

## **Diagnose beschichteter Zerspanwerkzeuge**

Klaus KÜNZANZ, Henrik JUHR

### **Einleitung**

Im Zuge der allgemeinen Wettbewerbsverschärfung auf dem Weltmarkt ist jedes Unternehmen dem Innovationszwang unterworfen und zur weiteren Steigerung der eigenen Leistungsfähigkeit aufgefordert. Kosten-, Qualitäts-, Zeit- und Umweltvorteile, die weit über das bisherige Maß hinausgehen, sind die entscheidenden Faktoren für den Erfolg am Markt [1,2].

Das Werkzeug befindet sich unmittelbar an der Wirkstelle des Prozesses und ist daher mechanisch und thermisch am stärksten belastet. In der spanenden Fertigung zählt neben der Fortentwicklung der Werkzeugmaschinen die Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Schneidwerkstoffe zu den ergiebigsten Rationalisierungspotentialen. Das Werkzeug nimmt als am höchsten belastetes Element im unmittelbaren Zerspanprozeß eine Rolle als Stellglied der Produktivität ein. Daher war schon immer die Entwicklung der Schneidstoffe ein Schrittmacher der Leistungsfähigkeit der zerspanenden Industriezweige. An dem von Schlesinger (1874-1949) festgehaltenen Zusammenhang: „Die Dividenden der Unternehmen sitzen auf den Schneiden der Unternehmen“ hat sich daher prinzipiell nichts geändert.

Insbesondere die Hartstoffbeschichtung hat in der letzten Zeit zu einem bedeutenden Innovationsschub auf dem Werkzeugsektor geführt. Hierbei werden die Vorteile des Grundwerkstoffes (bei Schnellarbeitsstahl z.B. die hohe Zähigkeit) mit denen der Hartstoffschicht (hohe Verschleißfestigkeit) zu einer neuen Qualität kombiniert. Gerade die Anwendung des Schnellarbeitsstahles hat durch die Hartstoffbeschichtung eine Renaissance erfahren.

Um die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Zerspanwerkzeuge einschätzen zu können, müssen objektive Methoden zu deren Beurteilung gefunden werden. Diese Informationen werden sowohl vom Schichtentwickler bzw. Werkzeughersteller als auch vom Werkzeuganwender benötigt. Mit Hilfe der bei uns seit Jahren betriebenen Schicht- und Werkzeugdiagnose haben wir eine Methode gefunden, die eine Be-

wertung tribologischer Schichten aus der Sicht des Zerspanprozesses ermöglicht. Die traditionellen Methoden der Schichtentwickler beschränken sich im Gegensatz dazu auf die Bewertung physikalisch-chemischer Eigenschaften der Schichten. Es hat sich jedoch erwiesen, daß diese Kriterien bestenfalls bedingt auf die praktische Anwendbarkeit übertragbar sind.

Die Ziele der komplexen Schicht- und Werkzeugdiagnose [3] ergeben sich in zwei Flanken:

- **Testung, Bewertung und Vergleich (Benchmarking) des technologischen Leistungsvermögens neuentwickelter bzw. auf dem Markt vorhandener beschichteter Zerspanwerkzeuge**

Insbesondere in Zusammenarbeit mit beschichtenden Unternehmen ergeben sich Ansatzpunkte bei der Rückwirkung auf die Optimierung der Beschichtungstechnologien. Erst durch den Zerspanungsversuch wird deutlich, ob sich die jeweilige Schicht für den Einsatzzweck eignet.

