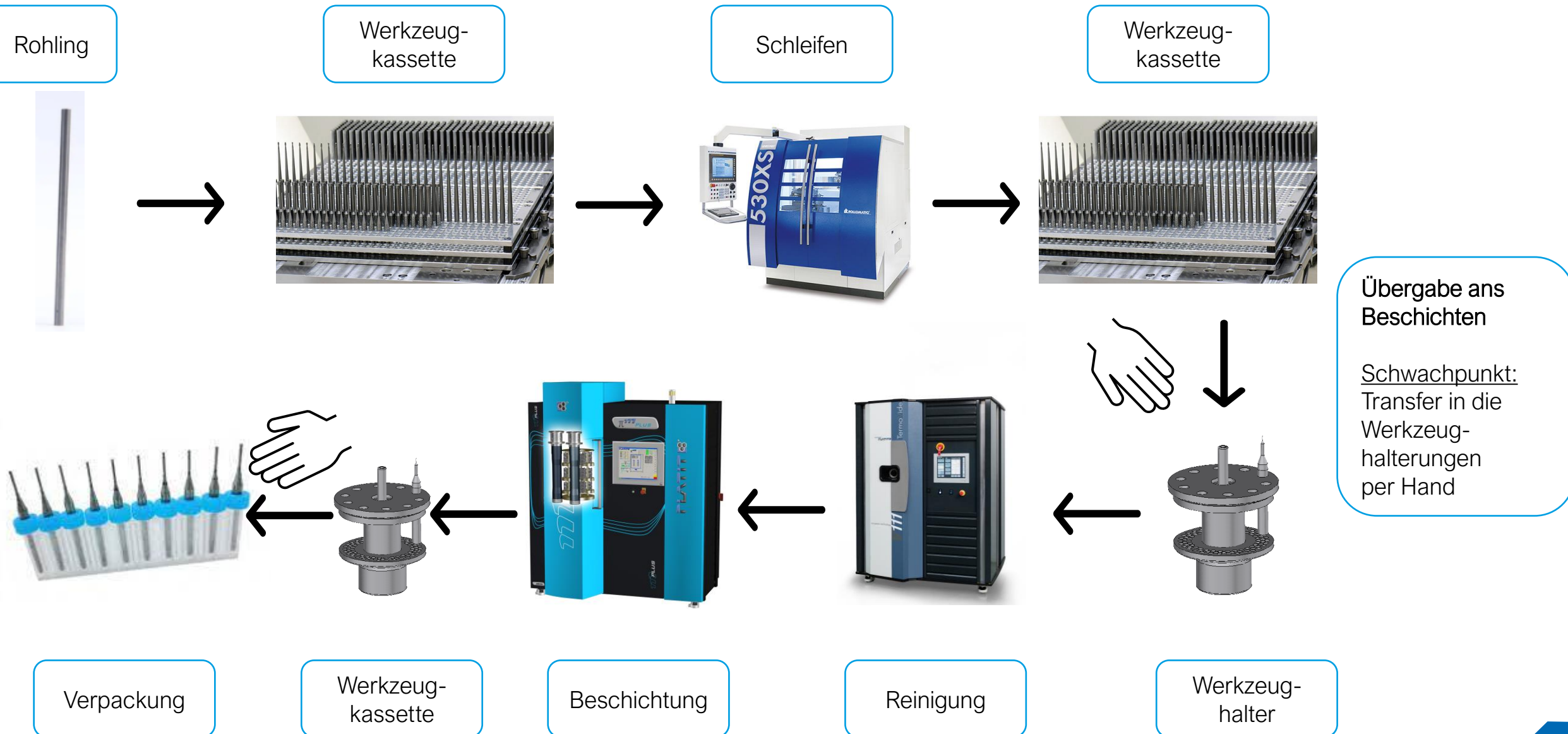
- Die Ideale Beladung in der Beschichtungsanlage ermöglicht:
 - Maximale Beladung
 - und ein Maximum an Schichthomogenität am Werkzeug !
- 2 Szenarios für eine Beladung von Werkzeugen:



