

Die Wahl der Zerspanungswerkzeuge beim High Performance Cutting

Die Gesamtbilanz ist entscheidend

Fünf Lösungsansätze zur Leistungssteigerung von Zerspanwerkzeugen im HPC-Prozess haben den wirtschaftlichen Nutzen deutlich verbessert. In Form kürzerer Lieferzeiten und höherer Qualität profitiert auch der Kunde des Anwenders.

VON DIETHARD THOMAS

→ Dass Zerspanungswerkzeuge heute über ihre eigentliche Aufgabe hinaus als ›Rationalisierungs-Tools‹ eingesetzt werden, verdanken sie ihrer neuen, sprunghaft gesteigerten Wirtschaftlichkeit. Die Gründe dafür sind in einer vielschichtig verlaufenden Werkzeugentwicklung zu sehen. Sie beruhen also keineswegs nur auf einzelnen, isoliert zu bewertenden Leistungsoptimierungen. Denn Standzeiterhöhungen allein – oft nur marginal und dennoch ein bis heute weit verbreitetes Bewertungskriterium – haben beispielsweise nur relativ geringe Auswirkungen auf die Fertigungskosten.

Auch der große Einfluss, den Zerspanungswerkzeuge und insbesondere solche mit HPC-Eignung (High Performance Cutting) auf die Gesamtbilanz des Produktionsprozesses ausüben, ist nicht nur auf das rasant gestiegene Zeitspanvolumen zurückzuführen. HPC bietet mehr als nur den Nutzen, der aus einer Einzelmaßnahme resultiert. Die tatsächliche Leistungskennzahl für diese Werkzeuge liefert erst eine ganzheitliche Betrachtung aller Einzelmaßnahmen, von denen jede für sich bereits sprunghafte Ergebnisverbesserungen erzielt:

- eine radikale Standzeiterhöhung um mehr als 1500 Prozent,
- den extrem schwingungsarmen Fräsprozess trotz instabiler Verhältnisse,
- die Vergrößerung des Zahnvorschubs um 500 Prozent,

- die Steigerung des Zeitspanvolumens um mehr als 200 Prozent,
- die Schlichtqualität auch beim Schruppen und damit die Multifunktionalität für das Werkzeug.

Wie die frei werdende Energie für höhere Zerspanleistung nutzen?

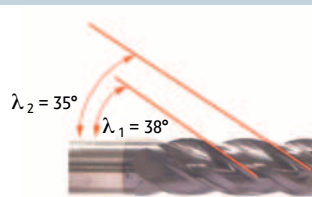
Die Gesamtbilanz dieser fünf Ergebnisverbesserungen macht den wirtschaftlichen Nutzen deutlich, der sich aus der Summe aller technologischen Vorteile er-

gibt. Ein Nutzen, der in Form verkürzter Lieferzeit und verbesserter Qualität auch für den Kunden des Werkzeuganwenders als Vorteil erlebbar wird.

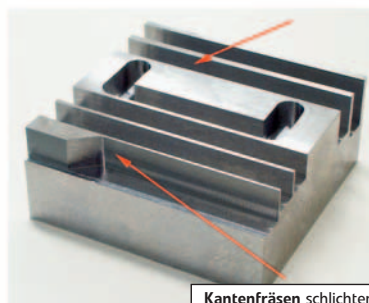
Voraussetzung für diese rasanten Entwicklungssprünge war die Klärung einer alles entscheidenden Frage, der man sich bei der LMT (Leitz Metalworking Technology Group) am Anfang eines umfassenden Innovationsprojekts zu stellen hatte:

