

Sie möchten **Fortschritte**? Vertrauen Sie **HSS**

FRÄSEN

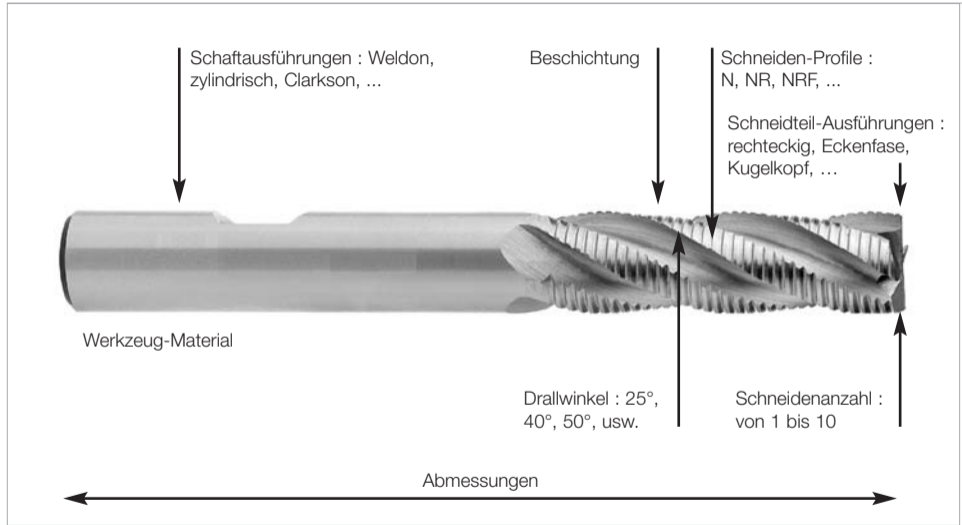
FRÄSWERKZEUGE

- 2 Fräswerkzeuge im Detail
- 3 Welcher Schnellstahl für maximale Leistung ?
- 4 PVD-Beschichtungen für höchste Leistungen
- 5 Bezeichnungen und Begriffe
- 6 Wahl des richtigen Werkzeugs
- 7 Wahl der richtigen Schneidenform
- 8 Spezielle Schneidenformen
- 9 Die richtige Schneidenzahl
- 10 Verschiedene Drallwinkel
- 11 Übliche Schneidteil-Ausführungen
- 12 Abmessungen und Toleranzen
- 13 Schaftausführungen für Schafffräser

- 14 Aufnahmen-Ausführungen für Aufsteck- und Scheibenfräser

FRÄS-OPERATIONEN

- 15 Grundlagen des Fräsens
- 16 Verfahren für Schafffräser
- 17 Verfahren für andere Fräser
- 18 Gegenlaufräsen im Vergleich zu Gleichlaufräsen
- 19 Typische Schnittgeschwindigkeiten
- 20 Wie man hohe Abspan-Volumen erzielt
- 21 Kühlmittel und Zerspanungsvorgang
- 22 Beseitigung von Schwierigkeiten
- 23 Beobachtung von Verschleißarten
- 24 Spanaussehen und Ursachen
- 25 Symbole und ihre Bedeutung



Erreichen Sie höchste Leistungen mit HSS-PM

HSS	HSS-E 5% Kobalt	HSS-E 8% Kobalt	HSS-PM (pulvermetallurgisch)	HSS-E-PM (pulvermetallurgisch)
<ul style="list-style-type: none">• Selten benutzt für Fräswerkzeuge	<ul style="list-style-type: none">• Standard-Material	<ul style="list-style-type: none">• Die meist gewählte Sorte• Für hohe Schnittgeschwindigkeiten• Für hohe Produktivität	<ul style="list-style-type: none">• Hohe Leistung beim Schruppen• Lange Standzeiten• Bestens geeignet für Nickel- und Titan-Legierungen• Geeignet für Trockenbearbeitung	<ul style="list-style-type: none">• Hohe Leistung beim Schlichten, aber auch beim Schruppen• Hohe Schnittgeschwindigkeiten• Lange Standzeiten• Geeignet für Trockenbearbeitung



HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

PVD-Beschichtungen erreichen ihre beste Leistung mit HSS-PM als Substrat

TiN Gold	TiCN Grau-violett	TiAlN oder TiAlCN Schwarz-violett	MoS₂ oder WC-C Grau-schwarz
<ul style="list-style-type: none">• Konventionelle Mehrzweck-PVD-Beschichtung• Reduzierte Reibung• Gute Widerstandsfähigkeit gegen abrasiven Verschleiß	<ul style="list-style-type: none">• Mehrzweck-PVD-Beschichtung für Schrupp-Schaftfräser• Hohe Widerstandsfähigkeit gegen abrasiven Verschleiß• Mono- oder Mehrlagen-Schichten• Empfohlen für Baustähle (Rm<1000 Mpa)	<ul style="list-style-type: none">• Hochleistungs-PVD-Beschichtung für ein großes Anwendungsgebiet• Zwei- bis sechsmal längere Standzeiten als konventionelle PVD-Beschichtungen• Weniger Wärmeentwicklung• Mehrlagige, nanostrukturierte oder legierte Versionen bewirken noch höhere Leistungen• Geeignet für Trockenbearbeitung	<ul style="list-style-type: none">• Reduzierte Reibung• Keine hohe Temperatur-Beständigkeit• Geeignet für Alu-Legierungen, Kupfer und Nichtmetalle



