

„Hype-Themen“ der Präzisionswerkzeugindustrie

Lothar Horn
VDMA PWZ

Von der Ideenfindung für ein komplexes Werkzeug bis zu seiner Anwendung vergehen oft Monate, manchmal auch Jahre. In der Zwischenzeit tauchen alle möglichen „Hypes“ auf, die es den Unternehmen nicht immer leichtmachen, auf sachlicher Ebene zu entscheiden, was als spektakuläre, kurzfristige Erscheinung und was als realer, langfristiger Trend zu bewerten ist. Einige ausgewählte Themen, die ich für erwähnenswert halte, sind nachfolgend in Kurzform beschrieben.

Hochtechnologische Werkzeuge für neue Werkstoffe

Von den 1.300 bei Bosch beschäftigten Forschern sind 400 auf dem Gebiet der Werkstoffforschung unterwegs. Denn überall werden heute neue Werkstoffe eingesetzt. Im Bereich der medizinischen Versorgung beispielsweise leisten sie einen deutlichen Beitrag zur Verringerung der Belastung bei Mensch und Tier.

Neue Werkstoffe steigern auch unsere Wettbewerbsfähigkeit und sind dabei oft sogar umweltfreundlicher. Betrachten wir den aluminiumlegierten Leichtbaustahl. Hier ist eine etwas höhere Festigkeit vorhanden und eine um 10 Prozent geringere Dichte.

Die Entwicklung wird heute maßgeblich durch die Automobilindustrie getrieben z. B. aufgrund von Zielen, wie der Reduzierung des CO₂-Ausstosses. Durch Leichtbaukonzepte mit neuen Werkstoffen erreichen die Automobilunternehmen eben solche Ziele. Positiv hieran ist, dass die neuen Werkstoffe ähnliche Herstellkosten haben bzw. auch die Versorgung an Rohstoffen gewährleistet ist. Auf der Seite der Bearbeitung sind weitere Optimierungen notwendig. Da beispielsweise durch die niedrige Wärmeleitfähigkeit einiger neuen Werkstoffe ein höherer Werkzeugverschleiß gegeben ist, beschränkt sich der Serieneinsatz auf die unabdingbaren Anwendungen.

Neue Werkstoffe begegnen uns beispielsweise mit Titan und Composites auch in der Luft- und Raumfahrt. Dort ist die Situation „weniger ist mehr“ durchgängig im Fokus: Weniger Gewicht, mehr Steifigkeit. In Flugzeugen werden in den nächsten Jahren bis zu 15 Prozent Titan eingesetzt. Bei den Composites wird bis 2020 sogar ein Anteil von bis zu 50 Prozent erwartet.

Die Ansprüche an die Werkzeughersteller sind dadurch immens. Die Anforderungen an das Substrat, die Geometrie und der Beschichtung gehen damit einher. Das gesamte Produkt muss für diese Anwendungen neu „erfunden“ werden. Nicht nur die Luftfahrt verwendet Composites, sondern auch der Anteil in der Automobilindustrie wird bis 2025 deutlich zunehmen.

Neue Werkstoffe in der Medizintechnik

Titan und Titanlegierungen sind bei der Bearbeitung schon immer anspruchsvoll gewesen und stellen eine nennenswerte Herausforderung dar, beispielsweise bei Knochenschrauben. Mit dem flächendeckenden Einsatz von Cobalt-Chrom sind weitere Aufgaben entstanden. Cobalt-Chrom Implantate oder Cobalt-Chrom im Einsatz in einem künstlichen Kniegelenk haben zu einer deutlichen Verbesserung der Verträglichkeit der Materialien im menschlichen Gewebe geführt. Auf der Werkzeugeite wurden daraus neue Aufgaben generiert.

Neue warmfeste Werkstoffe

Im Automobilbereich wurde der Weg vom Downsizing schon vor einigen Jahren begonnen. Die Anforderung auf der gesetzgebenden Seite ist die Reduzierung des Ausstoßes von CO₂, NO_x und Rußpartikel und dadurch eine Verbesserung der Leistungsdaten des Fahrzeuges. Bei den Dieselfahrzeugen werden nur noch Fahrzeuge mit Turbolader gebaut. Bei den Benzinmotoren wurde die Entwicklung der gesamten Abgasturbine erweitert. Hier sind heute schon Temperaturen von über 1.000 Grad vorhanden. Das verwendete Material ist oft eine hochwarmfeste Nickellegierung. Bei den neuen Werkstoffen wurde der Nickelanteil wegen der Möglichkeit von Lunkebildung deutlich reduziert. Allerdings wird dadurch die Zerspanung vor neuen, weiteren Anforderung gestellt.

