

## Pimp My Tool

### Attraktives Verhaltensprofil durch „Präparation + Hightech Beschichtung“

Der Ansatz der reinen Werkstoffsanierung durch Beschichten ist nicht mehr zeitgemäß und gehört der Vergangenheit an, dass anwendungs- und beschichtungsgerechte Bauteil-, Werkstoff-, Oberflächen- und Verbunddesign, was Maschinenherstellern, allgemein dem Maschinenbau, neue Möglichkeiten der optimierten Modifikation von Grenzflächen an die Hand gibt, wird im Fokus der weiteren Entwicklungen stehen. Für verschiedenste Präzisionsbauteile und -werkzeuge sind die gezielte Strukturierung der Oberfläche und Mikrogeometrie sowie die Feinabstimmung der Beschichtung heute schon Teil des Werkstoffverbundes und Werkzeugkonzeptes.

Excellence Schichten erhöhen Lebensdauer, Produktivität und Funktionssicherheit von Werkzeugen und Bauteilen in einer Vielzahl von Industriebranchen. Sie verdanken ihre Entwicklung der Zielvorstellung höchste Verschleißbeständigkeit in Kombination mit höchster Zähigkeit. Dieses Ziel konnte jedoch im Zuge der immer weiter steigenden Anforderungen an die Oberflächen im Tribokontakt alleine durch die Werkstoffentwicklung nicht erreicht werden. Ein Verbundkörper aus konstruktiv optimiertem Substrat und einer Plasmabeschichtung war und ist für viele Anwendungen hier die Lösung. Entspricht ein Werkstoff zwar aus Fertigungs-, Festigkeits-, Steifigkeits- oder Kostengründen bestimmten Anforderungen, überfordern aber die auftretenden Beanspruchungen seine natürlich Oberfläche, muss er beschichtet werden. Wurde durch diese Erkenntnis die Beschichtung bisher mehr als Vehikel zur Sanierung des Grundwerkstoffes betrachtet so steht heute und in Zukunft der optimierte Verbund aus Präzisionsbauteil und –werkzeug und Beschichtung im Fokus. Ein wesentlicher Aspekt wird hierbei neben der beschichtungsgerechten Auslegung des Bauteils oder Werkzeugs die Oberflächenqualität und –strukturierung sowie die Gestaltung der Mikrogeometrie vor dem eigentlichen Beschichten sein. Für die anwendungsgerechte Präparation der zu beschichtenden Komponenten stehen verschiedenste Verfahrensvarianten wie z.B. Schleppscheifen, Stream Finishing, Nassstrahlen mit unterschiedlichsten Medien aber auch klassisches Polieren, Strichpolieren oder Elektropolieren zur Auswahl.

MpC beschichtete HSS Fräser:

Mit angepasster Mikrogeometrie und MpC Multifunktionsschicht zu Topleistungen

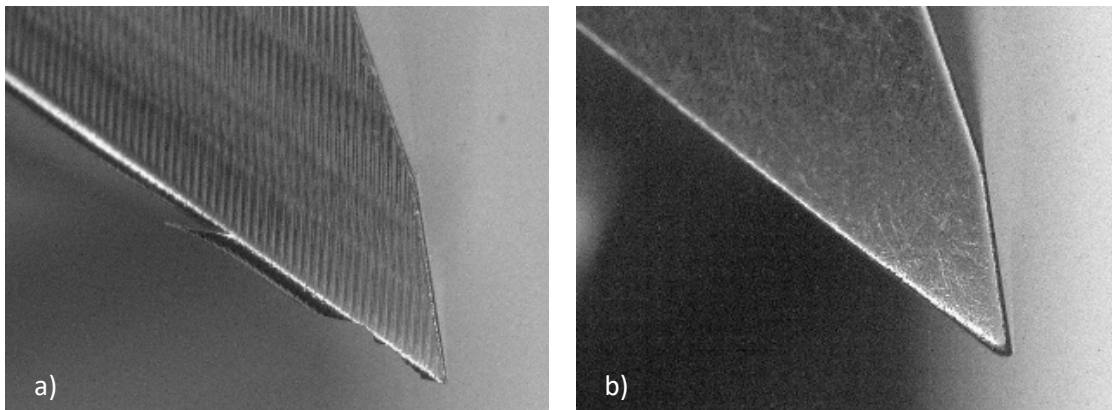
Die durch stetige Leistungssteigerung getriebenen Anwendungen erfordern Systemlösungen im Bereich der Plasmabeschichtung um Bauteile und Werkzeuge immer an ihren Leistungsgrenzen einsetzen zu können. Neben den Hartmetallen ist der Schneidstoff HSS nach wie vor industriell hoch relevant. Auch wenn die Optimierungen der Werkzeuge fast ausschließlich im Bereich des Hartmetalls und anderer hochharter Schneidstoffe in den letzten beiden Jahrzehnten erfolgte ist die Anpassung der Mikrogeometrie und der Beschichtung bei HSS Werkzeugen in gleichem Maße von hoher Relevanz. Durch die Optimierung der Mikrogeometrie und der Oberflächenstruktur in Kombination mit multifunktionellen MpC Schichten kann auch für Fräser aus Hochleistungsschnellarbeitsstahl eine deutliche Steigerung der Produktivität erzielt werden.