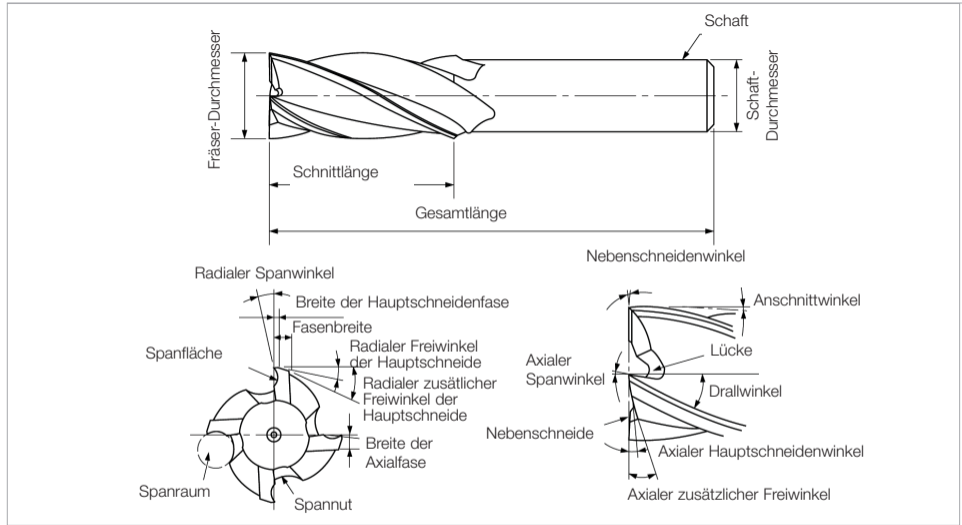
**EIN FRÄSER WIRD
DEFINIERT**

Englisch :
an endmill

Französisch :
une fraise

Italienisch :
una fresa

Spanisch :
una fresa



HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

HSS-Schneiden werden noch Material zerspanen, wenn Hartmetall-Schneiden versagen



Vollmaterial-Schaftfräser

- Für kleine Werkzeug-Durchmesser (1-32 mm oder bis zu 63 mm)
- + Für komplexe Werkstück-Geometrien: Ausnehmungen, Radien und Tauchfräsen, usw.
 - + Für moderne Bearbeitungszentren
 - + Für Schrupp- und Schlicht-Operationen



Schaftfräser mit HSS-Wendeplatten

- Für große Werkzeug-Durchmesser (10 bis 160 mm)
- + Schärfere Schneiden und größere positive Spanwinkel als bei Hartmetall
 - + Geeignet, wenn Hartmetall versagt, z.B. in rostbeständigen Stählen
 - + Kein Nachschärfen (da Wendeplatten)



Vollmaterial-Aufsteckfräser

- Befestigt auf Fräserdornen. Für große Werkzeug-Durchmesser (32-100 mm)
- + Sehr vorteilhaft beim Schruppen
 - Eingeschränkte Stabilität (durch die große Aufnahme-Bohrung)
 - Keine Mittensbearbeitung

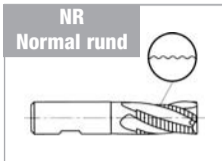


Scheibenfräser

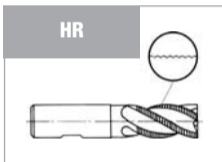
- Befestigt auf Fräserdornen
- + Spannung im Paket für große Nuten möglich
 - + Gute Drehmoment-Übertragung
 - Hohe Genauigkeit der Aufnahme-Bohrung erforderlich, um Rundlauffehler zu vermeiden

HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS
Spanformgeometrien sind wichtig für größere Spantiefen und reduzierte Leistungsaufnahme und niedrige Schnittkräfte

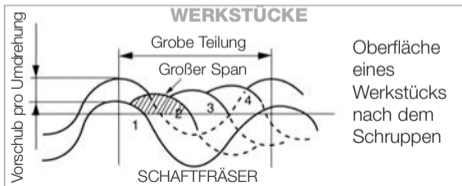
SCHRUPP-PROFILE



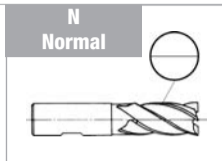
- Gerundete Spanformgeometrien
- Normale Teilung
- Schruppen und tiefe Nuten
- Geringere Oberflächengüten, $R_a > 6,3$
- Für Stahl und Gusseisen