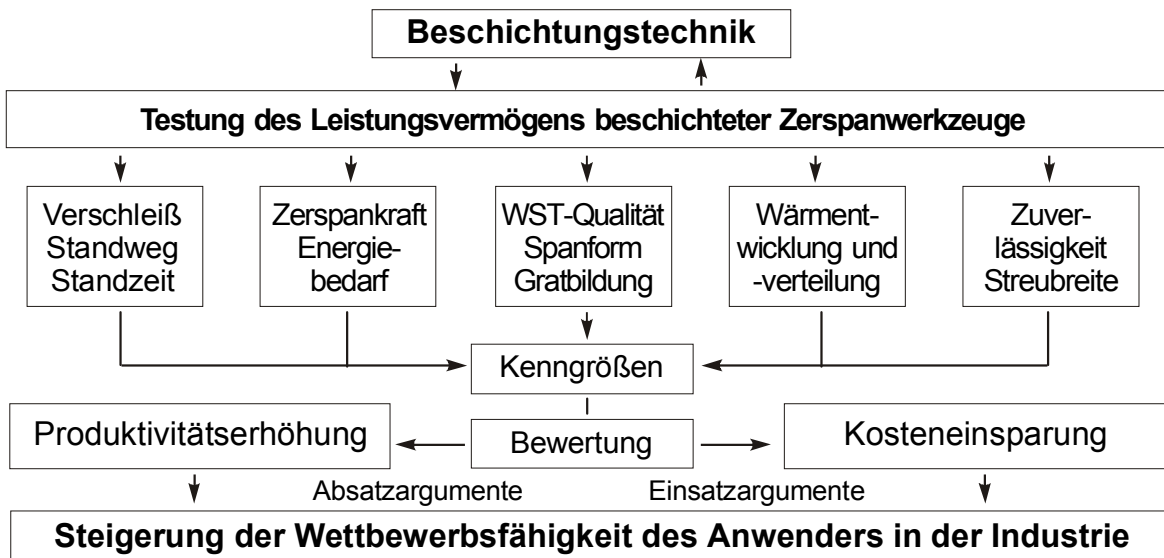
- **Erstellung von Werkzeugsoftware (Schnittwertempfehlungen, Einsatzrichtlinien)**

Erst durch die Bereitstellung von Werkzeugsoftware vom Werkzeughersteller ist der Anwender in der Lage, die Leistungspotentiale der jeweiligen Werkzeug-Innovation voll auszunutzen. Beide Seiten können mit einer erhöhten Wettbewerbsfähigkeit an dem Nutzen der Methode partizipieren.

## **Die komplexe Werkzeug- und Schichtdiagnose**

Es werden bei der Methode mit Hilfe verschiedener Bewertungskriterien Informationen über

- den Verschleißzustand des Werkzeuges
- die Prozeßqualität
- und die resultierenden Qualitätskriterien am Werkstück gewonnen.



*Bild 1: Kriterien zur Bewertung des Leistungsvermögens hartstoffbeschichteter Werkzeuge*

Im einzelnen werden

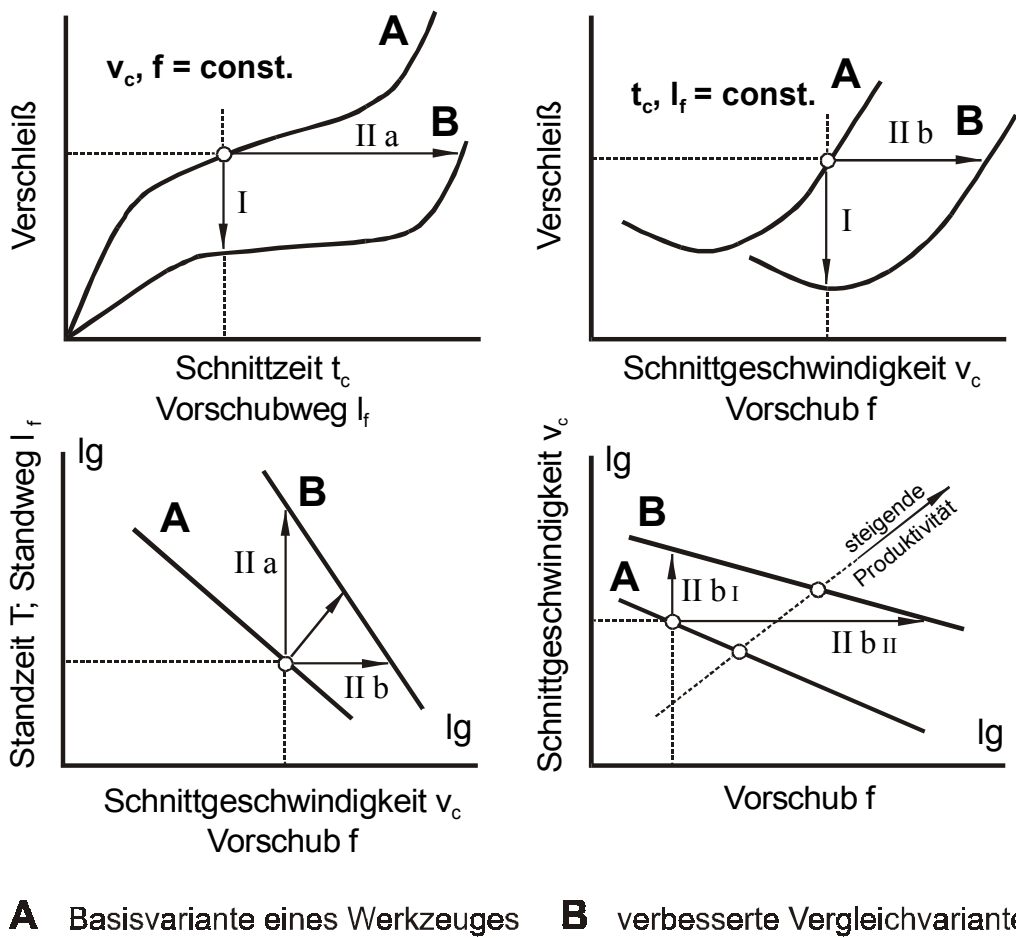
- Verschleiß und Standweg (oder Standzeit) des Werkzeuges,
- Zerspankraft und der Energiebedarf,
- Werkstückqualität (Maß, Form, Oberflächenrauheit, Gratbildung),
- Spanform,
- Wärmeentwicklung und
- die Zuverlässigkeit und Prozeßsicherheit in der Fertigung erfaßt und ausgewertet (Bild 1).