Gemessene Schichtverteilung am Werkzeugumfang

4. Rund ums Beschichten

OPTIMIERTER PROZESSABLAUF – FERTIGUNG MIKROWERKZEUGE

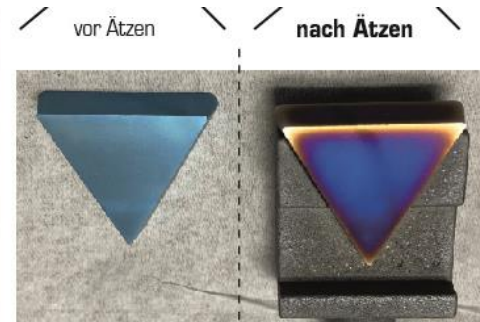
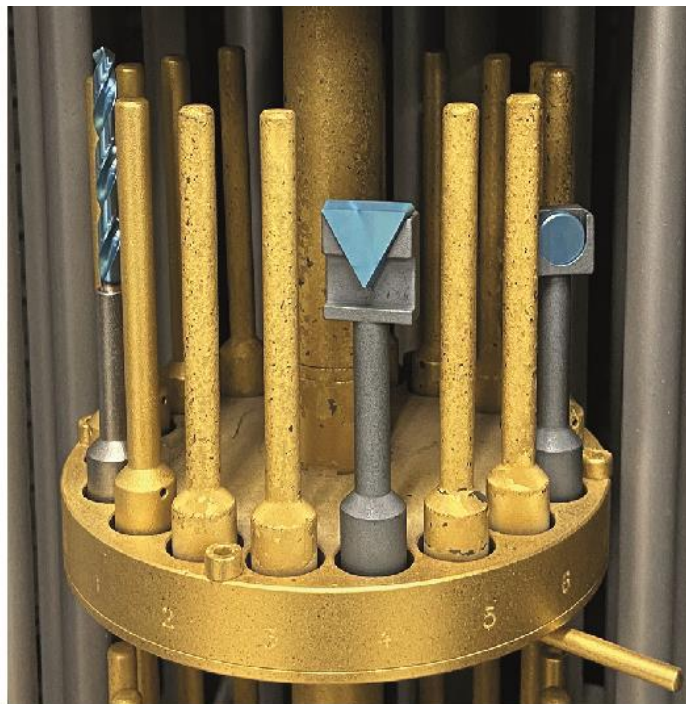


4. Rund ums Beschichten

PLASMAÄTZEN – 3D INDIKATOR [1]

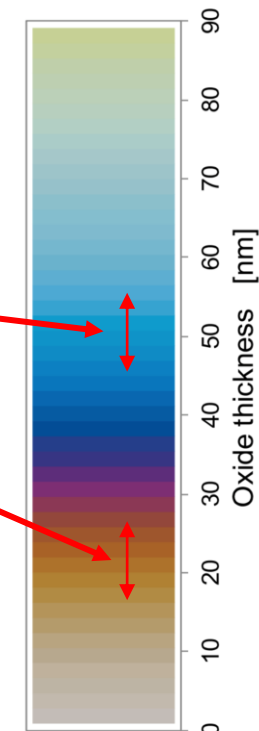
Farbindikator:

- Werkzeug mit homogen “blauer Farbe” versehen (= Ti-Oxid, ca 50nm, z.B. mittels Anodisieren einer Ti-Metallschicht)
- Kurzes Plasmaätzen um Oxidschicht teilweise abzutragen
- Übrig gebliebene Schichtstärke zeigt andere Interferenzfarbe → Einwirkort Plasmaätzen visualisiert!