- ›Wie gelingt es dem Werkzeug, die eigenen statischen und dynamischen

1 Fräser mit ungleicher Drallsteigung



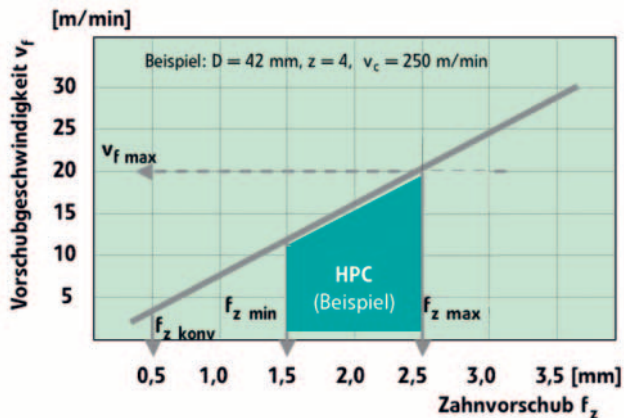
Nutenfräsen schruppen
 $V_c = 180 \text{ m/min}$ $n = 4775 \text{ min}^{-1}$
 $f_z = 0,05 \text{ mm/z}$ $V_f = 1000 \text{ mm/min}$
 $ae = 12 \text{ mm}$ $ap = 24 \text{ mm}$ $2 \times D$



Kantenfräsen schlichten
 $V_c = 225 \text{ m/min}$ $n = 6000 \text{ min}^{-1}$
 $f_z = 0,08 \text{ mm/z}$ $V_f = 1900 \text{ mm/min}$
 $ae = 0,5 \text{ mm}$ $ap = 15 \text{ mm}$

Schwingungsarmes Fräsen auch bei großer axialer Zustellung: Der multifunktionale Schaftfräser ›DHC‹ kann schruppen und schlichten

2 Grenzen der HPC-Anwendung



Die tatsächliche Leistung von HPC-Werkzeugen wird in vielen Fällen noch nicht voll genutzt, woraus sich ein beachtliches Rationalisierungspotenzial ergibt

Kraftwirkungen auf die Prozesspartner (Maschine, Werkstück und Werkstückspannung) zu reduzieren, um diese zu schonen und zugleich das frei werdende Energiepotenzial für eine höhere Zerspanleistung zu nutzen?

Ansatzpunkte für eine überzeugende Lösung dieses Problems waren die ›Stellschrauben‹ Schnittwinkel, Schnittaufteilung und Frässtrategie. Neueste Hartmetallsubstrate und Beschichtungen sowie die moderne Werkzeugspanntechnik der LMT lieferten die notwendigen Rahmenbedingungen für eine Ideenrealisierung auf höchstem technologischen Niveau.

Schneidengeometrie mit möglichst großem Span- und Drallwinkel

Der erste von fünf nachfolgend beschriebenen HPC-Lösungsansätzen zur sprunghaften Ergebnisverbesserung beruht auf einer Neugestaltung der Schneidengeometrie mit möglichst großem Span- und Drallwinkel. Und das unter der Bedingung einer ungefährdeten Schneidenstabilität.

Als Hartmetallplatte ›WPR-AR‹ (Application Roughing) mit Kugelstirn und drallförmiger Schneidenausbildung ist diese Innovation der Firma Kieninger (LMT), Lahr, verfügbar. Ihr ›Leistungssprung‹: eine Standwegerhöhung von 1680 Prozent (!), verglichen mit einer Wendeplatte ›WPR-16-CF‹ ohne drallförmige Schneidenausbildung. Dieser Wert wurde in diesem Anwendungsbeispiel mit einem

Schaftwerkzeug erreicht. Gefräst wurde das Material 1.2344 mit einem Schaftwerkzeug Durchmesser 16 mm unter folgenden Bedingungen: Schnittgeschwindigkeit $v_c = 326$ m/min, Drehzahl $n = 6500$ min⁻¹, Zahnvorschub $f_z = 0,2$ mm, Vorschubgeschwindigkeit $v_f = 2500$ mm/min, $a_p = 3$ mm, $a_e = 4$ mm.

Der Standweg konnte gegenüber 20 m auf 337 m erhöht werden.

Aufteilung der Zerspanungsarbeit auf zwei Wendeplatten

Der zweite HPC-Lösungsansatz wurde mit der Einführung des Low Vibration Cutting (LVC) realisiert. Das innovative Prinzip dieser neuen Frässtrategie ist die Aufteilung der Zerspanungsarbeit vom Stirnschnitt und Umfangschnitt auf zwei Wendeplatten mit jeweils unterschiedlichen Positionen im Werkzeug. Diese ›Schnittaufteilung‹ erzeugt Späne mit relativ großer Spanungsdicke bei kleinen Spanlängen. Sie reduziert Schwingungen und Kräfte und sorgt bei instabilen Verhältnissen für einen absolut ruhigen Fräsverlauf.

