

Sie wollen **Produktivität**? Vertrauen Sie **HSS**

RÄUMEN

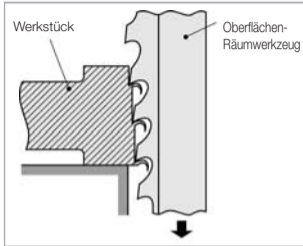
RÄUMWERKZEUGE (RÄUMNADELN)

- 2** Die Grundlagen des Räumens
- 3** Die Vorteile des Räumens
- 4** Ein Räumwerkzeug (Räumnadel) im Detail
- 5** Welcher Schnellstahl für maximale Leistungen ?
- 6** PVD-Beschichtungen für höchste Leistungen
- 7** Bezeichnungen und Begriffe
- 8** Zwei Basis-Konstruktionen für Räumwerkzeuge (Räumnadeln)
- 9** Innenräumen: runde und rechteckige Löcher
- 10** Innenräumen: Längsnuten
- 11** Außen-oder Oberflächen-Räumen

- 12** Ziehräumen im Vergleich zu Drückräumen
- 13** Schneidzahn-Teilung
- 14** Späne beim Räumen
- 15** Abmessungen
- 16** Innen-Räumwerkzeuge (Räumnadeln) : Schaftenden

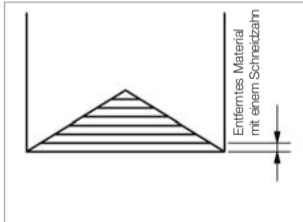
RÄUM-OPERATIONEN

- 17** Typische Schnittgeschwindigkeiten
- 18** Kühlmittel
- 19** Typische Schwierigkeiten beim Räumen
- 20** Verschleißarten
- 21** Berechnung der Belastung eines Räumwerkzeugs
- 22** Räumen in der Luft-und Raumfahrt-Industrie
- 23** Räumen in der Automobil-Industrie
- 24** Räumen in der mechanischen Industrie

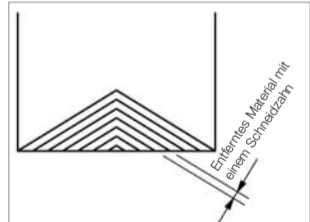


Oberflächen-Räumen

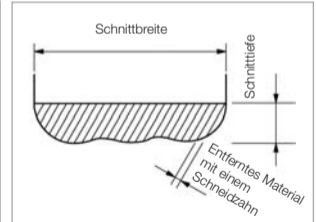
- Räumen ist eine Zerspanungs-Operation, bei der sich das Werkzeug in linearer Richtung bewegt.
- Die Werkzeugform ist die gleiche wie die Form am Werkstück und ist gut geeignet, um schwierige Konturen zu erzeugen.
- Beim Räumen entfernt jeder Schneidzahn nacheinander etwas Material bis hin zur endgültigen Kontur.
- Alle Arbeitsgänge (Schruppen, Schrupp-/Schlichten, Schlichten) werden in einem Durchgang ausgeführt.
- Bei Großserien-Fertigungen ist Räumen ein alternatives Verfahren zu Fräsen, Ausbohren, Drehen, Schleifen und Elektroerodieren.
- Voraussetzung: die zu räumende Fläche muss parallel zur Bewegungsrichtung der Schneidzähne sein.



**Konventioneller Schnitt
(Außen- oder Höhe)**



Formschnitt



Konturschnitt

Das Räumverfahren ist außergewöhnlich genau. Die Leistungsfähigkeit in Großserien-Fertigungen wird von keinem anderen Verfahren überboten. Räumen ist besonders geeignet für die Automobil-Herstellung, wo hohe Leistungsfähigkeit und hohe Genauigkeit erforderlich sind.

- **Verringerte Durchlaufzeiten**

Die Werkstücke werden in einem Durchgang bearbeitet, der normalerweise weniger als eine Minute erfordert. Andere Verfahren verlangen mehrfache Bearbeitungen, um schwierige und / oder unsymmetrische Formen herzustellen.

- **Hervorragende Verfahrensgenauigkeit und Wiederholgenauigkeit**

Lineare Bewegungsrichtung bedeutet eine verminderte Anzahl unterschiedlicher Verfahrensvarianten.

- **Herausragende Oberflächengüten**

Werden in nur einem Durchgang erreicht. Der letzte Schneidzahn einer Räumnadel poliert oder hont das Werkstück.

