

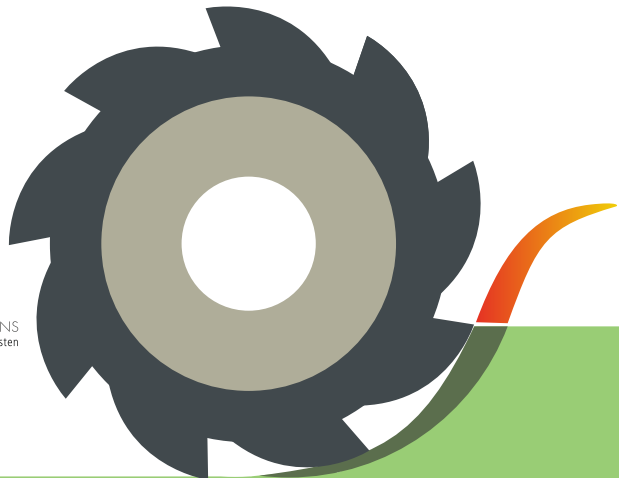
Herausgeber:
Bahman Azarhoushang, Thomas Wolf

TechnologyMountains
innovation FORUM
Zerspanungstechnologie

Jahrbuch zum 5. Innovation Forum
Zerspanungstechnologie, 2024

Moderne Zerspanungstechnologie

Neue Entwicklungen und Trends
aus Forschung und Praxis



sponsored by



Effizienzsteigerung in der Zerspanung durch angepasste Beschichtungen

Christian Krieg¹, Dr. Andreas Lümekemann²

PLATIT AG

¹Teamleiter R&D, ²CTO

c.krieg@platit.com



Einleitung

Die Transformation in der verarbeitenden Industrie ist im vollen Gange und hat natürlich auch Auswirkungen auf die Hersteller von Präzisionswerkzeugen. Im Bereich Automotive wird neben hochlegierten Stählen der Werkstoff Aluminium eine besondere Rolle einnehmen, gleiches gilt für die Luft- und Raumfahrt wo sich Aluminium neben CFK und den Superlegierungen Titan bzw. Inconel etabliert hat. Neben neuen Werkzeugkonzepten/ -technologien (z.B. Statorgehäusebearbeitung bei Elektromotoren) ist nach wie vor die Erhöhung der eigentlichen Performance in Form von Standzeiten bzw. höheren Schnittparametern von Bedeutung. Ein entsprechendes Performance Plus (Leistungszuwachs) kann dabei durch eine auf die individuellen Bedürfnisse der jeweiligen Anwendung abgestimmte Beschichtung sein [Dege24].

Von der Signature Coating zur Dedicated Coating

Beginnend von einer ausführlichen Analyse der Anwendung inklusive der vorliegenden Verschleissmechanismen, erfolgt im zweiten Schritt die Bemusterung mit einer Signature Coating, welche einzigartige Hartstoffbeschichtungen für dedizierte Anwendungen darstellen (**Abbildung 1**) [Plat24].