Ein Anwendungsbeispiel dieses schwingungsarmen Fräswerkzeugs: Bearbeitet wurde ein Zuganker aus St 52 mit einem Fräser Durchmesser 63 mm und sechs Wendeplatten. Die Gesamtkraglänge betrug 280 mm. Gefräst wurde mit den Schnittwerten $v_c = 160$ m/min, $n = 1000$ min⁻¹, $f_z = 0,4$ mm, $v_f = 1900$ mm/min, $a_e = 20$ mm, $a_p = 3$ mm. >>>

»» Diese kräftesparende und qualitätssteigernde Schnittaufteilung, wie sie bei den Wendeplatten-Fräswerkzeugen ›TwinCut Vario‹ von Fette (LMT), Schwarzenbek, zur Anwendung kommt, lässt sich auch auf einteilige Schaftwerkzeuge übertragen. Im Fall des von Fette entwickelten Vollhartmetall-Schaftfräasers ›DHC‹ (Different Helix Cutter, Bild 1) führen die ungleichen Drallsteigungen der aufeinanderfolgenden Schneiden beim Fräsen zu unterschiedlichen Querschnitten der erzeugten Späne. Auf diese Weise wird die harmonische Schwingungserregung (›Gleichschritt-Resonanz‹) weitestgehend unterbunden, was eine dynamische Stabilisierung des Werkzeugs und damit des Gesamtprozesses zur Folge hat. Das Ergebnis sind perfekte Schnittoberflächen mit minimalen Rautiefen. Darüber hinaus erlauben diese Hochleistungswerkzeuge die Herstellung extrem dünner Wandungen beziehungsweise Stegbreiten, wie sie zum Beispiel im Flugzeugbau bei Integralbauteilen gefordert werden. Eine hervorragende Oberflächenqualität sowie hohe Maß- und Formgenauigkeit sind hier der kostenrelevante Nutzen.

Als ›Add-on‹ ergab sich zusätzlich eine multifunktionale Anwendung des Werkzeugs, mit der es sowohl zum Schrumpfen als auch zum Schlichten geeignet ist und so geringere Werkzeugwechselkosten und kürzere Durchlaufzeiten bewirkt.

Ein Anwendungsbeispiel für das Schrumpfen und Schlichten mit einem Werkzeug

(Bild 1): Gefräst wurde das Material 1.2312. Schrumpfen: Nutenfräsen $a_e = 12$ mm, $a_p = 24$ mm ($2 \times D$); Schlichten: Kantenfräsen $a_e = 0,5$ mm, $a_p = 15$ mm.

Großer Schneidenradius reduziert radiale Schnittkraftkomponenten

Das Ergebnis des dritten HPC-Lösungsansatzes sind die Hochvorschubfräser der Produktfamilie ›MultiEdge Feed‹. Diese Werkzeuge arbeiten nach der Hochvorschubstrategie HFC (High Feed Cutting), die durch hohe Vorschubgeschwindigkeit bei kleineren axialen Zustellungen gegenüber einer vergleichbaren Rundwendeplatte gekennzeichnet ist. Möglich wird diese Strategie durch den vergleichsweise großen Schneidenradius, der den Anstellwinkel und damit die radialen Schnittkraftkomponenten stark reduziert.

Auf diese Weise können Vollhartmetallfräser ›MultiEdge 2Feed‹ bei der Bearbeitung von Werkzeugstahl mit Zahnvorschüben von 1 mm eingesetzt werden (Werkzeugdurchmesser 12 mm). Die aus der gleichen Familie stammenden Wendeplattenfräser ›MultiEdge 4Feed‹ erlauben im gleichen Werkstoff immerhin Zahnvorschübe bis 5 mm. Das sind Steigerungen von circa 500 Prozent, verglichen mit einem Fräser, der mit Rundwendeplatten ›RCKX‹ bestückt ist.

