Domniţa FRĂŢILĂ



SPANENDE FERTIGUNGSVERFAHREN II

•

Tehnologii de prelucrare prin așchiere II

UTPRESS CLUJ-NAPOCA, 2019 ISBN 978-606-737-352-3

Domniţa FRĂŢILĂ

SPANENDE FERTIGUNG

TEHNOLOGII DE PRELUCRARE PRIN AŞCHIERE II





Editura U.T. PRESS Str. Observatorului nr. 34 C.P. 42, O.P. 2, 400775 Cluj-Napoca Tel.:0264-401.999

e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro http://biblioteca.utcluj.ro/editura

Ing. Călin D. Câmpean Director:

Prof.dr.ing. Popa Marcel Ş.l.dr.ing. Conţiu Glad Recenzia:

Copyright © 2019 Editura U.T.PRESS

Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii U.T.PRESS.

ISBN 978-606-737-352-3

INHALTVERZEICHNIS / CUPRINS

KAPITEL 1. Technologischer Variantenvergleich / CAPITOLUL 1. Compararea variantelor tehnologice.... 3

- Qualitätsmerkmale gefertigter Teile im Überblick / Caracteristicile de calitate ale produselor
- Technologischer Variantenvergleich / Compararea variantelor tehnologice
- Gliederung von Trennverfahren / Clasificarea proceselor de prelucrare prin îndepărtare de material
- Zerspanprozess als System / Procesul de aşchiere ca sistem

KAPITEL 2. Allgemeine Begriffe beim Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden / CAPITOLUL 2. Notiuni generale la aschierea cu scule cu muchii aschietoare definite.....11

- Kinematik und Geometrie des Zerspanvorganges / Cinematica şi geometria procesului de aşchiere
- Werkzeugsgeometrie für den Spanen mit geometrisch bestimmten Schneidplatten / Geometria scuelor cu muchii aşchietoare definite
- Verschleiβ / Uzura
- Standzeit / Durabilitatea sculei
- Zerspanbarkeit von Werkstoffen / Aşchiabilitatea materialelor
- Spanbildung / Formarea aşchiei
- Kräfte und Leistungen beim Spanen / Forţe şi puteri la aşchiere
- Schneidstoffe / Materiale de scule
- Thermische Beanspruchung / Solicit\u00e4ri termice
- Chemische Beanspuchung / Solicitări chimice
- Kühlschmierstoffe / Lichide de aşchiere
- Trends in der spanenden Fertigung / Tendinţe în domeniul aşchierii

KAPITEL 3. Spanende Fertigungsverfahren mit geometrisch bestimmten Schneiden / CAPITOLUL 3. Procese de aşchiere cu scule cu muchii aşchietoare definite....40

- Drehen / Strunjire
- Auswahl der Drehwerkzeuge / Alegerea sculelor aschietoare
- Bohren, Senken, Reiben / Găurire, Adâncire, Alezare
- Fräsen / Frezare
- Hobeln. Stoβen / Rabotare longitudinală. Rabotare transversală
- Räumen / Broşare

KAPITEL 4. Spanende Fertigungsverfahren mit geometrisch unbestimmten Schneiden / CAPITOLUL 4. Procese de aşchiere cu scule cu muchii aşchietoare nedefinite92

- Schleifen / Rectificare
- Honen / Honuire
- Läppen / Lepuire

KAPITEL 5. Trockenbearbeitung und Minimalmengekühlschmierung / CAPITOLUL 5. Aşchierea uscată şi ungerea-răcirea minimală....135

- Trockenbearbeitung / Prelucrarea uscată
- Minimalmengenschmierung (MMS) / Ungerea şi răcirea minimală
- Dosiersysteme / Sisteme de dozare
- Kühlschmierstoffe / Lichide de aşchiere
- Werkzeuge- Werkstoffe für TB und MKST / Scule- materiale la PU şi PURM
- Einsatz der TB und MKST in der Praxis / Implementarea PU şi a PURM în practică
- Werkzeugmaschinen und periphere Einrichtung / Maşini unelte şi echipamente auxiliare
- Schluβfolgerungen / Concluzii

KAPITEL 1. Technologischer Variantenvergleich

CAPITOLUL 1. Compararea variantelor tehnologice

1.1 Qualitätsmerkmale gefertiger Teile

Alle Merkmalle, die ein Kunde (Anwender oder Verbraucher) von einem Erzeugnis erwartet, sind die (meßbaren und un meßbaren)

Qualitätsmerkmale.