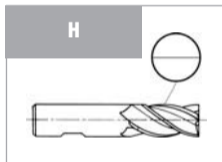
- Gerundete Spanformgeometrien
- Feine Teilung
- Für Schrupp- / Schlicht-Arbeitsgänge



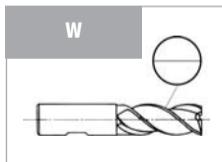
SCHLICHT-PROFILE



- Für alle Materialien
- Universelles Profil
- Meist gebräuchliches Profil



- Für harte Materialien
- Kurze Späne
- Ausgezeichnete Oberflächengüten

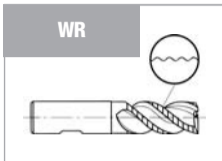


- Für Nichteisenmetalle
- Ausgezeichnete Oberflächengüten

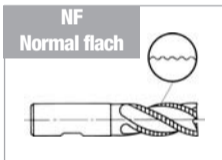
HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

Wegen der Zähigkeits- und Bearbeitbarkeits-Eigenschaften von HSS können die Werkzeughersteller werkseigene Schneiden-Profile entwickeln, um spezielle Bearbeitungsprobleme zu lösen

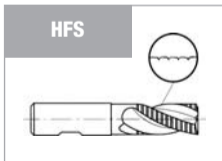
SCHRUPP- / SCHLICHT-SCHNEIDENPROFILE



- Für Nichteisenmetalle
- Für Schrupp- / Schlicht-Arbeitsgänge



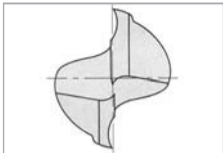
- Normale Teilung
- Für Schrupp- / Schlicht-Arbeitsgänge
- Flache Spanformgeometrien



- Flache Spanformgeometrien
- Normale Teilung
- Für Schrupp- / Schlicht-Arbeitsgänge

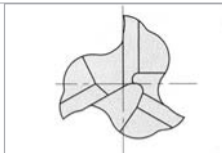
HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

Für weiche Materialien ist ein zweischneidiges Werkzeug, für schwierig zu bearbeitende Materialien ein vierschneidiges Werkzeug zu bevorzugen



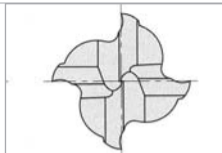
2 Schneiden

- Großer Spanraum und kleiner Steg-Durchmesser
- Gute Tauglichkeit beim Schrupp- und Nutenfräsen
- Auch geeignet zum Tauchfräsen und Bohren in Alu-Legierungen und langspanenden Materialien



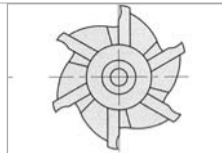
3 Schneiden

- Das universellste Fräswerkzeug
- Ausgezeichnet geeignet zum Nutenfräsen und Formfräsen in Eisenmetallen und warmfesten Werkstoffen



4 Schneiden

- Universelle Geometrie für Scheibenfräser und Umfang-Fräsen
- Hohe Werkzeug-Stabilität durch den großen Stegdurchmesser
- Geringeres Zeitspannungsvolumen beim Nutenfräsen als beim Nutenfräsen mit 3 Schneiden



5 Schneiden und mehr

- Hauptsächlich zum Schlichten, gute Oberflächengüten
- Hohe Vorschubraten möglich
- Weicher Schnitt, weil immer eine Schneide im Eingriff ist
- Auch zum Schruppen mit Werkzeug-Durchmessern > 20 mm geeignet



HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

Der Drallwinkel soll nach dem Werkstückstoff und der Art der Operation (Schruppen oder Schlichten) gewählt werden

UNTER 25°

Zum Schruppen und Schlichten mit großen Werkzeug-Durchmessern

- + Geeignet für Stahl und Gusseisen und für alle Materialien, wenn große Werkzeug-Durchmesser verwendet werden.
- + Niedrige axiale Schnittkräfte (wichtig bei großen Werkzeug-Durchmessern)
- Nicht geeignet für tiefe Nuten wegen der radialen Spanabfuhr
- Schlagbeanspruchung wegen des ungleichmäßigen Kontakts zwischen Werkzeug und Werkstück

25 BIS 35°

Gebräuchliche Wahl zum Schruppen und Schlichten aller Materialien

- + Universeller Einsatz bei ausgewogener Verteilung der Schnittkräfte
- Nicht immer die produktivste Lösung

40 BIS 50°

Zum Schruppen und Schlichten von Nichteisenmetallen

- + Große Spantiefen in Eisenwerkstoffen in Verbindung mit einer geringen Schneidenzahl
- + Konstanter Eingriff einer Schneide
- Empfindliche Schneidecken
- Hohe axiale Schnittkräfte beim Schruppen mit großen Werkzeugen

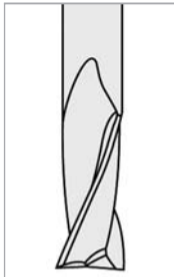
ÜBER 50°

Für Schlichtoperationen in gehärteten Materialien

- + Hohe Oberflächengüte und hohe Produktivität in Verbindung mit einer großen Schneidenzahl
- Empfindliche Schneidecken, wenn keine Eckenfase oder kein Eckenradius vorhanden ist

WUSSTEN SIE, DASS

Die Zähigkeit von HSS die Standzeit von Schaftfräsern mit gerader Stirn verlängert ?