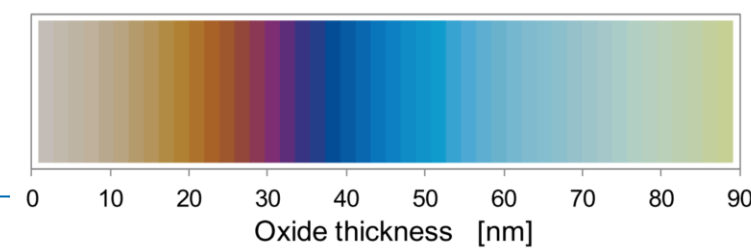
Inhomogenes abgetragenes Material

3D-Ätzen von
PLATITE®



4. Rund ums Beschichten

3D INDIKATOR PLASMAÄTZEN



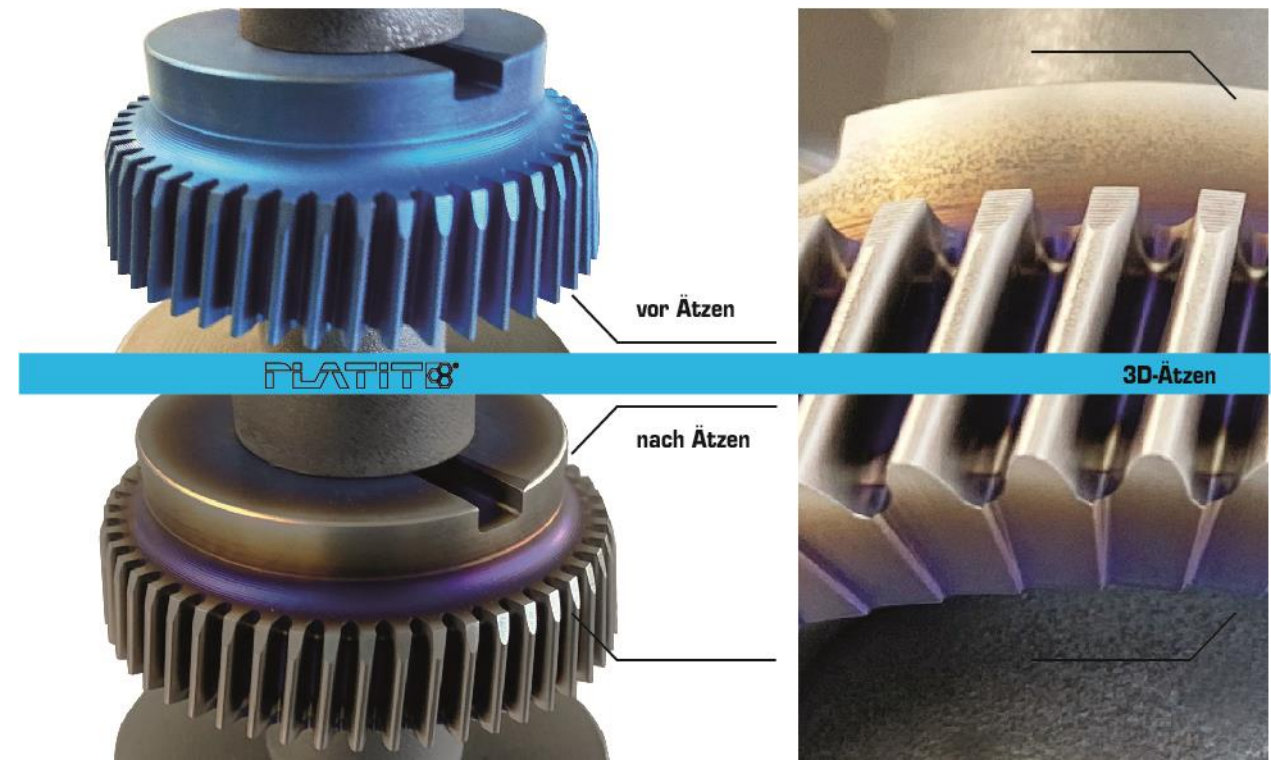
Optimierung Plasmaparameter (Spannung, Druck):

- a) Milde Aetzwirkung am Schneidkeil
- b) Starke Aetzwirkung am Schneidkeil
- c) Nut gereinigt aber weniger Wirkung am Schneidkeil