Er erwartet nicht allein die Funktion des Erzeugnisses, sondern Kriterien wie Preis, einfache Bedienbarkeit, Sicherheit für ihn und für die Umwelt oder wirtschaftliche Einsatz. Der Kunde hat an das Produkt auch ästetische Ansprüche (Form, Farbe), Genauigkeit / Toleranzen. Bei der Konzeption eines Produktes wird der Ingenieur in Zusammenarbeit mit dem Designer auch an solche nicht meßbaren Qualitätsmerkmale denken.

Die entscheidenden Qualitätsmerkmale ergeben sich häufig aus den Zusammenwirken **sämtlicher Komponenten** eines Erzeugnisses:

- mechanische Bauteile (Wellen, Zahnräder, Gehäuse).
- optischen und elektronischen Baugruppen und
- zunehmend Rechnerkomponenten und Software.

Die Bewertungskriterien sind teilweise **quantifizierbar**; teilweise nur **qualitativ** zu beantworten. Einige Kriterien können Muß-Kriterien sein. Aufgabe des Ingenieurs ist es dagegen:

- den Zusammenhang zwischen den Eigenschaften aller Komponenten und der Funktion des Gesamtsystems zu ergründen und
- die Qualitätsanforderungen des Kunden auf die Qualitätsmerkmale sämtlicher Komponenten, Baugruppen und Einzelteile zu brechen.

1.1 Caracteristicile de calitate ale produselor

Toate caracteristicile pe care un client (utilizator sau consumator) le așteaptă din partea unui produs constituie caracteristici de calitate (cuantificabile sau necuantificabile).

Așteptările vizează nu numai funcționalitatea produsului, ci și alte criterii cum ar fi: preţul, ușoara deservire, siguranţa în exploatare pentru consumator și pentru mediul înconjurător sau utilizarea eficientă. Clientul are de asemenea așteptări de natură estetică din partea produsului (formă, culoare), precizie / toleranţe. De aceea, în conceperea unui produs inginerii vor colabora cu designerii pentru luarea unor decizii cu privire la acești parametri de calitate cuantificabili.

Indicatorii de calitate definitorii ai unui produs rezultă adesea din efectul combinat al caracteristicilor **tuturor componentelor** sale:

- Componente mecanice (axe, angrenaje, carcase),
- Subansambluri optice și electronice,
- Componente software şi hardware.

Criteriile de evaluare sunt parţial **cuantificabile**, parţial permit doar o evaluare **calitativă**. Unele criterii sunt obligatorii. Sarcina inginerului este de a:

- defini corelaţia dintre proprietăţile componentelor produsului şi funcţionalitatea sistemului (produsul),
- corela cerințele de calitate ale clientului în ceea ce privește toate subansamblurile și reperele produsului.

1.2 Technologischer Variantenvergleich

Der Variantenvergleich hat die Aufgabe, aus der Vielzahl der zur Herstellung eines Werkstückes einsetztbaren Verfahrensvarianten diejenige auszuwählen, die eine unter Berücksichtigung verschidener Kriterien größte Wirtschaftlichkeit bzw. größte Rentabilität gewährleistet.

Der Variantenvergleich ist bei folgenden **Entscheidungssituationen** durchzuführen:

- Aufnahme neuer Produkte in das Produktionsprogramm,
- Anpassung des Fertigungsablaufs an konstruktive Änderungen des Werkstückes,
- Erweiterung der Kapazität aufgrund gestiegener Absatzerwartungen und
- Ersatz bestehender Verfahren aufgrund technischer Veralterung.