Rechtwinkelige Schneidenform

Allgemeine Bearbeitung

- Tatsächlicher rechter Winkel
- Empfindliche Schneidecke

Lange Standzeit



Eckenfase

Allgemeine Bearbeitung

- Widerstandsfähige Schneidecken
- Geeignet zum Schruppen
- Geeignet für beschichtete Werkzeuge

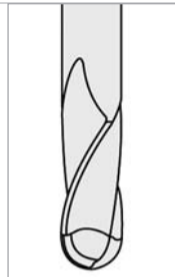
Lange Standzeit



Eckenradius

Luftfahrt-Industrie

- Typisch für Schruppen von 3D-Teilen
- Hohe Eckenstabilität
- Geeignet für PVD-beschichtete Werkzeuge



Runde Stirn

Gesenk- und Formenbau

- Schlichten von 3D-Teilen
- Schnittgeschwindigkeit Null im Zentrum : daher schlechte Werkstück-Oberflächen in weichen Materialien



Stirn mit gerundeten Ecken

Allgemeine Bearbeitung

- Für verrundete Ränder an Werkstücken
- Empfindliche Schneidenecken

WUSSTEN SIE, DASS

*HSS-Schaftfräser
die gleichen
Toleranzen haben
wie formgleiche
Hartmetall-
Schaftfräser ?*



Vier typische Werkzeuglängen (ISO 1641/1)

Die Schneidenlänge bestimmt die Tiefe, die in einem Durchgang erzeugt werden kann.

Für höchste Leistungen, besonders beim Schrappen, sollte der kürzeste Fräser und die größte Einspannlänge gewählt werden.

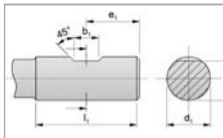
Durchmesser

Die Toleranzen für den Schaft-Durchmesser (h6) sind sehr eng, um die notwendige Genauigkeit beim Fräsen zu erreichen.

Die Toleranzen für den Schneid-Durchmesser hängen von der Art der Bearbeitung (Schrappen, Schlichten, Nutenfräsen) und von internationalen oder den Normen der Werkzeughersteller ab.

HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

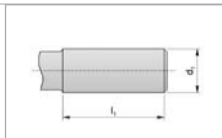
Zur Erreichung langer Standzeiten und engerer Toleranzen können HSS-Fräswerkzeuge eingeschrumpft werden.



Weldon-Schaft

Übliche Lösung

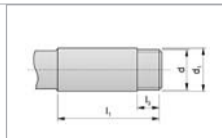
- + Wahl zwischen einer und zwei Spannflächen
- + Einfache Spannung, kein Justieren der Schneidenlänge
- + Gute Drehmomentübertragung beim Schruppen
- Große Spanneinheiten
- Rundlauffehler bei hohen Schnittgeschwindigkeiten durch die Spannschraube möglich



Zylinder-Schaft

Gute Lösung für sehr kleine Werkzeug-Durchmesser

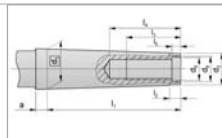
- + Einstellbare Werkzeuglänge
- + Geeignet für genaues Spannen oder Einschrumpfen
- + Kein Rundlauffehler bei hohen Geschwindigkeiten (keine Spannflächen, keine Spannschrauben)
- Geringe Drehmomentübertragung bei Spannung in einer Spannzange
- Nicht geeignet zum Schruppen bei Werkzeug-Durchmessern über 12 mm



Clarkson-Schaft

Früher die übliche Lösung

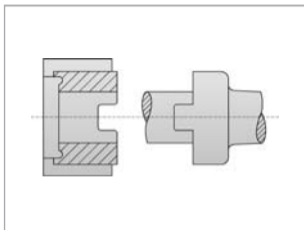
- Niedrige Torsions-Steifigkeit
- Verstellung der Ausraglänge nicht möglich



Morsekegel-Schaft

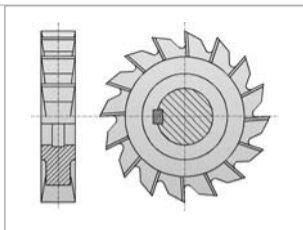
Früher die übliche Lösung

- + Gute Koaxialität (konische Verbindung)
- + Mittlere Spanneinheiten sind vorteilhaft bei schwer zugänglichen Arbeitsverhältnissen
- Begrenzte Drehmomentübertragung
- Werkzeuglänge zu groß zum Schruppen