Zur gezielten Präparation der Werkzeuge wurde eine Schleppscheifenanlage mit 3-fach Rotation der Werkzeuge eingesetzt, so dass die Fräser selbst um ihre Mittelachse rotierend durch das Schleifmedium geführt wurden. Für eine konstante und einheitliche Verrundung über die gesamte Länge der einzelnen Schneiden der HSS Schaftfräser war eine Anpassung des Schleppscheifprozesses hinsichtlich Bearbeitungsparameter und eingesetztem Medium erforderlich, um in einem

Arbeitsgang sowohl den Grat gleichmäßig zu entfernen als auch die Schneidkantenverrundung reproduzierbar zu erzeugen. Durch geeignete Manipulation und spezifisch zusammengesetzte Medien wurden die Grate von der Spanfläche her über die Kante hin zur Freifläche gebrochen und nachfolgend die Schneiden gleichmäßig verrundet. Die Anpassung ermöglicht es zudem, zur Spanfläche geneigte Schneidkantenverrundungen (Formfaktor  $k > 1$ ) reproduzierbar zu erzeugen. Diese wurden aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse zu Hartmetallwerkzeugen zur Reduzierung der Ausbruchsneigung mit einer mittleren Schneidkantenverrundung von  $\bar{S} > 30 \mu\text{m}$  angestrebt [1].

Ergebnis der Verrundung für einsatzoptimierte HSS Schaftfräser durch Schleppscheifen waren Werkzeuge mit einer mittleren Schneidkantenverrundung von  $\bar{S} = 37 \pm 3 \mu\text{m}$  und einem Formfaktor  $k = 1,5$ . Zudem bestätigt sich für HSS-Werkzeuge die bereits bei Hartmetallwerkzeugen bestehende Erkenntnis, dass die Optimierung eines Präzisionswerkzeugs eine aufeinander abgestimmte Kombination aus angepasster Werkzeuggeometrie durch Verrundung, Oberflächenpräparation und Beschichtung sowie deren Feintunen erfordert, um eine beeindruckende Steigerung der Leistungsfähigkeit auch von HSS-Zerspanwerkzeugen zu erreichen. [1]