- **Lange Standzeiten**

Jeder Schneidzahn einer Räumnadel hat pro Durchgang nur einmal Kontakt mit der zu bearbeitenden Oberfläche. Darum kann ein Räumwerkzeug eine große Zahl von Werkstücken produzieren, bevor es nachgeschliffen werden muss.

- **Einfache Bedienung und Instandhaltung**

Eine Räummaschine ist nicht schwierig. Und das Be- und Entladen von Werkstücken ist einfach zu automatisieren.

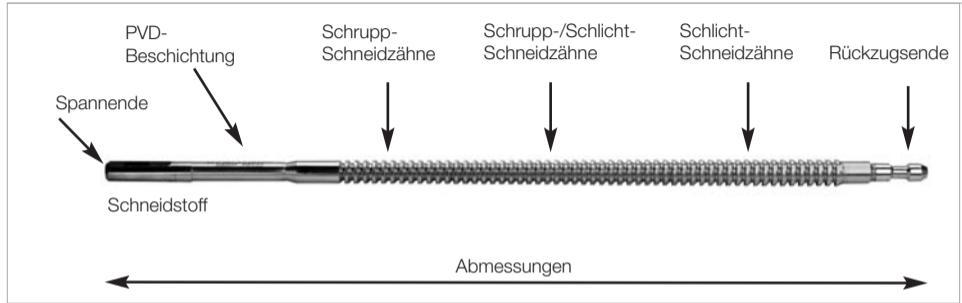
- **Sehr kostensparendes Verfahren**

Es trägt erheblich zur Produktivität bei, dass große Losgrößen in einem Durchgang geräumt werden können.

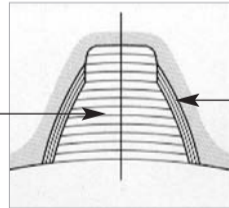


HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

An einer Räumnadel ist der Schlichtbereich größer als der Schrubbereich.



Entferntes Material durch Schrubb-Schneidzähne



Entferntes Material durch Schlicht-Schneidzähne

HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

In der Großserien-Fertigung erhöhen HSS-PM-Räumnadeln die Produktivität

HSS

- Für leicht bearbeitbare Materialien, wie Aluminium, Magnesium, unlegierte Stähle ($R_m < 800 \text{ Mpa}$)
- Abnehmende Bedeutung

HSS-E

- Übliche Wahl
- Für Stähle, rostbeständige Stähle, Gusseisen ($R_m < 1000 \text{ Mpa}$)

HSS-PM (Pulvermetallurgie)

- Für höhere Produktivität und längere Standzeiten
- Für Nickel- und Titan-Legierungen
- Geeignet für Trockenbearbeitung

HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

Für noch höhere Leistungen sorgt die Kombination einer PVD-Beschichtung mit einem HSS-PM-Substrat.

TiN
Gold

- Übliche Wahl
- Verbesserte Abrieb-Festigkeit
- Längere Standzeiten

TiAlN oder TiAlCN
Schwarz-violett

- Für hohe Schnittgeschwindigkeiten und hohe Produktivität
- Auch geeignet für Minimalmengenschmierung oder Trockenbearbeitung

Stahl
C45

ERFOLGSGESCHICHTE

- Anwendung
- Hochgeschwindigkeits-Innenräumen mit PVD-TiAlN-beschichteter HSS-PM-Räumnadel und Mindermengenschmierung
- Schnittlänge
- 30 mm
- Vorteile im Vergleich zu HSS Co-Räumnadel und Kühlmittel
- **Schnittgeschwindigkeit x 10** (v_c $v_c = 50$ m/min zu ≈ 5 m/min)
 - **25 % längere Standzeit**
 - Bessere Oberflächengüte
 - 15 % weniger Stückkosten und niedrigerer Energieverbrauch