Für die komplexe Werkzeug- und Schichtdiagnose wurde ein leistungsfähiger Versuchsstand auf der Basis einer Koordinatenbohrmaschine BKoE 630 x 1000 / 2 von Mikromat Dresden und einer entsprechenden Meßtechnik aufgebaut, die sich aus folgenden Komponenten zusammensetzt:

- KISTLER - Kraftmeßeinrichtung für die Bestimmung des Schnittmomentes und der Vorschubkraft
- Strahlungspyrometer für die Erfassung der Werkzeug- und Werkstücktemperatur
- Meßeinrichtungen für Verschleiß und Rauheit in der Bohrung

An den Bohrungen wird in sinnvollen Abständen punktuell die Bohrungsüberweite, die Rauheit in der Bohrung und die Gratüberhöhe bestimmt. Im jeweils gleichem Vorgang wird der Verschleiß an der Freifläche der Bohrerschneiden mit Hilfe eines Meßmikroskopes bestimmt. Von allen zu ermittelnden Größen gilt die Verschleißmarkenbreite als ausschlaggebendes Kriterium. Als Standzeitende wird das Erreichen einer festzulegenden Verschleißmarkenbreite (0,3 ... 0,6 mm) festgelegt.

Für eine Betrachtung der gewonnenen Vorteile hinsichtlich der Standfähigkeit dient in der Regel die Festlegung einer Basisvariante (Bild 2, oben links). Bei einer gleichen Schnittzeit oder einem gleichem Vorschubweg tritt bei der verbesserten Vergleichsvariante ein geringerer Verschleiß auf (I). Dieser Vorteil allein ist mit keinem ökonomischen Nutzen für das Unternehmen verbunden. Legt man jedoch einen gleichen maximalen Verschleiß als Standkriterium zugrunde, führt die verbesserte Variante zu einem höheren Standweg (II a). Hierbei kommt es zu einer Reduzierung der Werkzeugkosten.



*Bild 2: Testung, Bewertung und Vergleich des Leistungsvermögens von Werkzeugen nach den Kriterien Verschleiß - Standzeit (Standweg) - Produktivität*