Neue Werkstoffe in der Lebensmittelindustrie

Hier führt die Substitution von Blei und anderen Schwermetallen zu Veränderungen der Werkstoffeigenschaften. Dies hat große Auswirkungen auf die Zerspanungseigenschaften. Um dabei die Lebensdauer der Werkzeuge zu erhöhen, werden ständig neue Wege in der Beschichtung, bei den Schneidstoffen und in der Geometrie gesucht. Neue Beschichtungstechnologien wie HiPIMS lassen erahnen, welches Potential hier nutzbar ist, um die Beschichtung auf den jeweiligen branchenspezifischen Bearbeitungsfall abzustimmen. Trotz leichter Entspannung auf dem Rohstoffmarkt muss die Suche nach Alternativen für teure Legierungsbestandteile weiter intensiviert werden. Als Beispiel sei hier die Substitution von Tantal in Hartmetall genannt. Solche Alternativen bieten die Chance, sich von politisch nicht berechenbaren Exportmärkten unabhängiger zu machen um damit geeignete Werkzeuge für den wachsenden Anteil an neuen Werkstoffen zur Verfügung zu stellen.

Neue (Mini-)Werkzeugegeometrien

Die Bearbeitung von CFK, GFK, Titan, Verbund- und Hybridwerkstoffen, von hochfesten Stählen und Duplex-Stählen erfordert in vielen Fällen neue Bearbeitungsstrategien mit angepassten Werkzeugegeometrien. Die dafür benötigten, oft sehr speziellen Geometrien, lassen sich dank moderner Formgebungsverfahren wie Isostat-Pressen, Axialpressen und Strangpressen unabhängig von der Stückzahl äußerst wirtschaftlich herstellen. Viele der Klein- und Kleinstteile sind in der Elektronikindustrie sowie der Medizintechnik zu Hause. Hier ist nicht nur die Entwicklung in der Dimension, sondern auch die Entwicklung bei der Komplexität zu sehen. Die Anwendungsbereiche erstrecken sich auf Schreibgeräte, Brillengestelle, Implantate, chirurgische Werkzeuge, Düsen für Einspritzsysteme, Sensoren, Druckplatten etc.

Der Trend zu kleineren und kleinsten Bauteilen beeinflusst in starkem Maße die Gestaltung von Mikrogeometrien. Dank intensiver Forschung bei der Schneidkantenpräparation sind heute asymmetrische Verrundungen sowie der Einsatz von schleifscharfen, beschichteten Schneidplatten bereits möglich. Allerdings setzt die Mikrozerspanung besondere Kenntnisse in der Zerspanung im μm -Bereich voraus. Beim Ausdrehen von Bohrungen mit 0,2 mm \varnothing wird mit Spantiefen $\leq 0,01$ mm gearbeitet, um Toleranzen von 0,04 μm zu erreichen. Dabei müssen die Werkzeuge zuverlässig arbeiten und zuvor auch herstellbar sein. Deswegen wächst die Bedeutung von neuen Mikrogeometrien mit extrem scharfer, ausbruchsfreier und sehr feiner Oberfläche innerhalb der Gruppe der Zerspanungswerkzeuge.

Kühlen an der Wirkstelle

Die mit der Werkzeugkühlung zusammenhängenden direkten und indirekten Kosten gilt es deutlich zu senken. Idealerweise sollte auf den Kühlschmierstoff ganz verzichtet werden können. Da dies nicht immer möglich ist, wächst die Bedeutung der Minimalmengenschmierung, der kryogenen Kühlung und der Innenkühlung. Ziel ist es, das Medium so nahe wie möglich an die Wirkstelle und damit an die Schneide zu bringen. Die innere Kühlmittelzufuhr erlaubt eine gezielte Spanlenkung, bis hin zum Spanbruch bei der Hochdruck-Innenkühlung. Dank moderner spanloser Formgebungsverfahren lassen sich bereits heute Werkzeuge mit extrem schmaler Schneidenbreite mit Innenkühlung auch durch die Platte herstellen.

Additive Herstellung von Werkzeugen

Der aktuelle Stand der Technik definiert zwei verschiedenen Technologien: Das schichtweise Aufschmelzen im Pulverbett sowie das Aufschichten von Material mittels Düse und Hitze. Die dazu zählenden Verfahren erobern sich zunehmend neue Anwendungsgebiete, speziell bei der Einzel- und Kleinserienfertigung. Aber auch für die Serienfertigung liegen erste Erfahrungen vor, wobei allerdings bestimmte Funktionsflächen noch nachgearbeitet werden müssen. So ergeben sich beispielsweise neue Möglichkeiten, Kühlkanäle strömungstechnisch zu optimieren und das Werkzeug an die Grundhalter anzupassen. Bei größeren Werkzeugen reduziert der strukturelle, an der Funktion orientierte Aufbau das Gewicht. Ein Vorteil, der sich nicht nur auf das Handling, sondern auch auf die Maschinendynamik und damit auf die Bearbeitungsqualität auswirkt. Weitere Vereinfachungen bei der Gestaltung bietet die Hybridbauweise; zum Beispiel durch die Kombination von additiver und konventioneller Fertigung möglichst in einer Maschine und in einer Aufspannung.