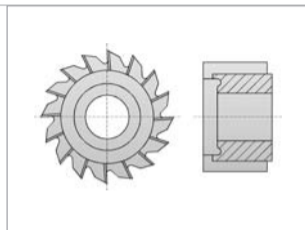
Mit Zapfen

Für Planfräser und Eckfräser
+ Gute Drehmomentübertragung



Mit Mitnehmernuten

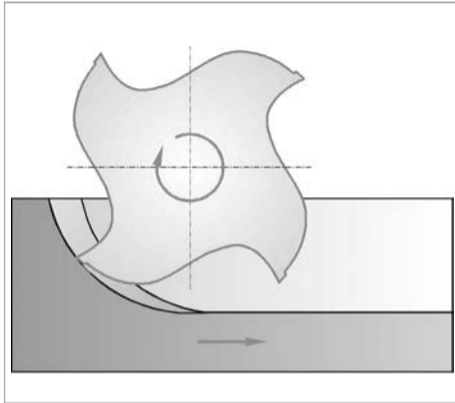
Für Scheibenfräser
+ Gute Drehmomentübertragung
+ Erlaubt das Paketieren von mehreren Werkzeugen



Zylindrisch

Die wirtschaftliche Lösung
+ Vorteilhaft für dünne Werkzeuge
+ Sorgfältiges Spannen verhindert Lageveränderungen des Werkzeugs

Für das Fräsen ist ein unterbrochener Schnitt und eine ungleichmäßige Spandicke charakteristisch

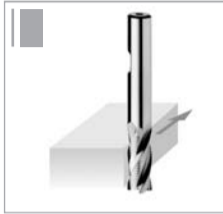


Fräsen ist eine Bearbeitung-Operation mit unterbrochenem Schnitt.

Die Schneide bewegt sich kreisförmig und erzeugt einen Span von ungleichmäßiger Dicke.

Bei jeder Umdrehung tritt die Schneide in das Werkstück ein und aus.

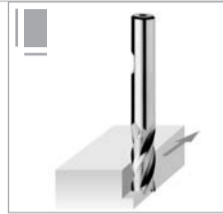
Verbunden mit der ungleichmäßigen Spandicke werden durch diesen wiederkehrenden Verfahrensablauf ständig unterschiedliche Schnittkräfte erzeugt und es entstehen Schläge.



Flankenfräsen



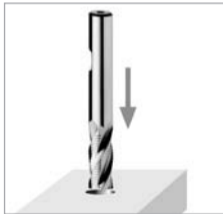
Planfräsen



Schulterfräsen



Nutenfräsen



Bohr-/Fräsen



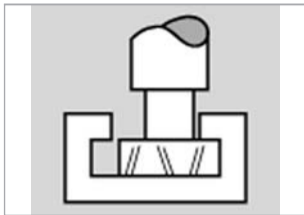
Diagonales Bohr-/Fräsen



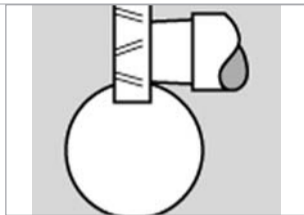
Auskoffern



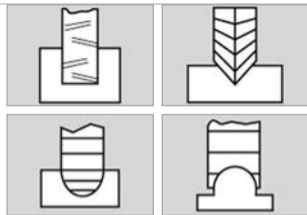
Spiraliges Formfräsen



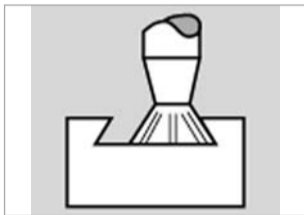
T-Nutenfräser



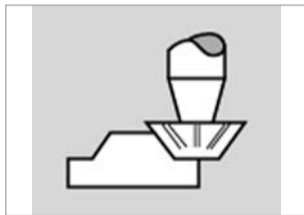
Schlitzfräser



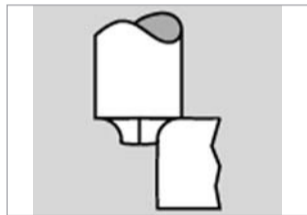
Formfräser



Schwalbenschwanzfräser



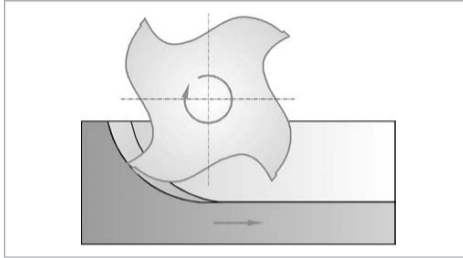
Schwalbenschwanzfräser



Kantenverrundungsfräser

HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

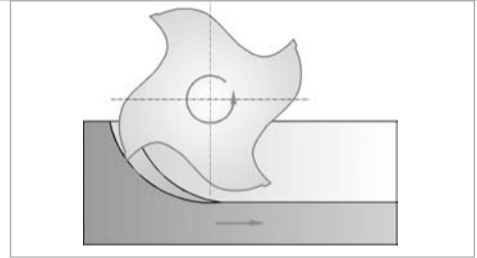
Wegen der extrem scharfen Schneiden kann mit HSS-Fräsern in beiden Umdrehungsrichtung en erfolgreich gefräst werden.
Keine unproduktiven Zeitverluste !