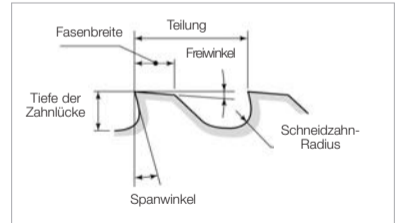
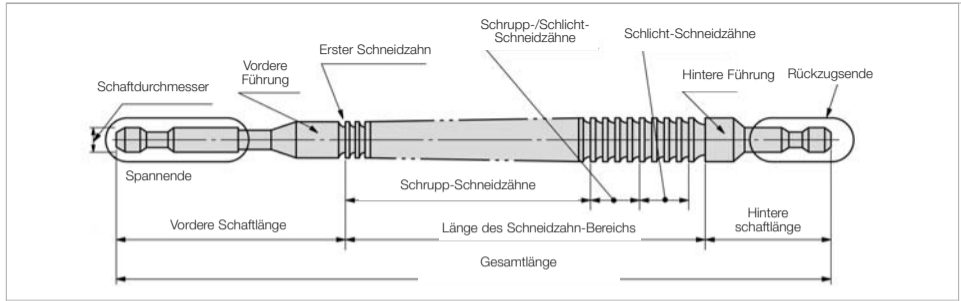
EINE RÄUMNADEL
WIRD DEFINIERT

Englisch:
a broach

Französisch:
une broche

Italienisch:
una broccia

Spanisch:
una brocha



Schneidzahn-Form





Vollmaterial-Räumnadel

Die übliche Wahl



Zusammengesetzte Räumnadeln

Zusammengesetzte Räumnadeln bestehen aus mehreren Segmenten.

- + Bessere Genauigkeit der Werkstücke
- + Größere Werkzeuglängen als bei Vollmaterial-Räumnadeln
- + Komplizierte Räum-Profile, die mit Vollmaterial-Werkzeugen nicht möglich sind

HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

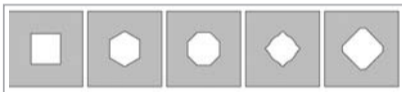
Räumen ist die einzige Möglichkeit, um rechteckige Löcher mit scharfen Winkeln zu produzieren.



Räumen runder Konturen

Räumnadeln für runde Konturen werden für die Herstellung von hochpräzisen Löchern verwendet.

Es gibt mehrere Arten solcher Räumwerkzeuge: Rundprofil-Räumnadeln, die für Werkstücke ohne Vorbearbeitung eingesetzt werden und solche, die in Doppelschnitten oder zum Polieren der Oberfläche verwendet werden.



Räumen rechteckiger Konturen

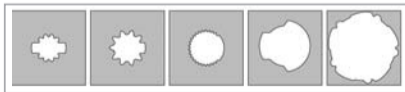
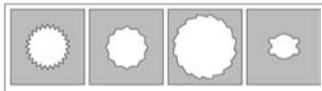
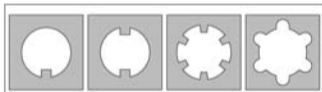
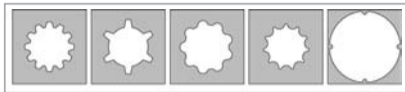
Glatte und quadratische Räumnadeln werden für die Herstellung von glatten und mehreckigen Löchern eingesetzt.



Räumen von Mitnehmernuten

Räumnadeln für Mitnehmernuten sind häufig im Einsatz, und zwar oft mit einer Führungsbuchse, die die Räumnadel während der Bearbeitung stabilisiert.

Wenn die Räumnadel nicht lang genug ist, um ein Werkstück mit hoher Mitnehmernut in einem Durchgang herzustellen, so wird eine Unterlegplatte zwischen das Werkzeug und die Führung eingebaut. Dies ermöglicht es, das Werkzeug zwei oder drei Mal zu ziehen.



Räumen von Längsnuten

Eine Längsnut-Räumnadel wird für die Endbearbeitung einer Evolventen-Längsnut oder einer Längsnut mit geraden Seiten eingesetzt.

Räumnadeln für Evolventen-Längsnuten werden in der Automobil-Industrie eingesetzt.

Sie haben runde Schneidzähne entweder am vorderseitigen oder rückseitigen Ende, um die Exzentrizität am kleinsten oder größten Durchmesser der Längsnut zu verringern, oder sie haben alternierend profilierte und runde Schneidzähne.

Räumen von Längsnuten mit parallelen Seiten

Räumnadeln für Längsnuten mit parallelen Seiten werden üblicherweise für die Bearbeitung von Maschinenteilen eingesetzt.

Räumen von Verzahnungen

Eine Kombinations-Räumnadel mit profilierten und runden Schneidzähnen kann die Exzentrizität am kleinsten und größten Durchmesser einer Längsnut verringern.