Beschichtung

Die Geschichte der Beschichtung von Werkzeugen geht auf das Ende der 60er Jahre zurück. Damals als TiN-Schicht, später noch TiCN-Schicht. Die Schritte gingen über Aluminiumoxidschicht, TiAlN, AlSiCN, TiSiCN, CrN mit einer extrem schnellen Entwicklungsgeschichte voran. Je nach Schicht führte die Veredelung zu vielen Vorteilen, aber auch zu einigen Kompromissen.

Die zu bearbeitenden Werkstücke sind häufig nur schwer zu zerspanen. Die harten und hochtemperaturfesten Materialien lassen die Werkzeuge, auch mit bisher verwendeten Beschichtungen, schnell verschleifen – das macht die Bearbeitung kostenintensiv im Vergleich zu den bisherigen Werkstoffen. Mit dem neuen HiPIMS-Verfahren (High Power Impulse Magnetron Sputtering) können Werkzeuge mit Hartstoffschichten versehen werden, die den bisherigen Schichten in Härte und Zähigkeit überlegen sind. Hochleistungswerkstoffe für Anwendungen in der Luftfahrt, im Automobilbereich oder in der Medizintechnik lassen sich so in Zukunft ressourcenschonender zu hochpräzisen Bauteilen verarbeiten als bisher.

Die vielversprechende Lösung bedeutet die Weiterentwicklungen im Bereich Substrat, Geometrie und neuer Beschichtungen. Die Schichten haften durch HiPIMS-Beschichtung besser auf den Werkzeugen. Sie sind dabei härter, zäher, homogener und dadurch deutlich haltbarer. Ebenfalls sind weniger Droplets vorhanden. Vorteil für die Bearbeitung: Selbst komplexe Bauteile für Turbolader aus Titan- und Nickelbasislegierungen lassen sich dank einer haltbareren Beschichtung mit einer geringeren Anzahl an Werkzeugwechseln herstellen.

Optimierungsinstrument Industrie 4.0

Die Basis zum Austausch von elektronischen Daten zur Prozessoptimierung und Überwachung der Schnittstelle „Maschine und Werkzeuge“ ist in vielen Betrieben schon gelegt. Um aber Industrie 4.0 in der Konsequenz einer „kompletten Vernetzung“ realisieren zu können, bedarf es noch erheblicher Anstrengungen in allen betrieblichen Bereichen und in den Beziehungen zu Kunden und Lieferanten. Bei aller Industrie 4.0-Euphorie darf die Datensicherheit nicht vergessen werden! Auf diesem Gebiet muss noch viel geschehen, um eine zentrale Steuerung innerhalb eines selbstlernenden Systems Schritt für Schritt zu realisieren und den Werkzeugentstehungsprozess mit allen vor- und nachgelagerten Aktivitäten zu vernetzen. Letztendlich darf in dieser Planung der Mensch nicht vergessen werden. Trotz aller arbeits- und organisationserleichternden IT-Lösungen wird seine Innovationskraft verstärkt benötigt, um in verschiedenen Ausbaustufen letztendlich den Nutzen von Industrie 4.0. verwerten zu können. Vom Personalmanagement her gesehen erfordert dies mehr Ingenieure sowie mehr Personal für das Programmieren, die Prozesssteuerung und die Qualitätssicherung.

Erinnern wir uns an die CIM-Euphorie in den 80er-Jahren! Diese Fertigungsphilosophie scheiterte u. a. auch daran, dass sich die Betriebe schwer taten, ihr Denken und ihre Organisation der computergesteuerten Fertigung anzupassen. Unabhängig davon, wie wir die verschiedenen Hypes bewerten und für uns nutzen, sollten wir weniger in das vorhandene sondern mehr in das noch nicht vorhandene, sprich in die Zukunft, investieren.

Der Hype-Zyklus stellt dar, welche Phasen der öffentlichen Aufmerksamkeit eine neue [Technologie](#) bei deren Einführung durchläuft.

Der einfache Hype-Zyklus wird nach dieser Definition in fünf Abschnitte unterteilt:

1. Technologischer Auslöser
2. Gipfel der überzogenen Erwartungen
3. Tal der Enttäuschungen
4. Pfad der Erleuchtung
5. Plateau der Produktivität

Hypes kommen und Hypes gehen – wichtig ist, was wir daraus machen.