Konventionelles (Gegenlauf-) Fräsen

Die Breite des Spans fängt bei Null an und vergrößert sich zu einem Maximum am Ende des Schnittes.

- + Wird nur angewendet, wenn die Maschine instabil ist oder wenig genau arbeitet (z.B. alte Fräsmaschine, schlechte Qualität der Maschine, verschlissene Maschine)
- Tendenz besteht, das Werkstück wegzudrücken
- Die Schneiden gleiten, anstatt zu schneiden und erzeugen eine hohe Reibung zwischen Werkzeug-Freifläche und Werkstück

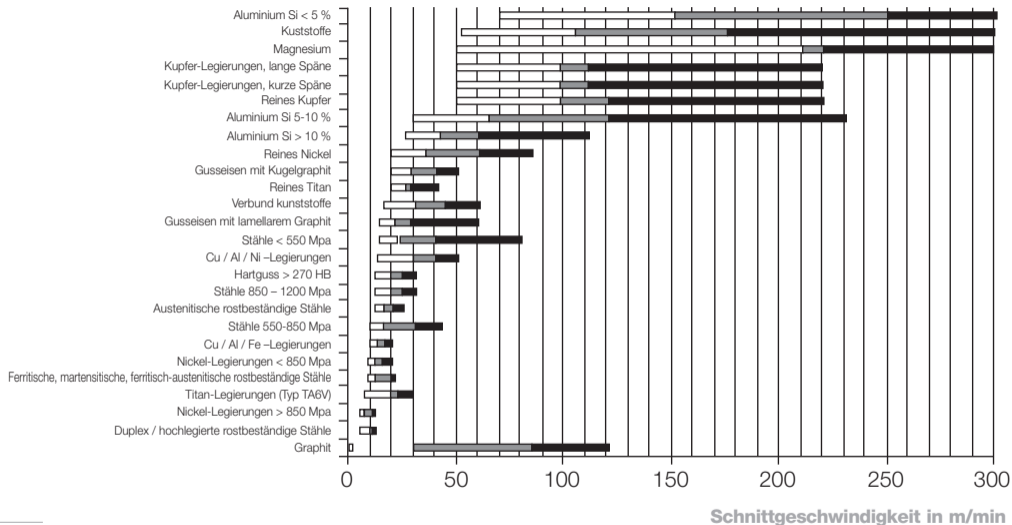


Gleichlauffräsen

Die Schneide trifft zu Anfang des Schnittes auf das Werkstück und erzeugt zuerst den größten Querschnitt des Spans.

- + Wirkungsvolle Zerspanung
- + Lange und zuverlässige Standzeiten
- + Bessere Oberflächengüten, besonders bei rostbeständigen Stählen, Aluminium- und Titanlegierungen
- Es besteht das Risiko von Werkzeugbruch, wenn die Maschine wegen unzureichender Stabilität Stöße erzeugt

- Unbeschichteter HSS-Schafffräser
- PVD-beschichteter HSS-Schafffräser
- PVD-beschichteter HSS-PM-Schafffräser



Schnittgeschwindigkeit in m/min

HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

Erhöhen Sie immer zuerst den Vorschub anstatt die Schnittgeschwindigkeit

- Das Zeitspannungsvolumen hängt von zwei Parametern ab: Vorschub (f_z) und Geschwindigkeit (N): $Q = a_p \times a_e \times N \times z_t \times f_z / 1000$
- Zur Erreichung einer hohen Produktivität beim Fräsen sollte immer zuerst der Vorschub und dann die Schnittgeschwindigkeit erhöht werden, besonders beim Schruppen.
- Ein Mindest-Vorschub ist erforderlich; wenn der Vorschub zu niedrig ist, dann schneidet das Werkzeug nicht, sondern reißt das Material ab.