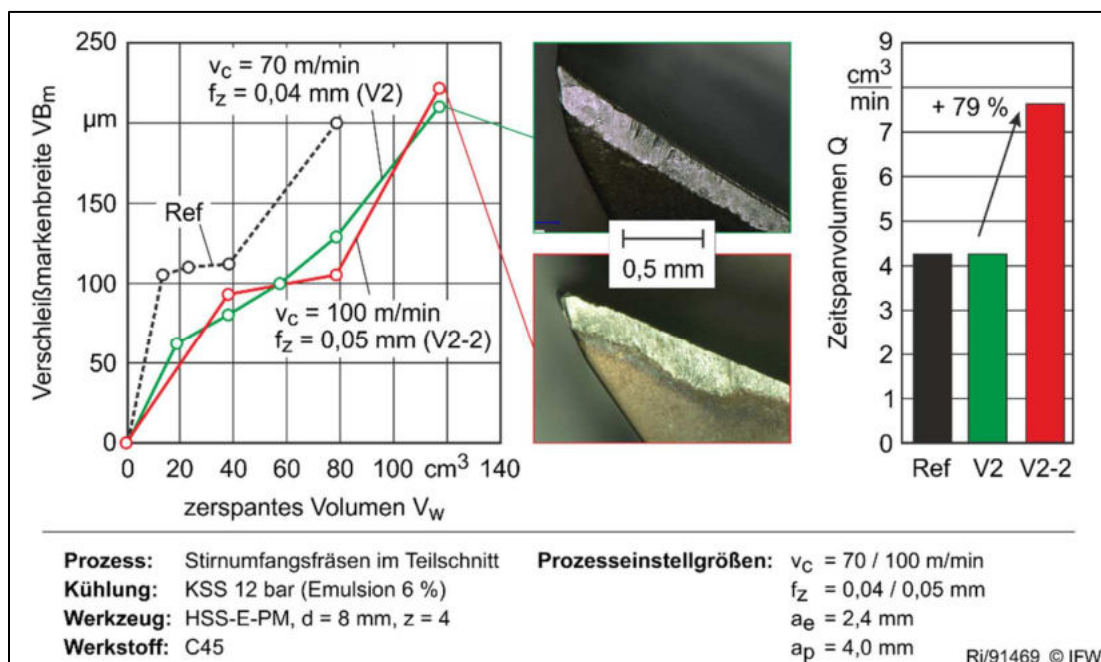
MpC Excellence Schichten ermöglichten es dann, die HSS Fräser an ihrer Leistungsgrenze zu betreiben. Die Mehrstofflegierungen des MpC (Multipurpose Coating) Clusters sind durch ihren adaptiven Charakter ideal auf die Anforderungen verschiedener Anwendungen abgestimmt. Die MpC Multifunktionsschichten zeichnen sich durch einen nano-laminierten Schichtaufbau aus, der gezielt Duktilität und Härte dort liefert, wo es gefordert ist. Sie heben sich durch hohe Temperatur- und Phasenstabilität, geringe Wärmeleitfähigkeit, hohe Härte bei gleichzeitig guter Zähigkeit und geringe Reibwerte vom Standard ab. Sie passen sich adaptive an die Gegebenheiten in der Wirkzone an. Durch gezieltes Mikrolegieren sind die mikrometerdünnen Schichten bestens für Nass-, MMS- und Trockenbearbeitung geeignet.



Hauptschneide eines HSS Fräasers: (a) ausgeprägte Grate im Anlieferungszustand (b) kanten- und oberflächenoptimierter Zustand

Die Systemlösung aus Präparation und angepasster MpC Multifunktionsschicht resultierte in einem veränderten und verbesserten Verschleißverhalten. Bei der Bearbeitung von C45 mit optimierten MpC\_2 beschichteten Fräsern trat als dominante Verschleißform nun statt spontanen Ausbrüchen abrasiver Freiflächenverschleiß auf. Dies führte zu einer deutlichen Steigerung der Prozesssicherheit. Die Standzeit der Werkzeuge konnte hierdurch gegenüber den Referenzwerkzeugen (beschichteter Standardfräser, gleicher Hersteller, gleicher Typ) um 50 % gesteigert werden. Aufgrund des verbesserten Einsatzverhaltens der Werkzeuge konnte gleichzeitig die Schnittgeschwindigkeit um 43 % und der Zahnvorschub um 25 % im Vergleich zu den Referenzuntersuchungen erhöht werden. Auch bei diesen Prozessstellgrößen trat weiterhin abrasiver Freiflächenverschleiß auf und es wurde die gleiche Einsatzzeit wie bei den niedrigeren Prozessstellgrößen mit geringfügig höherem

Verschleiß erreicht. Die Produktivität konnte somit bei dem Werkstoff C45 mit den optimierten Werkzeugen um 79 % gegenüber den Referenzuntersuchungen gesteigert werden. Für die Bearbeitung des gleichen zu zerspanenden Volumens bedarf es somit durch die höhere Standzeit bzw. Produktivität ca. 50 % weniger Werkzeug- und Energieressourcen. [1]



Produktivitätssteigerung bei der Bearbeitung von C45 (IFW) mit MpC\_2 beschichteten geometrie- und oberflächenoptimierten HSS Schaftfräsern

Verlust reduzieren, Wirkungsgrad erhöhen:

Keine Chance für Kalk durch überzeugende Oberflächen

Um allgemein Anhaftungen zu reduzieren oder zu vermeiden und einen Verbundkörper auf hohem Leistungsniveau einsetzen zu können, sind entsprechende Anforderungen an die Oberflächengüte der zu beschichtenden Komponente zu stellen.