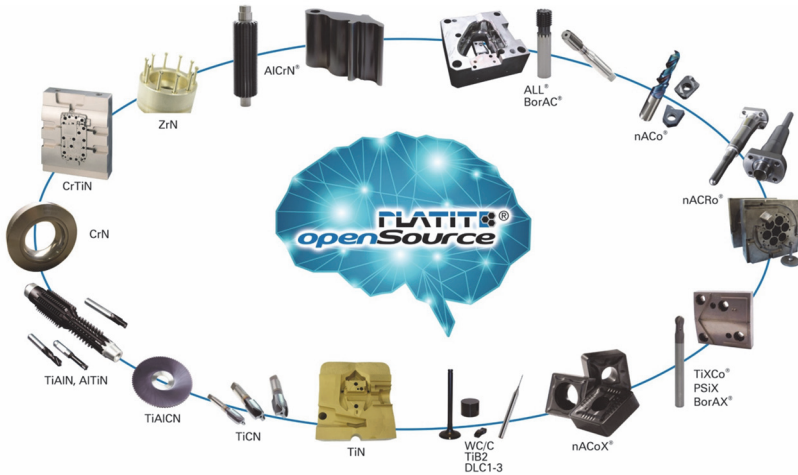


Abbildung 1: Die richtige Beschichtung zur passenden Anwendung

Allerdings kann selbst die beste Hartstoffschicht ihr volles Potenzial nicht entfalten, wenn die Grundvoraussetzung, eine optimale Haftvermittlung auf dem Substratmaterial, nicht gegeben ist. Vor der Schichtaufbringung darf das Trägermaterial keinerlei Verunreinigungen auf atomarer Ebene aufweisen. Erreicht werden kann dies in Hochvakuum-PVD-Anlagen mittels Glimmentladungsverfahren. Dazu wird ein Plasma vor dem eigentlichen PVD-Prozess direkt im Drehgestell der PVD-Anlage gezündet. Dank des patentierten 3D-Plasmaätzindikator (**Abbildung 2**) kann dieser zweite Schritt in der Prozesskette zur Erzielung des Performance Plus als ein Instrument zur Auswahl der richtigen Ätzparameter und letztendlich an einen an die zu beschichtende Geometrie angepasster Ätzprozess angesehen werden [dihw22].

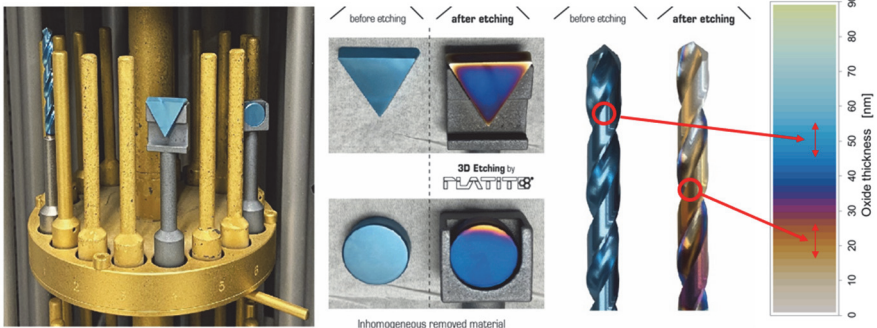


Abbildung 2: Dank 3D-Ätzindikator zur guten Schichthftung

Um neben den technologischen Aspekten einzelner Beschichtung auch die produktionstechnischen Herausforderungen meistern zu können, ist eine flexible Anlagentechnologie notwendig. Dank der Rundkathoden erweist sich hier die kompakte und modulare PLATIT Pi411 (**Abbildung 3**) als Maximum an Flexibilität. Aufgrund unterschiedlicher Konfigurationsoptionen, wie dem klassischen Lichtbogenverdampfen (ARC in den Optionen Eco bzw. Turbo) können gleichfalls auch gesputterte Beschichtungen (SCIL®-Technologie), wie auch die Kombination beider Technologien in Form sogenannter Hybrid-Schichten (LACS®-Technologie) abgeschieden werden. Bei dieser einzigartigen LACS®-Technologie laufen simultan die Türkathoden (ARC) mit der zentralen SCIL®-Kathode. Abgerundet wird das Optionspaket durch die Möglichkeit auch entsprechende DLC (Diamond-Like-Carbon), sowie Oxidschichten auf Zerspanungswerkzeuge aufbringen zu können [Plat23], [Werk14].