ERFOLGSGESCHICHTEN, Hohe Zeitspannungsvolumen

Baustahl ($R_m 700 \text{ N/mm}^2$)	Arbeitsgang	• Schruppen mit einem PVD-beschichteten Vierschneiden-Werkzeug, $\varnothing 16 \text{ mm}$, $a_p 24 \text{ mm}$, $a_e 8 \text{ mm}$
	Schnittdaten	• $N 1350 \text{ tr/min}$, $v_c 68 \text{ m/min}$, $f_z 0,1 \text{ mm}$ (= 100 % höher als mit einem Hartmetall-Werkzeug)
	Zeitspannungsvolumen	• $Q 103,7 \text{ cm}^3/\text{min}$
Aluminium ($< 6 \% \text{ Si}$)	Arbeitsgang	• Nutenfräsen mit einem PVD-beschichteten Dreischneiden-Werkzeug, $\varnothing 6 \text{ mm}$, $a_p 6 \text{ mm}$, $a_e 6 \text{ mm}$
	Schnittdaten	• $N 15650 \text{ tr/min}$, $v_c 295 \text{ m/min}$, $f_z 0,3 \text{ mm}$
	Zeitspannungsvolumen	• $Q 50,8 \text{ cm}^3/\text{min}$ (30 % höher als mit einem Hartmetall-Werkzeug)
Inconel 718	Arbeitsgang	• Schruppen mit einem Sechsschneiden-Werkzeug aus HSS-PM 8 % Co, PVD-TiCN-beschichtet $\varnothing 32 \text{ mm}$, $a_p 30 \text{ mm}$, $a_e 8 \text{ mm}$
	Schnittdaten	• $v_c 5 \text{ m/min}$, $f_z 0,16 \text{ mm}$ (doppelt so hoch, wie mit einem Hartmetall-Werkzeug)
	Zeitspannungsvolumen	• $Q 11,5 \text{ cm}^3/\text{min}$ (identisch mit Hartmetall) und längere Standzeit : 2,10 m im Vergleich mit 0,45 m für Hartmetall

WUSSTEN SIE, DASS

Nur HSS
zuverlässig den
Temperaturwechseln,
die durch Kühlmittel
entstehen,
widersteht ?

Kühlmittel beim Fräsen

- Gebräuchliche Kühlmittel: Öl mit Zusätzen oder Öl. Öl mit Zusätzen erhöhen die Standzeit von HSS-Fräswerkzeugen beträchtlich.
- Kühlmittel sind sehr wichtig, wenn unbeschichtete Werkzeuge eingesetzt werden, speziell beim Nutenfräsen, wo die Kontaktzeit zwischen Werkzeug und Werkstückstoff wichtig ist.

Das Kühlmittel sollte sorgfältig zugeführt werden :

- Wenn das Werkzeug in das Werkstück eintritt, sollte das Kühlmittel den Fräs-Vorgang unterstützen.
- Wenn das Werkzeug aus dem Werkstück austritt, damit die Späne und die Wärme gut abgeführt werden.

Werkzeugstahl

(R_m 1040 N/mm²)

ERFOLGSGESCHICHTE,

Arbeitsgang

Schnittdaten

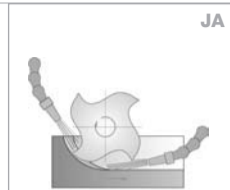
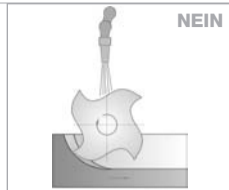
Vorteile

- Schruppen mit einem PVD-Ti₂CN-beschichteten HSS-PM 8 %-Werkzeug, ap 12 mm, ae 8 mm in Werkzeugstahl 40CrMnMo7

- v_c 45 m/min, f_z 0,03 mm

Verglichen mit Nassbearbeitung :

- Reduzierung der spezifischen Schnitt-Energie (56,8 zu 46,6 W/cm³/min)
- Standweg nur leicht unterschiedlich (7 m zu 8,1 m)
- Weitere Vorschuberhöhung und mehr Produktivität möglich



Trockenbearbeitung

- HSS-Werkzeuge können entweder mit Minimalmengen-Schmierung oder trocken eingesetzt werden.
- TiAlN-PVD-Beschichtungen, die eine wirkungsvolle Temperatur-Barriere sind, werden die Produktivität beim Trockenfräsen mit HSS-Werkzeugen erhöhen.

Trockenfräsen mit HSS !

KÜHLMITTEL UND ZERSPANUNGSVORGANG

Problem	Maßnahmen
Keine Rechtwinkligkeit an den Flanken	Schnittgeschwindigkeit verringern. Spantiefe und Spanbreite verringern. Werkzeug-Gesamtlänge verringern. Schafffräser mit mehr Spannuten verwenden.
Keine Maßgenauigkeit	Spantiefe und Spanbreite verringern. Steifigkeit von Werkzeug- und Werkstück-Halterung verbessern. Schafffräser mit mehr Spannuten verwenden.
Rattern	Vorschub oder Schnittgeschwindigkeit verringern. Steifigkeit von Werkzeug- und Werkstück-Halterung verbessern. Freiwinkel verringern. Spantiefe verringern. Einen kürzeren Schafffräser verwenden.
Spänebündel	Vorschub oder Schnittgeschwindigkeit verringern. Schafffräser mit weniger Spannuten verwenden. Kühlmittel-Zufuhr vermehren.
Gratbildung	Werkzeug früher nachschleifen. Bearbeitungsdaten und Schnittwinkel verändern.
Rauhe Werkstück-Oberflächen	Vorschub verringern und Schnittgeschwindigkeit erhöhen. Werkzeug früher nachschleifen. Zeitspannungsvolumen verringern.
Werkzeugbruch	Schnittgeschwindigkeit und Vorschub / Zahn verringern. Einen kürzeren Schafffräser verwenden. Werkzeug früher nachschleifen.
Kurze Standzeiten	Werkzeug früher nachschleifen. Einen HSS-PM-Schafffräser verwenden. Bearbeitungsdaten und Schnittwinkel verändern.