Die Variantenvergleich muß **systematisch** und möglichst **frei** von **intuitiven Entscheidungen** durchgeführt werden. Die verschiedenen Verfahrenvarianten werden unter Beachtung des gesamten ergebenden Fertigungsablaufs bewertet (Abb. 1.1).

1.2 Compararea variantelor tehnologice

Compararea variantelor tehnologice ale unui produs are drept scop alegerea, din multitudinea variantelor de prelucrare posibile, a celei care garantează îndeplinirea criteriilor de eficienţă şi rentabilitate.

Compararea variantelor tehnologice se realizează în următoarele situații decizionale:

- Includerea unor noi produse în programul de producţie,
- Adaptarea proceselor tehnologice la modificările constructive ale pieselor,
- Extinderea capacității de producție pe baza cerințelor tot mai mari ale pieței şi
- Înlocuirea proceselor de fabricaţie existente datorită progresului tehnologic.

Compararea variantelor tehnologice trebuie să fie realizată **sistematic** și **fără** a fi influențată de **decizii intuitive**. Diferite variante de fabricație sunt evaluate luând în considerare întregul proces tehnologic (Fig. 1.1).

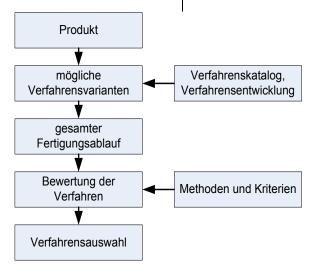


Abb. 1.1 Vorgehensweise bei der Verfahrensauswahl / Procedura de alegere a proceselor de prelucrare [WES 10]

Die Bewertung erfolgt mit Hilfe unterschiedlicher Methoden anhand vorher festzulegender Bewertungskriterien. (Abb 1.2)

Evaluarea se realizează cu ajutorul diferitelor metode, pe baza unor **criterii de evaluare** stabilite anterior. (Fig. 1.2)

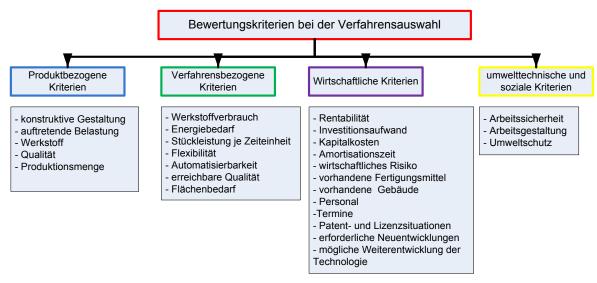


Abb.1.2 Bewertungskriterien bei der Verfahrensauswahl / Criterii de evaluare la alegerea proceselor [WIT 96]

1.3 Gliederung von Trennenverfahren im Überblick

1.3 Clasificarea proceselor de prelucrare prin separare

HAUPTGRUPPE 3 Trennen						
Zerteilen	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden	Abtragen	Zerlegen	Reinigen	Evakuiren
Gruppe 3.1	Gruppe 3.2	Gruppe 3.3	Gruppe 3.4	Gruppe 3.5	Gruppe 3.6	Gruppe 3.7

Abb. 1.3 Unterteilung der Haputgruppe *Trennen* nach DIN 8589 / Clasificarea proceselor din grupa Separare cf. DIN 8589

Die **Gruppen 3.2** und **3.3** werden in der Vorlesung behandelt (Abb. 1.3).

Die Gruppe 3.1 Zerteilen wird unterteilt in

- Scherschneiden
- Messerschneiden
- Spalten
- Brechen.

Die <u>Gruppe 3.4</u> **Abtragen** behandelt folgende Verfahren

- Chemisches Abtragen
- Elektrochemisches Abtragen
- Abtragen durch elecktrische Funkenentladung
- Thermisches Abtragen durch Strahl
- Thermisches Abtragen durch Gas
- Abtragen durch Flüssigkeitstrahl.

Dintre aceste categorii, **grupele 3.2** şi **3.3** vor fi tratate în detaliu în cadrul cursului (Fig.1.3).