Optimierung Plasmaätzen an einem Schneidrad:

- (Haupt-)Funktionsbereich, Schneidkanten stark geätzt
- Abschattung: weniger Aetzwirkung am Zahngrund



Inhalt

1. PLATIT AG in Kürze
2. Werkzeugoptimierung
3. Hartstoffschichten
4. Rund ums Beschichten
5. **Anwendungsbeispiele**



5. Anwendungsbeispiele

TiSiN ZUR BEARBEITUNG VON TI-LEGIERUNG (UHRENINDUSTRIE)

Werkstück: TiGr5

Werkzeug: HM-Mikrofräser, d=0.5mm

Referenzschicht: TiSiN

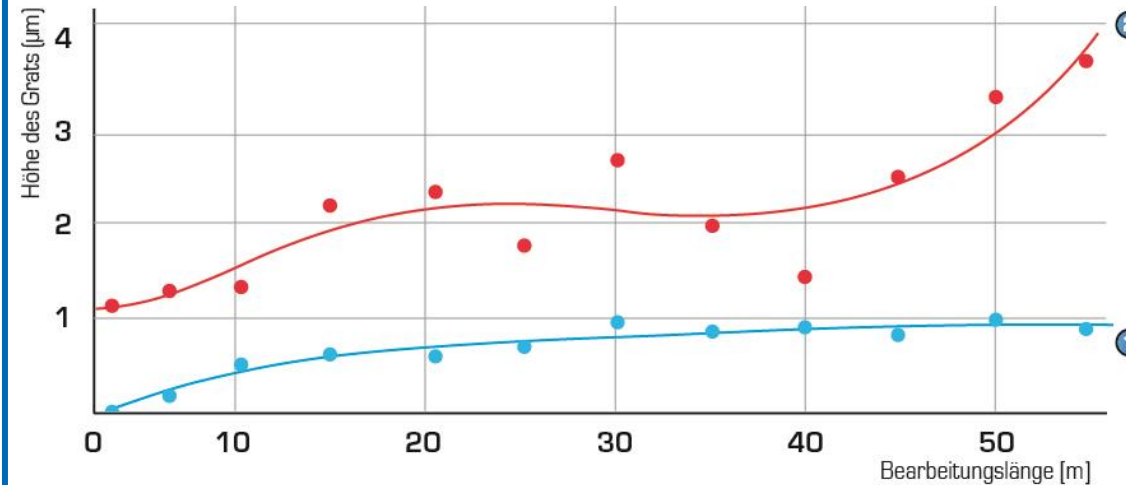
Anwendung: Fräsen

$V_c = 50\text{m/min}$, Spindel: 31.831 U/min ,
 $f_z = 0.00236\text{mm}$, $v_f = 300\text{ mm/min}$,
 $a_p = 0.6\text{mm}$, $a_e = 0.1\text{mm}$

LOUIS BELET
Swiss cutting tools



Leistungsvergleich:



3D-Ätzen von PLATIT®

1

2

Standardätzen

Ergebnis:

Optimierung 3D
Plasmaätzwirkung.

→ Weniger Gratbildung
am Werkstück im Vgl zum
konventionellen TiSiN.

5. Anwendungsbeispiele

TiB₂ ZUR BEARBEITUNG VON Ti-LEGIERUNG

Arbeitsmaterial: Ti Legierung

Referenzschicht:

TiB₂ vs. TiAlSiN & TiAlSiN

Anwendung: Fräsen

(Ti Legierungsbearbeitung für Apple Watch)



Leistungsvergleich:

	I	II	III	IV	V
TiAlSiCrN					
TiAlSiN					
TiB ₂					



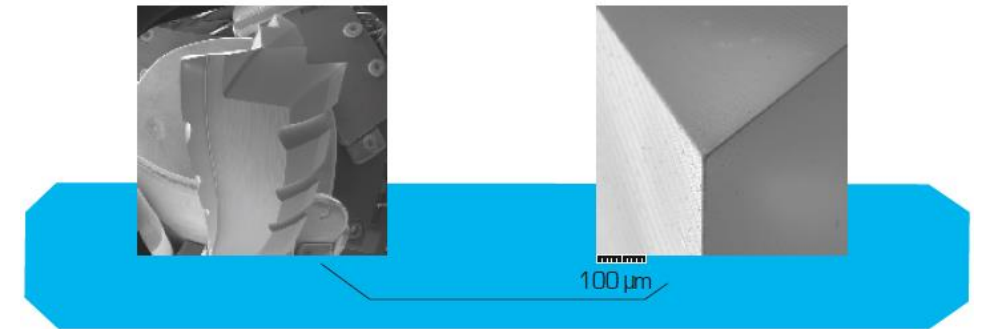
Ergebnis:

Längere Lebensdauer von TiB₂ bei der Zerspanung von Ti-Legierungen im Vergleich zu TiAlSiN & TiAlSiN.

Werkzeuge (Schneid- & Umform-):

- **ta-C** hat grosses Potenzial in Nichteisenmetallen, Kunststoffen und organischen Materialien auf Grund seiner Eigenschaften:
 - Hohe Härte
 - Geringe chemische Affinität
 - Geringer Reibkoeffizient
 - Geringe Rauhgkeit

DLC3 coated end mill under scanning electron microscope:



Nichteisenmetalle



Al & Al-Legierungen
(bis zu 14% Si)



Kupfer & Messing
(mit/ohne Blei)



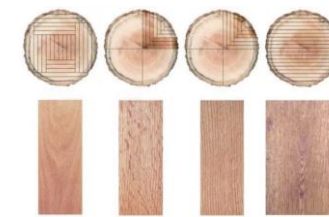
Gold, Silber, Platin

Kunststoffe



Kunststoff (mit/ohne Füllmaterial)

Organische Materialien



Holz



Papier

5. Anwendungsbeispiele

DLC ZUR BEARBEITUNG VON AL-LEGIERUNG

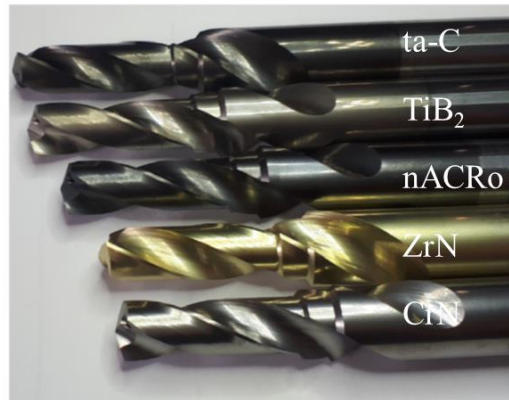
Arbeitsmaterial: GD-ALSi9Cu3(Fe)