Die sorgfältige Beobachtung des Schneidenverschleißes verlängert die Standzeiten beim Fräsen

Freiflächenverschleiß	Kolkverschleiß	Bröckelungen	Verformungen	Aufbauschneiden
<ul style="list-style-type: none">• Normale Verschleißerscheinung• Wenn zu schnell zu groß, zuerst Schnittgeschwindigkeit (v_c), dann Spanbreite (a_e) verringern• Kühlmittelzufuhr vermehren• HSS-PM und PVD-Beschichtungen verwenden	<ul style="list-style-type: none">• Muss in Grenzen gehalten werden• Schnittgeschwindigkeit (v_c) verringern• PVD-Beschichtungen und 8 % Co HSS verwenden• Kühlmittelzufuhr prüfen	<ul style="list-style-type: none">• Müssen vermieden werden• Zuerst Vorschub (f_z), dann Spantiefe (a_p) verringern• Zäheren Schneidstoff verwenden (HSS-PM)	<ul style="list-style-type: none">• Müssen vermieden werden• Zuerst Schnittgeschwindigkeit (v_c), dann Vorschub (f_z) und dann Spanbreite a_e verringern• PVD-Beschichtungen und 8 % Co HSS oder HSS-PM verwenden• Kühlmittelzufuhr vermehren	<ul style="list-style-type: none">• Müssen in Grenzen gehalten werden• Schnittgeschwindigkeit (v_c) und / oder Vorschub (f_z) vergrößern• Wirksamen Schnittwinkel vergrößern• Kühlmittel-Zufuhr vermehren• PVD-Beschichtungen mit niedriger Reibung verwenden

WUSSTEN SIE, DASS

*Die sorgfältige
Beobachtung von
Frässpänen wertvolle
Informationen liefert ?*

Spanformen

Ein Frässpan hat eine spiralförmige Form.

Der Rand innerhalb der Spirale wird geformt, wenn die Schneide in das Werkstück eintritt.

Beim Gleichlaufräsen ist dieser Rand an der dicksten Stelle.

Wegen des unterbrochenen Schnitts ist die Spanlänge begrenzt auf die Länge des Kreisbogens, die das Werkzeug im Werkstück beschreibt.

Spankontrolle

Kontrollieren Sie eine Fräsoperation, indem Sie den Span messen und beobachten :

- Die Spanbreite hängt von der Spantiefe ab: die längsten Späne entstehen beim Nutenfräsen.
- Die Spanlänge hängt von der Schnittbreite und dem Werkzeug-Durchmesser ab: je größer der Werkzeug-Durchmesser, je länger der Span.
- Die Spandicke ist proportional zum Vorschub / Zahn und der Schnittbreite.

- Frässpäne sollen regelmäßig sein.
- Frässpäne sollen eine einheitliche Farbe haben.
- Wenn Kühlmittel verwendet wird, soll der Span keine Anzeichen von Temperatur-Einflüssen zeigen.

Wie kann man Schwierigkeiten vermeiden ?

Es ist wichtig, dass keine Späne in der Schnittzone bleiben.

Wenn Späne unregelmäßig aussehen, wenn sie die Form einer Nadel haben oder mehrere Verfärbungen zeigen, dann sind das Anzeichen dafür, dass die Schnittbedingungen nicht gut gewählt sind, dass das Kühlmittel nicht richtig wirkt, dass Vibrationen entstehen, oder dass die Schneiden verschlissen sind.



Symbol	Maßeinheit	Bezeichnung
D	mm	Werkzeug-Durchmesser
T	mm	Bearbeitungszeit
Z		Zähnezahl
a_p	mm	Spantiefe
a_e	mm	Spanbreite

Symbol	Maßeinheit	Bezeichnung	Formel
v_c	m/min	Schnittgeschwindigkeit	$v_c = \frac{\pi DN}{1000}$
N	U/min	Umdrehung / min	$N = \frac{1000 v_c}{\pi D}$
v_f	mm/min	Vorschub / min	$v_f = NZ f_z$
f_z	mm/Zahn	Vorschub / Zahn	$f_z = \frac{v_f}{NZ}$
Q	cm ³ /min	Zeitspannungsvolumen	$Q = \frac{a_p a_e NZ f_z}{1000}$
h_m	mm	Durchschnittliche Spandicke	$\frac{\sqrt{a_e}}{D} f_z$
h_{max}	mm	Maximale Spandicke	