Grupa 3.1 Separarea are următoarele subcategorii:

- Tăiere cu foarfeci
- Tăiere cu cuţitul
- Despicare
- Rupere

Grupa 3.4 Erodarea cuprinde categoriile:

- Eroziune chimică
- Eroziune electrochimică
- Eroziune prin descărcări electrice
- Prelucrare cu fascicul de electroni
- Prelucrare cu plasmă
- Prelucrare cu jet de apă.

Prinzipiell sind die **Klassifizierungsmerkmale**: Automatisierungsgrad, Schneidengeometrie, Formelemente geometrie und Lage der Bearbeitungsstelle für die Verfahrenseinteilung und –auswahl entscheidend:

În principiu pentru clasificarea şi alegerea proceselor de prelucrare sunt relevante **criterii de clasificare** ca: *gradul de automatizare*, *geometria elementelor de formare* (scule), *poziția zonei de prelucrare*:

nach Automatisierungsgrad:

maschinell	manuell				
Automatisiert	Unbestimmte Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück				

nach geometrischer Art der Schneide:

geometrisch bestimmte Schneide	geometrisch unbestimmte Schneide				
Schneidenanzahl, Geometrie der	Schneidenanzahl, Geometrie der Schneidkeile und				
Schneidkeile und Lage der Schneiden zum	Lage der Schneiden zum Werkstück sind				
Werkstück sind bekannt (z.B. Drehen,	unbekannt (z.B. Schleifen, Honen, Läppen)				
Bohren, Fräsen)					

Generell stehen die Fertigungsverfahren miteineinder im **Anwendungswettbewerb**. Die besonderen **Vorteile des Spanens** liegen in der:

- hohen Fertigungsgenauigkeit
- hohen Reproduzierbarkeit der Qualität (Tabelle 1.1)
- nahezu geometrisch unbegrenzten Bearbeitungsmöglichkeit und
- hohen auftrags- und stückzahlbezogenen Fertigungsflexibilität.

Die Nachteile des Spanens sind vor allem:

- der Materialverbrauch (Späneabfall)
- die relativ geringe Producktivität und
- die Festigkeiteigenschaften des Endproduktes (unterbrochener Faserverlauf).

Allgemein gesagt, hat die spanabhebende Bearbeitung überall dort ihre Berechtigung, wo sie unter Berücksichtigung der genannten Faktoren vorteilhafter als spanlose Formung anzuwenden ist. Daraus lassen sich die nachstehend genannten Einflussgrößen auf den Spanunsvorgang und somit auch auf die Werkstückqualität ableiten:

- Bearbeitungsverfahren
- Werkstück (Werkstoff, Ferstigkeit, Gefüge, Homogenität, Abmessungen, Gestalt, Stabilität)
- Werkzeug (Sorte, Anschliff, Verschleiß,

În general există o **competiție** în ceea ce privește selectarea și utilizarea proceselor de fabricație.

Avantajele aşchierii constau în:

- Precizie de prelucrare ridicată,
- Reproductibilitate mare a calității (Tabel 1.1),
- Posibilităţi aproape nelimitate de prelucrare a unor geometrii complexe,
- Flexibilitate ridicată la modificarea cererii sau a volumului producţiei.

Dezavantajele așchierii sunt în primul rând:

- Consumul mare de material (deşeuri sub formă de aşchii),
- Productivitatea relativ scăzută,
- Afectează proprietățile de rezistență ale produsului final (fibrele de material sunt întrerupte).