Räumen von besonderen Formen

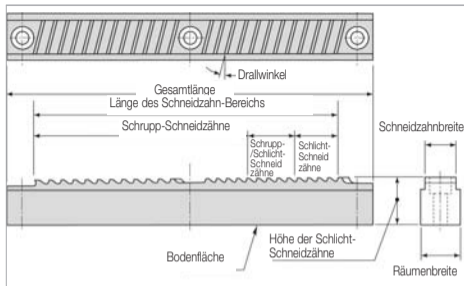
Spiralige Längsnuten können mit Räumnadeln mit spiraligen Schneidzähnen geräumt werden.

Die Schneidzähne werden mit einem spiraligen Verlauf um die Werkzeugachse herum geschliffen. Der Drallwinkel entspricht dem, der am Werkstück gefordert ist.

HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

In der Großserien-Fertigung ist Räumen eine gute Alternative zum Fräsen.

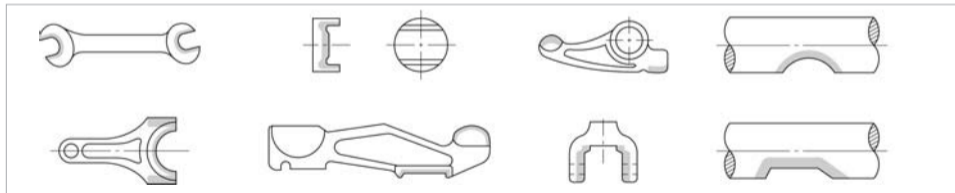
Die Genauigkeit wird auch besser!



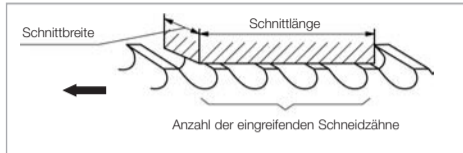
Außenräumwerkzeug

Außenräumwerkzeug

- Ein Außenräumwerkzeug wird eingesetzt, um Material von einer äußeren Fläche zu entfernen.
- Außenräumwerkzeug wird gewöhnlich auf einer vertikalen Maschine mit einem Räumwerkzeug durchgeführt, das nach unten entweder gedrückt oder gezogen wird.
- Die gesamte Länge des Werkzeugs wird der Maschine angepasst.

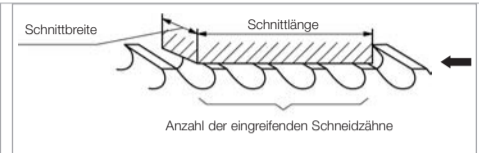


Beispiele von geräumten Teilen



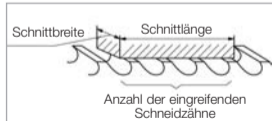
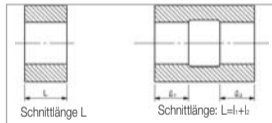
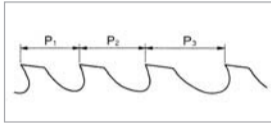
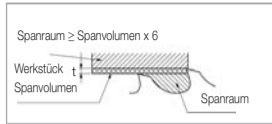
Ziehräumen

- Räumen erfolgt üblicherweise durch Ziehen.



Drückräumen

- Wenn die Aufmaße gering sind, wird manchmal das Drückräumen angewendet.
- Eine Drückräumnadel hat eine kurze Lebensdauer, weil beim Zurückziehen Reibung entsteht.
- Drückräumen kann auch auf einem Bearbeitungszentrum oder einer Drehmaschine erfolgen.



Teilung und Spanraum

- Teilung ist definiert als eine Funktion der Menge des entfernten Materials mit einem Schneidzahn ($t = \text{Spandicke}$). Um das Einklemmen von Spänen zu vermeiden, muss der Spanraum 6 mal größer sein als das Spanvolumen (Schnittlänge x Spandicke).

Variable Teilung

- Um Markierungen auf der bearbeiteten Fläche zu vermeiden, werden zwei oder drei unterschiedliche Teilungen mit verschiedenen Ausdehnungen verwendet.

Teilung und Schnittlänge

- Teilung $P = 1,2 \text{ bis } 2,0 \sqrt{L}$.