In der industriellen Anwendung stellt z.B. Kalk im Wasser oft ein nicht zu vernachlässigendes Problem dar. DLC Excellence Schichten wie DC99<sup>®</sup> verhindern nicht die Ausfällung von Calciumcarbonat aus dem Wasser, die durch das Medium selbst sowie die Umgebungs- und Prozessbedingungen wie Temperatur, Druck, etc. maßgeblich beeinflusst wird, sondern das Anhaften an der beschichteten Oberfläche, die Keimbildung an der Grenzfläche. Der ausgefällte Feststoff ist meist mikrokristallin. Kleine Teilchen wachsen durch Agglomeration zu größeren Partikeln und stabilen Kristallen und zu einem unlöslichen Feststoff zusammen. Beim Aushärten des Kalks entsteht eine mechanische Spannung in der Kalkschicht, die Eigenspannung. Da die Anhaftung von Kalk auf unbehandelten Oberflächen um ein Vielfaches größer ist als auf DC99<sup>®</sup>, wachsen die schädlichen Kalkschichten immer weiter. Dagegen hilft DC99<sup>®</sup>. Die geringe Anhaftungsmöglichkeit für Kalk auf der Surcoat Hightech-Schicht führt durch die zunehmende Eigenspannung der Kontaminate zu Rissbildung und folglich zum Abplatzen der Ablagerungen. Die abgelösten Partikel werden dann einfach beim nächsten Kontakt mit Wasser vom beschichteten Bauteil fort gespült. Anwendertests haben gezeigt, dass Kalkschichten so bereits bei Stärken von weit unter einem halben Millimeter wieder abplatzen.

Eine hohe Oberflächengüte ist hier ausschlaggebend für die Funktionalität des Verbundkörpers. Die mittels PECVD Verfahren synthetisierten, mikrometerdünnen DLC Schichten sind von amorpher Struktur und von daher wachstumsbedingt extrem glatt. Nur unter der Voraussetzung einer optimierten Oberflächenstrukturierung oder –politur des zu beschichtenden Bauteils im Bereich von  $R_a < 1\mu\text{m}$  werden die Schichten in dichter kompakter Struktur abgeschieden. Somit kann man den vollen Mehrwert durch die Beschichtung nutzen und Kalkablagerungen z.B. an einer durchströmten Komponente gänzlich vermieden. Vereinfacht gesagt müssen für ein optimales Ergebnis die Keimbildung und Anhaftung verstärkenden Rauheiten, Poren und Riefen vermieden werden. Besonders gilt dies für nicht durchströmte Körper und Bauteile wie z.B. Verdampfeinheiten. Hier führt das optimierte Verbundsystem zu einer wesentlich vereinfachten Reinigung ohne die Notwendigkeit aggressiver Medien und Reiniger. Komponenten, die im Fertigungsprozess oder zum Zweck der Reinigung mit aggressiven Stoffen in Berührung kommen, trotzen derart präpariert den „rauen“ Umgebungsbedingungen.

In der allgemeinen Verfahrenstechnik und in der Geothermie werden Ventile (Klappen-, Schmetterlings-, Kugel- und Absperrventile), Fittings und Flansche mit einer Oberflächengüte von im Schnitt  $R_a = 0,05\mu\text{m}$  zur Verbesserung der Betriebssicherheit und Dichtheit mit DC99<sup>®</sup> beschichtet. Kalkablagerungen werden mit dem Öffnen der Ventile durch das durchströmende Medium entfernt, der Selbstreinigungseffekt durch den optimierten Verbund setzt ein.



Polierte und DC99<sup>®</sup>- antikalk beschichtete Komponenten

Der Anwendernutzen der optimierend angepassten Oberflächenqualität im Verbund mit DC99<sup>®</sup> besteht in minimalem Reinigungsbedarf, der längeren Einsatzzeit, geringeren verlustreichen Nebenzeiten und dem reduzierten Wartungsbedarf bei den beschichteten funktionalen Bauteilen und Werkzeugen. Die Produktivität bereits vorhandener Anlagen wird maximiert, Ressourcen wie Wasser, Energie und Reinigungsmittel, bis hin zur Vermeidung aggressiver Medien, werden eingespart.

Bild-Nachweis/Copyright: Surcoatec GmbH

[1] G.Erkens, B.Richter, T.Grove, B.Denkema, Steigerung der Ressourceneffizienz bei HSS-Fräsern, In: wt-online - Ausgabe 1/2-2018, S. 56-62