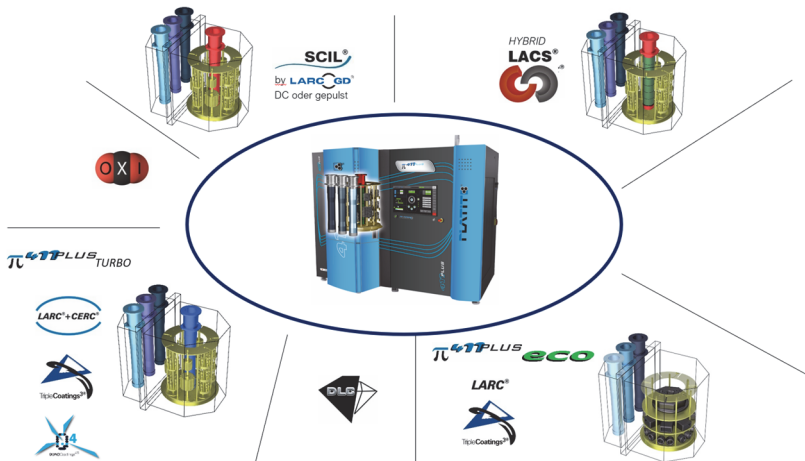


Abbildung 3: Pi411 – höchste Performance bei maximaler Flexibilität

Die beste Beschichtung kann ihr volles Leistungspotenzial bei unzureichender Vorbehandlung der Schneidkante nicht ausschöpfen. Daher ist im vierten Schritt eine gezielte Präparation der Schneidkante, abhängig vom Werkzeugtyp bzw. der späteren Anwendung mittels Strahlen, Bürsten, Laser bzw. Gleitschleifen essenziell (**Abbildung 4**) [Plat12]. Neben der Homogenisierung bzw. Stabilisierung der Schneidkante reduziert die Kantenverrundung den sogenannten «Antenneneffekt» der Beschichtung, wodurch die Eigenspannungen gleichfalls reduziert werden. Der aufzubringende Schneidkantenradius hat des Weiteren auch einen Einfluss auf die abscheidbare Schichtdicke, so können höhere Schichtdicken bei grösseren Radien auf die Schneidkanten aufgebracht werden [Plat23], [Plat24].

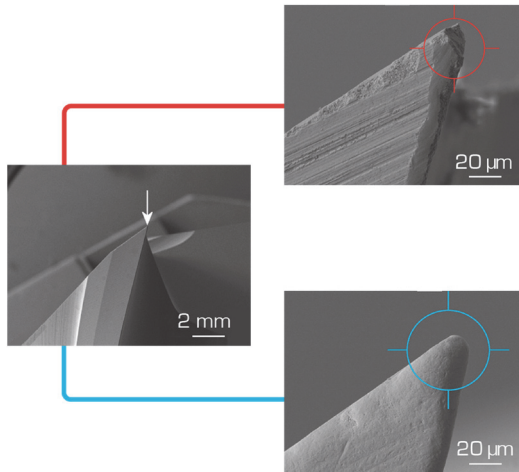
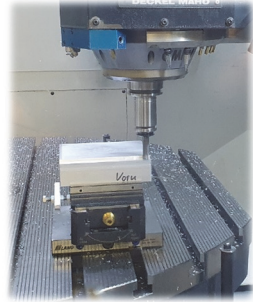
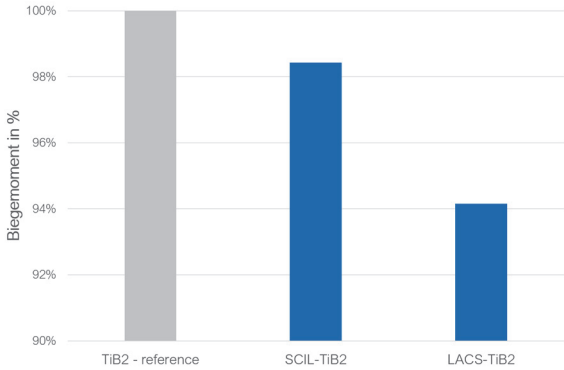


Abbildung 4: Gezielte Präparation einer Schneidkante (SK)
oben = schleifscharfe SK, unten = verrundete SK

Der OpenSource Ansatz ermöglicht den Nutzern einen gezielten Einfluss auf die einzelnen Beschichtungsrezepturen bzw. Schritte zu nehmen, so dass in einem nächsten Schritt das Maximum an Performance bei gleichzeitiger hoher Produktivität bei geringen Stückkosten erzielt werden kann [Werk14].

TiBor – LACS®-Beschichtung für Aluminium- und Titanzerspanung

Sowohl Aluminium wie auch Titan neigen aufgrund Ihrer werkstoffspezifischen Eigenschaften während der Zerspangung zur Aufbauschneidenbildung, was sich nachteilig auf die Lebensdauer des Werkzeuges bzw. die erzeugte Werkstückoberfläche auswirkt. Um die Aufbauschneidenbildung zu vermeiden, sind glatte Oberflächen notwendig. Gleichzeitig benötigen die Werkzeuge eine scharfe, schnittige Schneidkante, um die Materialien gut zerspangen zu können. Die Titandiborid basierende Beschichtung TiBor (Tabelle 1) kann bedingt durch ihre Abscheidetechnologie (LACS®) bzw. ihrer Eigenschaften einer hohen Verschleissbeständigkeit diese Anforderungen erfüllen (**Abbildung 5**).