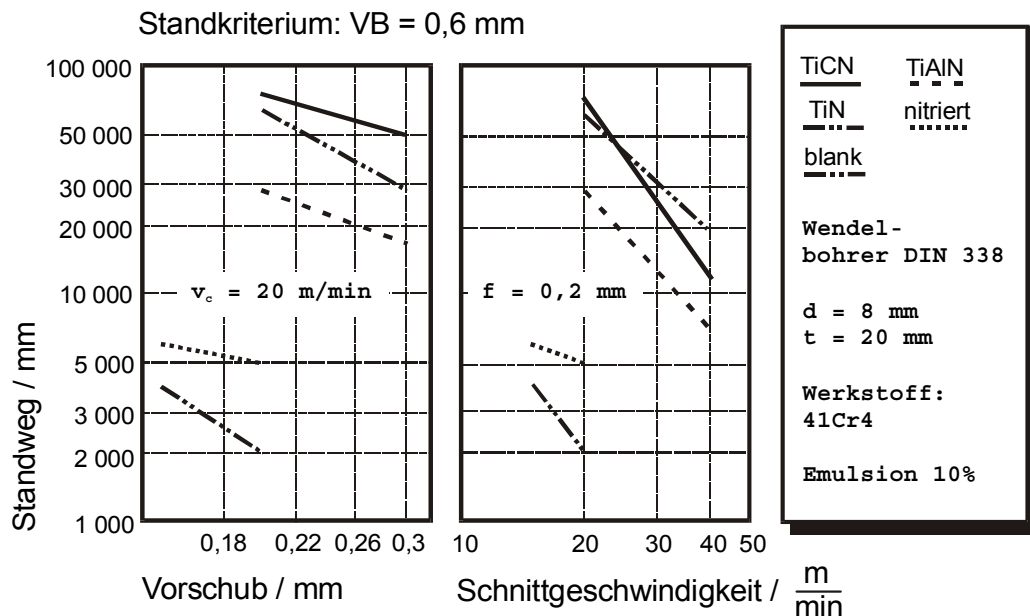
Wird in die Betrachtung nun noch der Einfluß der Schnittgeschwindigkeit oder des Vorschubes einbezogen (Bild 2, oben rechts), besteht die Möglichkeit einer echten Steigung der Produktivität, indem durch eine Vergrößerung der Schnittwerte die Hauptzeit verringert und damit der Ausstoß produzierter Teile vergrößert wird (II b). Dieser Weg weist den größten ökonomischen Nutzen für den Betrieb auf.

Im Bild 2 links unten sind die beiden Möglichkeiten zur Steigerung der Leistungsfähigkeit in einem Standzeit-Schnittwert-Diagramm kompakt ausgewiesen. Auch eine Kombination beider Wege ist denkbar.

Im Werkzeugauslastungsdiagramm (rechts unten) schließlich sind die Varianten der Produktivitätssteigerung noch einmal explizit ausgewiesen. Die Geraden A und B sind Standzeitisolines des gleichen Standzeitwertes bei den verschiedenen Varianten. Die Produktivitätssteigerung kann nun zum einen durch eine Erhöhung des Vorschubes (II b II) oder durch eine Vergrößerung der Schnittgeschwindigkeit (II b I) erzielt werden. Beide Maßnahmen führen zu einer Verkürzung der Hauptzeit und somit zu einer erhöhten Produktivität.

### Ausgewählte experimentelle Ergebnisse

Die folgende Darstellung soll den immensen Einfluß einer Hartstoffbeschichtung auf die Leistungsfähigkeit von Wendelbohrern aus Schnellarbeitsstahl zeigen. Als Basisniveau wurden die Beispiele eines unbeschichteten, unbehandelten und eines fasennitrierten Wendelbohrers im Bild 3 zugrunde gelegt. Die mögliche Standwegerhöhung beträgt für TiAlN-beschichtete Wendelbohrer mehr als 500 % gegenüber dem nitrierten Werkzeug. Durch den Einsatz von TiN- bzw. TiCN-beschichteten Wendelbohrern kann der Standweg für die gegebenen Einsatzbedingungen noch einmal um das 2,5- bis 3-fache gesteigert werden.



*Bild 3: Leistungsfähigkeit beschichteter Wendelbohrer*

Ein weiteres Untersuchungsziel war der Einfluß der Kühlschmierbedingungen bei der Bearbeitung (Bild 4). Dabei weisen die beschichteten

Bohrer bei der Trockenbearbeitung einen höheren Standweg auf als die unbeschichteten Bohrer mit Einsatz von Kühlschmierstoff. Hier zeigt sich deutlich die Überlegenheit des beschichteten Werkzeuges aus der Umweltsicht [4].