Trotz einer geringeren axialen Zustellung, die gegenüber einer Rundwendeplatte nur circa 30 bis 50 Prozent beträgt,

i HERSTELLER

Fette GmbH, 21493 Schwarzenbek
Tel. 0 41 51/1 20, Fax 0 41 51/37 97
→ www.fette.com

Kieninger GmbH, 77933 Lahr
Tel. 0 78 21/94 30, Fax 0 78 21/94 32 13
→ www.kieninger.de

ergibt sich dabei eine Erhöhung des Zeitspannvolumens um circa 200 Prozent. Allerdings ist die praktische Umsetzung dieser hohen Vorschübe von der Maschine und deren maximaler Vorschubgeschwindigkeit abhängig.

Den Anwendungsbereich dieser HPC-Variante (Bild 2) zeigt ein Beispiel: Fräserdurchmesser 42 mm, Zähnezahl 4, Schnittgeschwindigkeit 250 m/min. Beträgt die maximale Vorschubgeschwindigkeit zum Beispiel 20 m/min, so kann der Zahnvorschub höchstens 2,5 mm betragen. Größere Zahnvorschübe von 3,5 mm oder sogar 5 mm wären zwar werkzeugseitig, jedoch nicht maschinenseitig realisierbar.

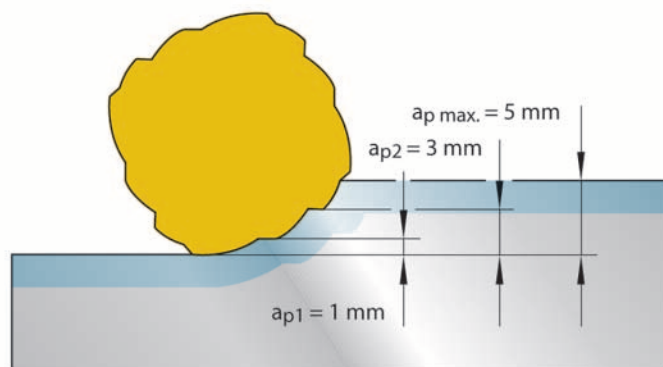
In der praktischen Anwendung zeigt sich, dass die tatsächliche Leistung von HPC-Werkzeugen in vielen Fällen noch gar nicht voll genutzt werden kann. Unter der Voraussetzung des Einsatzes leistungstärkerer Maschinen steht damit ein beachtliches Rationalisierungspotenzial zur Verfügung.

Wie alle Success-Stories dieser neuen Fräsergeneration belegen, erhält die Hochvorschubtechnologie in ihrer betriebswirtschaftlichen Bedeutung einen völlig neuen Stellenwert: Die Verdoppelung des Zeitspannvolumens führt zu einer Reduzierung der Maschinenkosten um mehr als 40 Prozent (Beispiel MultiEdge 2Feed). Dabei erhöhen sich zwar aufgrund etwas verkürzter Standzeiten die Schneidstoff- und Werkzeugwechselkosten geringfügig. Dieser Effekt wirkt sich jedoch auf die Gesamtbilanz nicht nennenswert aus. Entscheidend sind letztlich die nahezu halbierten Maschinenzeiten und -kosten.

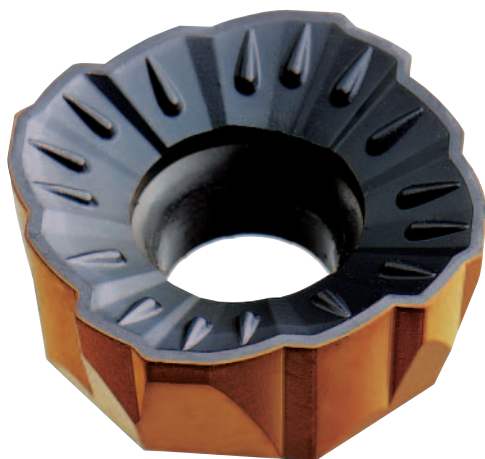
Zwölfmal stufenförmig unterteilte Schneidkanten

Im vierten HPC-Lösungsansatz werden die vorgenannten Entwicklungsschritte ›High Feed Cutting‹ und ›Low Vibration Cutting‹ mit dem Prinzip der ›Spanteilung‹ kombiniert. Daraus resultierte der