În general se poate spune că procesele de prelucrare cu îndepărtare de material îşi au aplicabilitatea în situaţiile în care sunt mai avantajoase comparativ cu procesele de deformare plastică. Factorii de influenţă asupra procesului de aşchiere şi asupra calităţii pieselor:

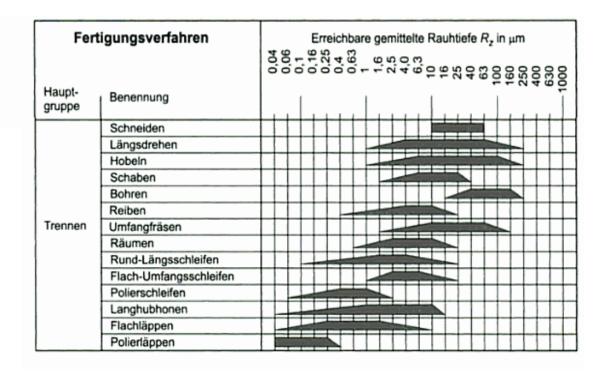
• Procesul de fabricaţie

- **Semifabricatul** (material, rezistență, compoziție, omogenitate, geometrie, stabilitate)
- **Scula** (tip, grad de ascuţire / uzură, dimensiuni, rigiditate)

Abmessungen, Starrheit)

- Werkzeugmaschine (Spannelemente, Starrheit und Schwingungsverhalten, Betriebzustand)
- Spanungsbedingungen (Schnittgeschwindigkeit, Schnitttiefe, Vorschub, Werkzeugwinkel, Kühlung, Schmierung).
- Maşina-unealtă (dispozitive de fixare, rigiditate şi comportament la vibraţii, stare de funcţionare)
- Condiţiile de aşchiere (viteza de aşchiere, adâncimea de aşchiere, avansul, geometria sculei, condiţii de răcire şi ungere).

Tabelle 1.1 Fertigungsverfahren im Qualitätsvergleich (Rz) nach DIN 4766



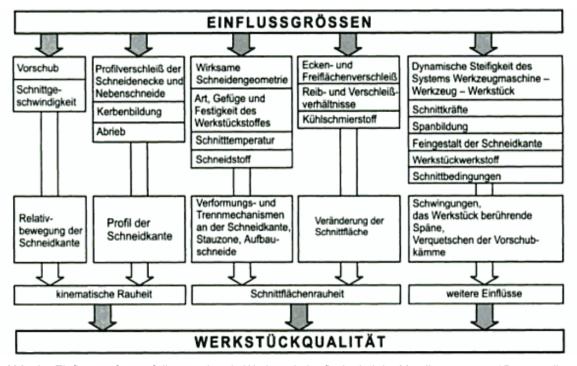


Abb. 1.4 Einflussgrößen auf die enstehende Werkstückoberfläche bei der Metallzerspanung / Parametrii care influenţează calitatea suprafeţelor la aşchierea metalelor [WES 10]

Der Gesamtzusammenhang zwischen Einflussgrößen und Werkstückqualität ist im **Bild 1.4** dargestellt. Die Werkstückqualität wird wesentlich vom System **Werkzeugmaschine - Werkzeug – Werkstück** bestimmt.

Die **Wettbewerbsfähigkeiten** der Zerspanungstechnik wird zukünftig vor allem durch folgende **Faktoren** beeinflusst:

- flexible Automatisierung der Werkstück- und Werkzeughandhabung
- einstellbare Werkzeugsysteme zur Minimierung der Rüst- und Nebenzeit
- hohe Stadzeiten der Werkzeuge im HSC (High Speed Cutting) Bereich und in der Hartzerspanung durch verbesserte Schneidstoffeigenschaften
- automatisierte Prozess- und Fertigungsmittelüberwachung
- Komplettbearbeitung in einer Aufspannung
- kundegerechte Modularisierung der Fertigungsmittel durch Plattformstrategien
- wissenbasierte Programmiertechnologien

1.4 Zerspanprozess als System

Im systemtechnischen Sinne lässt sich der Zerspanprozess als black box darstellen, in den Eingangsoperanden hinein- und aus dem Ausgangsoperanden herausführen (Abb. 1.5).

Die Eingangsoperanden lassen sich nach Systemund Stellgrößen unterscheiden. Systemgrößen beschreiben die Bedingungen des Prozesses, die unveränderlich oder jedenfalls über längere Zeit invariant sind. Sie sind von der Maschine (statische und dynamische Steifigkeit, Temperaturgang), dem Werkstück (Festigkeit, chemische Zusammensetzung, Gefügezustand) und Werkzeug (Stoff, Form, mechanische dem Eigenschaften) abhängig.