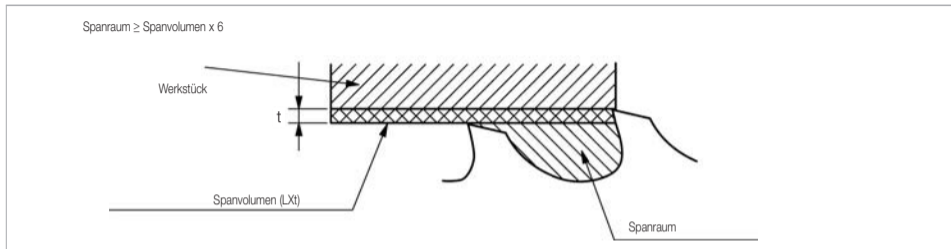
Anzahl der eingreifenden Schneidzähne

- Normalerweise schneiden mehrere Schneidzähne gleichzeitig.

Anzahl der eingreifenden Schneidzähne = Schnittlänge / Teilung (sollte keine glatte Zahl sein).

HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

Der Spanraum muss sechsmal so groß sein wie das Spanvolumen.

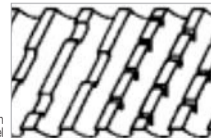


Spanform-Geometrien

Spanform-Geometrien werden bei Räumnadeln verwendet, um Wirrspäne zu vermeiden und die Späneabfuhr zu erleichtern. Ohne solche Spanform-Geometrien würden ringförmige Wirrspäne entstehen, die sich in den Zahnlücken festsetzen und zu Werkzeugbruch führen können.

Spanform-Geometrien werden parallel zur Werkzeugachse eingeschliffen.

Spanform-Geometrien an ungleichmäßig angeordneten Schneidzähnen sind versetzt, angebracht so dass auf eine wirksame Kombination von Spanform-Geometrien eine Schneide folgt.



HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

Räumwerkzeuge sind üblicherweise sehr lange Werkzeuge, von 5 x D bis zu 100 x D und mehr. Um während der Lagerung Beschädigungen zu vermeiden, sollten Räumwerkzeuge vertikal gehängt werden.



Kleine Räumnadeln

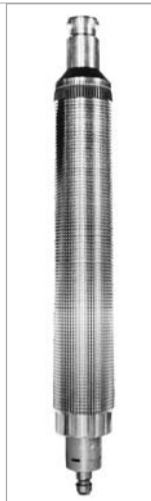
Beispiele:

Runde Mitnehmernut-Räumnadeln

- Breite: 0,4181 mm
- Durchmesser: 3,175 mm
- Länge: 332 mm

Rechteckige Räumnadel

- Breite: 2,3 mm
- Länge: 220 mm



Große Räumnadeln

Beispiele:

Innere Getriebe-Räumnadel

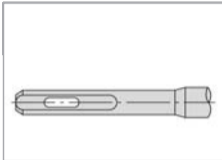
- Durchmesser: 290 mm
- Länge: 2.150 mm

Räumnadeln sind üblicherweise sehr lange Werkzeuge, von 5xD bis zu 100xD und mehr

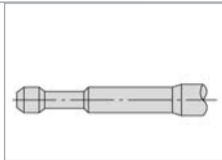
HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

Die Wahl des Spannendes und des Rückzugsendes hängt von der Art der Räum-Maschine ab. Die Durchmesser beider Enden müssen kleiner sein als die der vorgeräumten Bohrung.

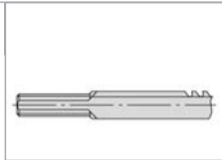
SPANNENDE



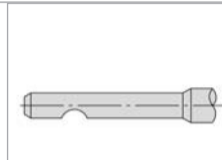
Splint



Anzugsbolzen

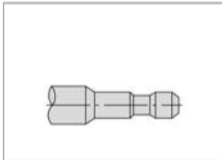


Außengewinde

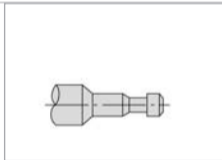


Spannstift

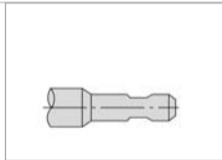
RÜCKZUGSENDE



Anzugsbolzen



Runder Anzugsbolzen



Trapezförmiger Anzugsbolzen

HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

Mit den neuen HSS-PM-Schneidstoffen und neuen PVD-Beschichtungen können höhere Schnittgeschwindigkeiten erreicht werden.

- Die Schnittgeschwindigkeit beeinflusst die Genauigkeit der geräumten Profile, die Oberflächengüte und die Standzeit.