4 Wendeplatte mit Spanstufen



Spanstufen sorgen für kleine Späne mit unterschiedlichen Spanquerschnitten. Die harmonische Schwingungserregung wird so weitestgehend unterbunden, und die Kräfte werden reduziert



3 Zwölfach stufenförmig unterteilte Schneidkanten charakterisieren die Schneidengeometrie der ›MultiEdge-4X‹-Wendeplatte



5 30 Prozent mehr Standzeit und 50-prozentige Verbesserung der Oberflächenqualität: die MultiEdge-4X-Wendeplatte ›XOKX‹

MultiEdge 4X, ein HPC-Werkzeug, das eine – schon auf den ersten Blick erkennbar – ungewöhnliche Schneidengeometrie aufweist: die markanten Wendeplatten, deren Schneidkanten zwölfach stufenförmig unterteilt sind (Bild 3).

Diese Schneidkantenausgestaltung verringert die Leistungsaufnahme des Werkzeugs, sodass sich die axiale Zustellung problemlos erhöhen lässt (Bild 4). Und das bei erhöhter Standzeit und sehr gutem Spänetransport. Außerdem gestaltet sich mit diesem neuen Werkzeug das Fräsen besonders schwingungsarm, was – zusammen mit einer als Breitschlichtfase genutzten Spanstufe – eine ausgezeichnete Oberflächengüte zur Folge hat und damit zusätzlich einen multifunktionalen Werkzeugeinsatz ermöglicht: Die Schlichtqualität wird schon beim Schruppen erreicht.

Als ›Leadproduct‹ im HPC-Programm verringert die MultiEdge-4X-Wendeplatte ›XOKX‹ (Bild 5) im Vergleich mit der herkömmlichen Rundwendeplatte den Leistungsbedarf um 10 Prozent, ermöglicht eine um 20 Prozent höhere axiale Zustellung und 30 Prozent mehr Standzeit sowie eine 50-prozentige Verbesserung der Oberflächenqualität. Darüber hinaus eröffnet diese neue Wendeplattengeometrie ein breites Anwendungsspektrum und damit vielfältige, auf den Anwendungsfall bezogene Möglichkeiten zu einer noch weitergehenden Optimierung des Fräsvorganges.

›Hybridbestückung‹ bewirkt ruhigen, vibrationsarmen Lauf

Mit dem fünften HPC-Lösungsansatz werden dazu die Voraussetzungen geschaffen. ›Hybridbestückung‹ des Fräasers ist das Stichwort für diese einzigartige Innovation. Dabei wird der Trägerkörper – vorzugsweise mit gerader Zähnezahl – abwechselnd mit einer MultiEdge-4X-Wendeplatte und einer Rundwendeplatte kombiniert. Selbst bei Verdoppelung der axialen Zustellung gegenüber einer Monobestückung mit konventionellen Rundwendeplatten gewährleistet sie einen ruhigen, vibrationsarmen Lauf. Sie ist damit auch für instabile Verhältnisse bei großen Auskraglängen geeignet.

Zusammenfassend lässt sich feststellen: In allen fünf HPC-Anwendungsbeispielen wurden sprunghafte Leistungssteigerungen erreicht. Deutlich wurde darüber hinaus, dass bei einer Bilanz des technologischen und betriebswirtschaftlichen Nutzens eines Werkzeugs nicht nur nach Standzeit und Werkzeugkosten gefragt werden darf. Angesichts ihres nur 4-prozentigen Anteils an den gesamten Fertigungskosten ist ein nachgewiesener Beitrag zur Reduzierung der Maschinenkosten – mit circa 45 Prozent der größte Kostenblock – weitaus effizienter. Hier liegt die entscheidende Stärke von HPC: der betriebswirtschaftliche Nutzen eines Rationalisierungs-Tools im Wettbewerb um Kostenvorteile für den Anwender sowie um die bessere Qualität und die kürzere Lieferzeit für seine Kunden. ■

[www](http://www.fette.com) → **WB101683**

Prof. Dr.-Ing. Diethard Thomas ist Leiter der LMT Akademie
→ dthomas@fette.com