→ 9.3% Si

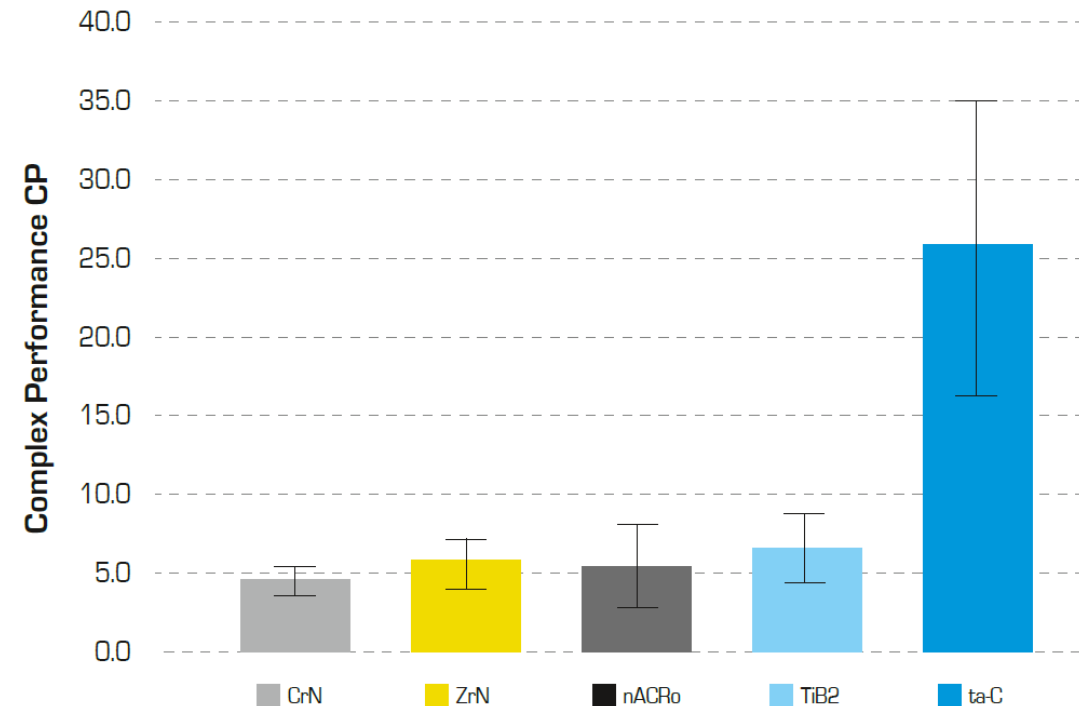
Referenzschicht:

ta-C vs. TiB₂, nACRo, ZrN, CrN

Anwendung: Stufenbohren



Leistungsvergleich:



Ergebnis:

Unter allen getesteten Varianten und Bedingungen:

- Herausragende Leistung von SCIL ta-C
- Niedrigste Drehmomentwerte gemessen für ta-C

5. Anwendungsbeispiele

DLC ZUR BEARBEITUNG VON MOLYBDÄN

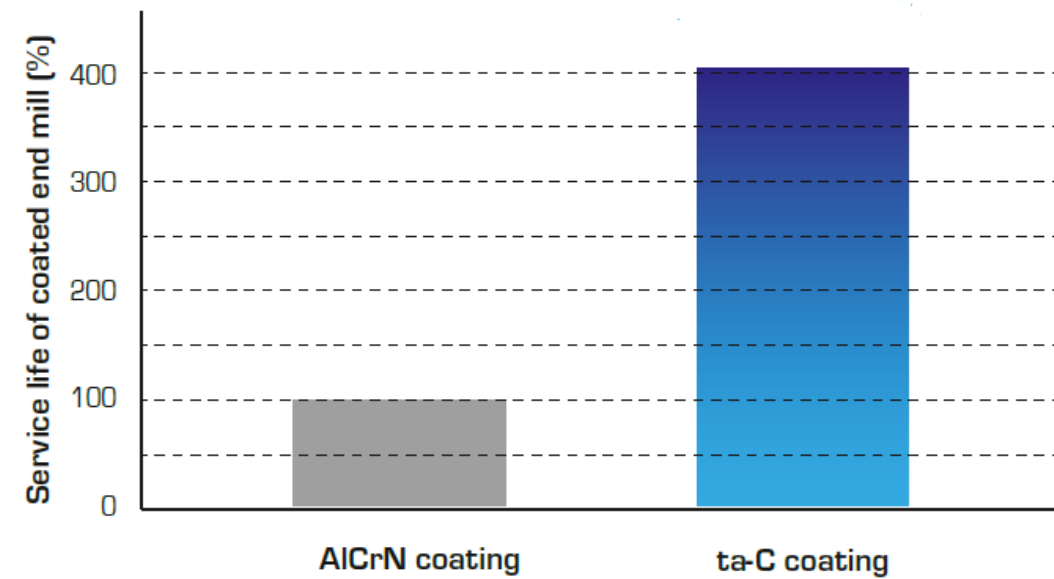
Arbeitsmaterial: Molybdän

Referenzschicht: ta-C vs. AlCrN

Anwendung: Fräsen



Leistungsvergleich:



Ergebnis:

Unter allen getesteten Varianten und Bedingungen :

- Bis zu vier mal längere Lebensdauer der ta-C beschichteten Werkzeuge im Vergleich zu AlCrN beschichteten Werkzeugen

5. Anwendungsbeispiele

DLC FÜR FORMWERKZEUGE (SPRITZGUSS)

Arbeitsmaterial: Kunststoff

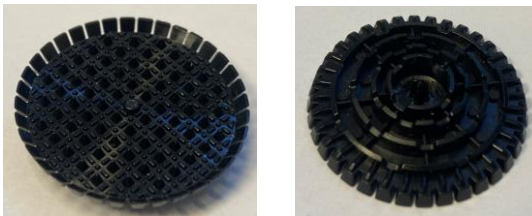
Referenzschicht:

ta-C vs. unbeschichtet

Anwendung:

Kunststoff-Spritzgießen

(Filter für Nespresso Kaffeekapseln)

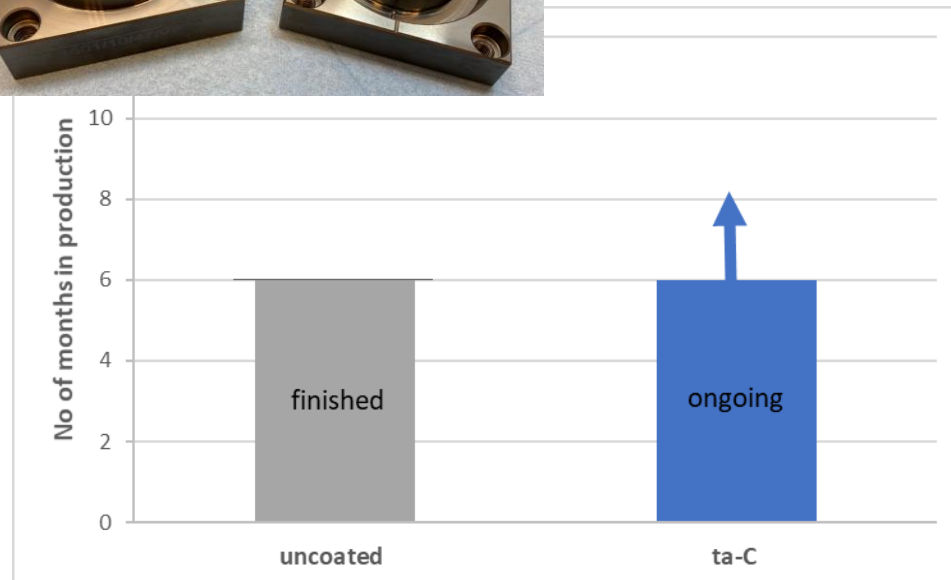


Leistungsvergleich:



Prozesstemperatur:

- Ungefähr 160 °C



Ergebnis:

Ausfallkriterium:
Verschleiss

- Unbeschichtete Spritzformen sind ca. 6 Monate im Einsatz
- ta-C beschichtete Spritzformen zeigen nach 6 Monaten keinerlei Anzeichen von Verschleiss

→ Status: Werkzeuge noch im Einsatz

Schichtsysteme zum Bearbeiten von NE-Metallen:

- TiSiN und TiB₂ zeigen gute Performance in Al- und Ti- Legierungen
- DLC: ta-C mit einer Härte von 40 – 50 GPa ausgezeichnet....
 - ... zum Bearbeiten von Si dotierten Al-Legierungen und Molybdän
 - ... für Formwerkzeuge beim Plastik-Spritzguss

Prozesskette:

- Handhabung, Waschen und Halterungen müssen optimiert sein
- Plasmaätzen sichtbar gemacht → Optimierung **Aetzdosis** mittels 3D Aetzindikator
→ **gezielte Anpassung Plasmabehandlung** zur optimalen Haftvermittlung



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Fragen, Kommentare und Anregungen sind immer willkommen:

a.luemkemann@platit.com

wolfgang.mueller@ar-stuttgart.com