Werkstücksstoff	HSS-Räumnadel	HSS Co-Räumnadel	PVD-beschichtete-HSS-PM Räumnadel
Stahl	3-8	3-10	3-60*
Rostbeständiger Stahl – zäh	2-5	2.5-4	2.5-5
Rostbeständiger Stahl Automatenstahl	4-6	4-8	4-10
Gusseisen	8-10	8-12	8-60*
Messing	8-10	8-12	8-60*
Bronze	8-10	8-12	8-60*
Aluminium	8-10	8-12	8-80*
Magnesium	8-10	8-12	8-80*

* Eine spezielle Räum-Maschine ist erforderlich

Kühlmittel bei Räum-Operationen

- Kühlung ist sehr wichtig beim Räumen. Eine Verminderung der entstehenden Temperaturen um 50 % kann die Standzeit um 50 % verlängern. Schlechte Schmierung kann den Räum-Vorgang sogar unterbrechen.
- Die Art des Kühlmittels, das beim Räumen verwendet wird, hat einen großen Einfluss auf die Anzahl der bearbeiteten Teile, die Genauigkeit und die Wirtschaftlichkeit.
- Kühlmittel mit niedriger Schmierwirkung und geringer Haltbarkeit werden einen schnelleren Schneidzahn-Verschleiß bewirken und führen damit zu einer minderwertigen Oberfläche der bearbeiteten Teile. Wenn die Viskosität zu hoch ist, werden die Späne an der Räumnadel kleben bleiben und damit die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen. Allgemein gilt, dass auf horizontalen Maschinen eine höhere Viskosität zu empfehlen ist als auf vertikalen Maschinen.
- Öl mit wenig Zusätzen gegen Reibung wird für das Räumen empfohlen. Aber auch die Art der Räum-Maschine bestimmt die Wahl des Kühlmittels.
- Neuartige Wasser-basierte Kühlmittel werden zunehmend benutzt, um bei hohen Geschwindigkeiten oder bei der Bearbeitung warmfester Werkstoffe bessere Kühlung zu erreichen. Die Verwendung von löslichen Ölen ist empfehlenswert, um das Säubern der Teile zu vermeiden und die Feuergefahr einzuschränken.

Minimalmengenschmierung

- Minimalmengenschmierung nimmt zu.
- Minimalmengenschmierung macht die Teile-Säuberung verzichtbar und ist umweltfreundlich.
- Ausgezeichnete Ergebnisse können mit PVD-TiAlN-Beschichtungen und HSS-PM-Stählen erzielt werden (s. Seite 6).



Problem	Lösungen
Maßgenauigkeit (zu klein, zu groß)	Häufiger nachschleifen. Kühlmittelzufuhr verbessern. Keine Grat-Bildung an den Schneidzähnen. Maßgenauigkeit der Räumnadel prüfen. Werkstück prüfen.
Formgenauigkeit und Lage (Rundheit, Rundlauf)	Spannende prüfen. Spanwinkel prüfen. Werkstück-Halterung und –Ausrichtung prüfen, besonders bei dünnwandigen Werkstücken. Schnittlänge prüfen.
Raue Oberflächen	Eher nachschleifen. Kühlmittelzufuhr verbessern. Schnittgeschwindigkeit erhöhen. Keine Grat-Bildung an den Schneiden. Prüfen, ob Vibrationen entstehen.
Kurze Standzeiten	Eher nachschleifen. Kühlmittelzufuhr verbessern. HSS-PM-Räumnadel mit PVD-Beschichtung verwenden. Prüfen, ob Vibrationen entstehen. Länge der Führung vergrößern.



Freiflächenverschleiß

- Normale Verschleiß-Erscheinung
- Schnittgeschwindigkeit (v_c) verringern
- HSS-PM-Räumnadel mit PVD-Beschichtung verwenden
- Kühlmittelzufuhr erhöhen

Kolk-Verschleiß

- Möglichst gering halten
- Schnittgeschwindigkeit (v_c) verringern
- PVD-beschichtete Räumnadel zur Vermeidung von chemischem Verschleiß verwenden
- Kühlmittelzufuhr prüfen

Verformungen

- Müssen vermieden werden
- Schnittgeschwindigkeit (v_c) verringern
- Kühlmittelzufuhr erhöhen
- PVD-beschichtete Räumnadel verwenden