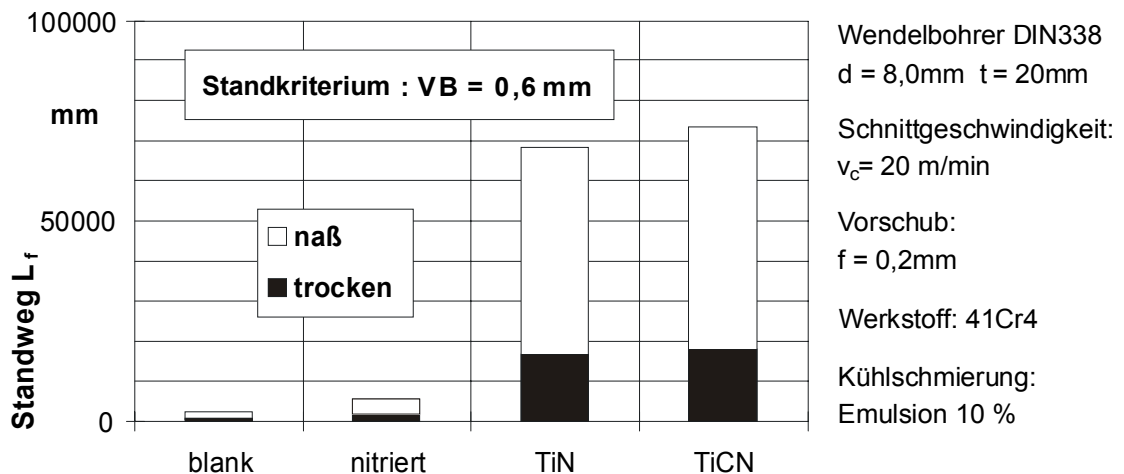


Bild 4: Vergleich Trocken- und Naßbearbeitung

Eine wirksame Alternative zum Einsatz einer Überflutungsschmierung ist die Anwendung der Minimalmengenschmierung. Dabei kommt ein Bruchteil der üblicherweise angewendeten Schmiermittelmenge zum Einsatz, welcher um einige Zehnerpotenzen niedriger liegt. Die Wirkung dieser Technik zeigt sich im Bild 5 eindrucksvoll: Die Überflutungsschmierung zeigt nur wenig bessere Standwege als es bei der minimalmengengeschmierten Vorgehensweise der Fall ist.

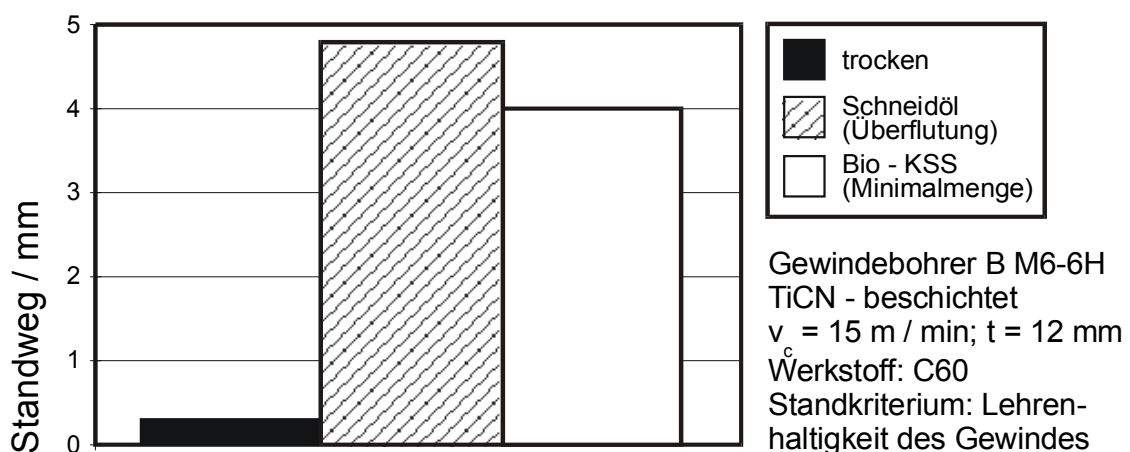


Bild 5: Einfluß des Kühlschmierstoffes auf den Standweg beschichteter Gewindebohrer

## Literatur

- [1] Eversheim, W. u.a.: Wettbewerbsfähige Unternehmensprozesse in einem globalen Markt. Aachener Werkzeugmaschinenkolloquium 1993.
- [2] König, W. u.a.: Technologieverständnis - Der Schlüssel zu optimierten Prozessen und Fertigungsfolgen. Aachener Werkzeugmaschinenkolloquium 1993.
- [3] Künanz, K.: Werkzeuge und Schneidwerkstoffe. Preprint MW-IPT-01-1994, TU Dresden.
- [4] Künanz, K. ;Langer, U.: Verzicht auf umweltbelastende Kühlschmierstoffe durch Hartstoffbeschichtung von HSS-Zerspanwerkzeugen. Tagung Werkstoffforschung unter Umweltaspekten, DGM Dresden 1994.

**Autoren:** Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus KÜNANZ,  
Dipl.-Ing. Henrik JUHR

Institut für Produktionstechnik,  
Lehrstuhl Abtrenntechnik / Lasertechnik

Technische Universität Dresden,  
D-01062 Dresden, BRD