Test: Fräsen mit Emulsion
 Material: Aluminiumknetlegierung
 Tool: SC endmill Ø8 z3
 Par.: $v_c = 600 \text{ m/min}$, $f = 0.18 \text{ mm/z}$,
 $a_p = 18.0 \text{ mm}$, $a_e = 2.0 \text{ mm}$

Abbildung 5: TiBor

Tabelle 1: Eigenschaften TiBor

Farbe	Satinsilber
Nanohärte [GPa]	45
Reibungskoeffizient [μ]	0.4
Schichtdicke [μm]	1-5
Max. Anwendungstemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	600
Beschichtungstemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	200-400
Pi411 PLUS LACS [®]	(Ti, -, -, SCIL-TiB2)

TiXCo4 die Universelle

Die AlCrN/TiSiN basierende TiXCo4 (Tabelle 2) besteht durch ihre breiten Anwendungsmöglichkeiten. Neben der Zerspaltung von legierten und gehärteten Stählen kann diese Schicht Ihre Stärken insbesondere bei der Bearbeitung der Nickelbasislegierung Inconel 718, dank der hohen Temperaturstabilität ausspielen. Gemeinsam mit dem KSF Furtwangen wurden umfangreiche Untersuchungen in Bezug auf die Verschleissentwicklung, die erzielbare Oberflächengüte, sowie der auftretenden Zerspalkräfte beim Eckfräsen von Inconel 718 (1.250 MPa) mittels Schaftfräser Ø8 (Fräszeit 15 min bzw. $VB_{\text{max}} > 100 \mu\text{m}$) durchgeführt (**Abbildung 6**). Unter Zusammenfassung der einzelnen Kriterien konnte die TiXCo4 hier ein deutliches Performance Plus erzielen [Plat23], [Plks23].

Effizienzsteigerung in der Zerspaltung durch angepasste Beschichtungen

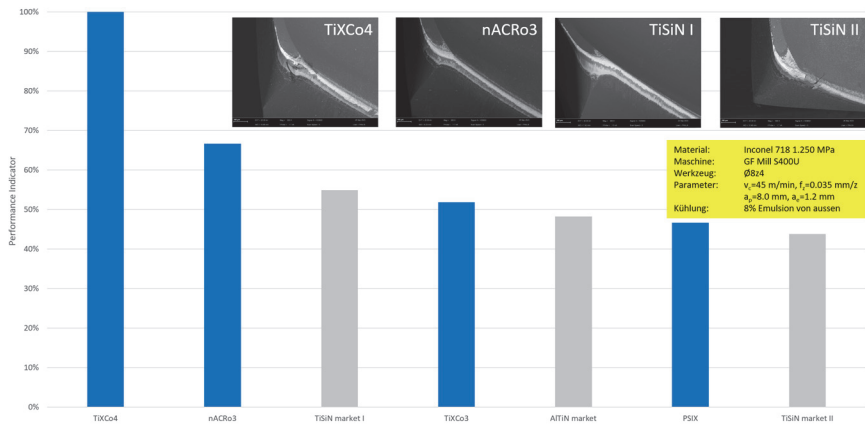


Abbildung 6: TiXCo4 – Fräsen von Inconel 718

Tabelle 2: Eigenschaften TiXCo4

Farbe	Grau
Nanohärte [GPa]	42-44
Reibungskoeffizient [μ]	0.4
Schichtdicke [μm]	1-4
Max. Anwendungstemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	1.100
Beschichtungstemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	450-500
Pi411 PLUS LACS®	(Ti,Al,TiSi20, AlCr30)

Zusammenfassung

Signature Coatings sind bereits einzigartige Hartstoffbeschichtungen jedoch können durch mehrere Bausteine einzelne Stellhebel aktiviert werden, um am Ende eine auf die Anwendung perfekt abgestimmte Beschichtung inkl. Vorbehandlungs- und Nachbehandlungsprozessen zu erhalten (**Abbildung 7**)