- Kalkulierte Belastung (kN) = Schnittbreite (mm)
 - X Schnitttiefe / Schneidzahn (mm)
 - X Anzahl der eingreifenden Schneidzähne
 - X Spezifischer Schnittwiderstand (kN/mm²)
- Sicherheits-Belastung (kN) = 1,8 x kalkulierte Belastung

Werkstoff	Schnitttiefe / Schneidzahn (mm)			Spezifischer Schnittwiderstand (N/mm ²)
	Runde Räumnadel	Längsnut-Räumnadel	Oberflächen-Räumnadel	
Kohlenstoff-Stähle	0.010-0.020	0.025-0.030	0.030-0.070	3000 - 4000
Legierte Stähle	0.010-0.020	0.025-0.030	0.030-0.070	3000
Gusseisen	0.025-0.040	0.025-0.040	0.050-0.075	2000
Temperguss	0.025-0.035	0.025-0.035	0.050-0.075	1300-3000
Rostbeständige Stähle	0.020-0.030	0.020-0.030	0.030-0.060	4000
Nichteisenmetalle	0.035-0.050	0.030-0.040	0.060-0.100	1000-2000

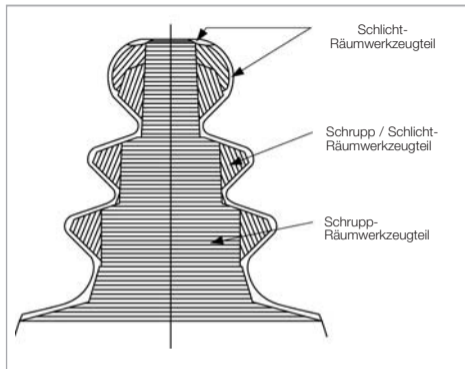
Beispiel einer Kalkulation

Räumen einer parallelseitigen Längsnut 20 x 16 x 4 x 6SP in legiertem Stahl

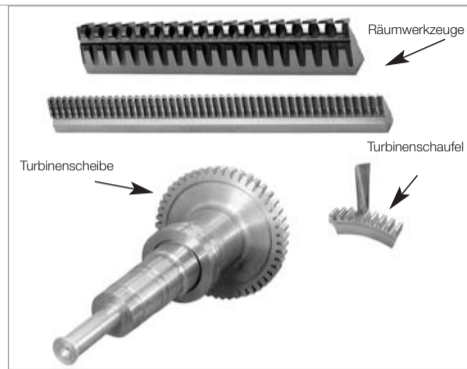
- | | | | | |
|--|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Schnittlänge = 25 mm • Teilung: $1,5 \times \sqrt{25} = 7,5$ mm • Anzahl der eingreifenden Zähne: $25/7,5 = 3,4 \rightarrow 4$ • Schnitttiefe / Schneidzahn: 0,025 mm • Schnittwiderstand: 3 kN/mm² | } | → | { | <ul style="list-style-type: none"> • Kalkulierte Belastung:
$(4 \times 6) \times 0,025 \times 3 \times 4 = 7,2$ kN • Sicherheitsbelastung:
$1,8 \times 7,2 = 13$ kN |
|--|---|---|---|---|

HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

Tannenbaum-Räumwerkzeuge werden zur Herstellung der Verzahnungen in Turbinenscheiben für die Luftfahrt- und Kraftverkehrs-Industrie verwendet.

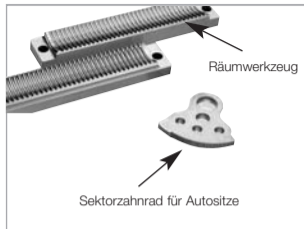


Tannenbaum-Räumwerkzeug-Profil

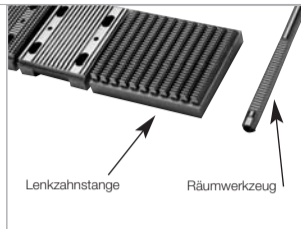


HINWEIS DES WERKZEUGHERSTELLERS

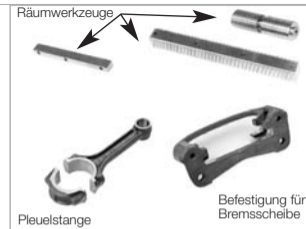
Räumwerkzeuge sind sehr kostensparend in der Großserienfertigung der Automobil-Industrie.



Räumen von sector Sektorzahnäder



Räumen von Lenkzahnstangen



Räumen von Pleuelstangen und Bremsscheiben



Räumen von Schlüsselbohrungen