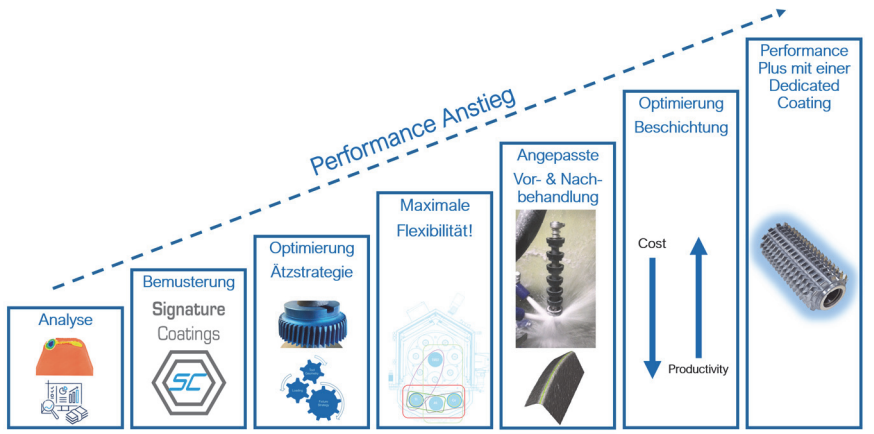


Abbildung 7: Bausteine für das Performance Plus

- Der 3D-Plasmaätzindikator ermöglicht neben der Visualisierung auch die Verbesserung des Ätzprozesses und führt so zu einer besseren Schichthafung.
- Aufgrund einer Vielzahl an Konfigurationsmöglichkeiten bietet die PLATIT Pi411 ein Maximum an Flexibilität bei gleichzeitig höchstem Performanceniveau der abgeschiedenen Beschichtungen.
- Eine gezielte Präparation beeinflusst die Stabilität der Schneidkante positiv.
- TiBor besticht durch ihre Verschleißbeständigkeit und glatte Oberfläche, zur Reduzierung der Affinität Werkzeug und Werkstück, bei der Zerspanung von Aluminium und Titan
- TiXCo4 die universelle Beschichtung mit einem Performance Plus bei der Bearbeitung von Inconel 718

Literatur

- [Dege24] Prof. Dr.-Ing Jan Hendrik Dege, Institut für Produktionsmanagement und – technik TUHH, Wernesgrüner Werkzeugsymposium – Zwischen Auftragsrekorden und Dekarbonisierung – Herausforderungen in der Flugzeugproduktion, 13.03.2024
- [dihw22] dihw Ausgabe 1 - 2022, Dr. Andreas Lümekemann et al., Optimierung des Plasmaätzens von komplexen Geometrien dank des 3D-Ätzingikator von PLATIT, 2022
- [Plat12] PLATIT AG, Dr. Andreas Lümekemann, Christian Büchel, Dr. Tibor Cselle, Dr. Marcus Morstein, TU Chemnitz, XIII. Internationales Oberflächenkolloquium – 1. IMSAS-Treffen Schneidkantenpräparation und Beschichtung: Schlüsselrollen beim Optimieren von Hochleistungswerkzeugen, 12-14.03.2012
- [Plat23] PLATIT AG, Kompendium 64. Ausgabe, 2023
- [Plat24] PLATIT AG, Christian Krieg, Wernesgrüner Werkzeugsymposium - Wiederaufbereitung in Herstellerqualität - Anwendungsbezogene Optimierung der Prozesskette, 13.03.2024
- [Plks23] PLATIT AG, Dr. Andreas Lümekemann, Dr. Daniel Karpinski, Christian Krieg, KSF Furtwangen, Prof. Dr.-Ing Bahman Azarhoushang, Dr. Amir Alinaghizadeh – Untersuchung unterschiedlicher PVD Beschichtungen bei der Zerspanung von Inconel 718, 2023
- [Werk14] Werkzeug Technik, Tibor Cselle, Die 10 Hauptgründer der In-House Beschichtung, ISSN Nr. 0997 – 6981, 25.02.2014



ISBN 978-3-8027-3187-7