Corelaţia între factorii de influenţă şi calitatea produsului este prezentată în figura 1.4. Calitatea pieselor este determinată în mod considerabil de sistemul tehnologic maşină unealtă – sculă - semifabricat.

Competitivitatea tehnologiilor de prelucrare prin așchiere este influențată de următorii factori:

- Automatizarea flexibilă a manipulării sculelor şi semifabricatelor.
- Scule reglabile, care permit reducerea timpilor de pregătire-încheiere şi a timpilor auxiliari,
- Durabilităţi ridicate ale sculelor în domeniul aşchierii cu viteze mari şi al aşchierii materialelor dure prin îmbunătăţirea materialelor de scule.
- Supraveghere automatizată a proceselor şi a mijloacelor de producţie,
- Prelucrare completă dintr-o singură prindere,
- Modularizarea mijloacelor de producţie conform cerinţelor clienţilor prin strategii integrate,
- Tehnologii de programare pe baze ştiinţifice.

1.4 Procesul de aschiere ca sistem

Ca sistem tehnic, procesul de așchiere poate fi reprezentat ca "o cutie neagră" (black box) cu parametrii de intrare și parametrii de ieşire (Figura 1.5).

Parametrii de intrare se împart în parametri de sistem şi parametri variabili. Variabilele de sistem definesc condiţiile de proces, care nu pot fi schimbate sau nu variază o lungă perioadă de timp. Acestea depind de maşina-unealtă (rigididatea statică şi dinamică, temperatură), semifabricat (rezistenţa mecanică, compoziţia chimică, geometria) şi sculă (material, formă, proprietăţi mecanice).

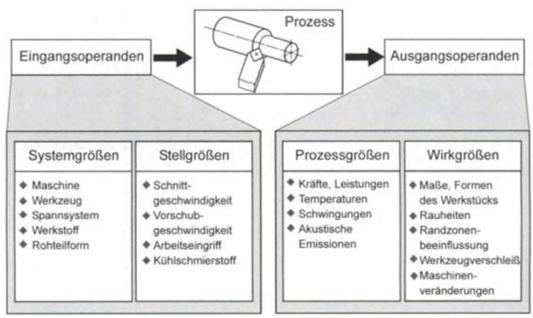


Abb. 1.5 Eingangs- und Ausgangsoperanden / Parametrii de intrare-ieşire [WES 10]

Die Ausgangsoperanden bestehen aus den Prozess- und Wirkgrößen. Prozessgrößen wie Zerspankräfte, Leistungen, Temperaturen in der Spanbildungszone, Schwingungen, die durch den Prozess verursacht sind, und akustische Emissionen, sind nur während des Prozesses wahrnehmbar. Sie können zur Überwachung oder Diagnose des Prozesses genutzt werden.

Wirkgrößen lassen sich am Werkstück (Maß, Formund Lageabweichungen, Mikrogeometrie, Randzonenbeeinflussung), am Werkzeug (Verschleiß), an der Maschine (Erwärmung, Verschleiß) und an den Hilfsstoffen (Erwärmung, Verunreinigung und chemisch Veränderungen) ablesen.

Die Eingangsoperanden werden durch den Prozess in Ausgangoperanden überführt. Der Vergleich von Eingangs- und Ausgangsoperanden kennzeichnet das Übertragungsverhalten des Prozesses. Zur Bewertung eines Prozess sind vier Kriterien eingeführt:

- 1. Zerspankraft,
- 2. Verschleiß des Werkzeugs,
- 3. Oberflächenausbildung des Werkstücks,
- 4. Spanform.

Variabilele de ieşire sunt reprezentate de parametri de proces și mărimi rezultate, cum sunt: forțe de așchiere, puteri, temperaturi în zona de formare a așchiei, oscilații (vibraţii) cauzate de proces și emisii acustice și sunt perceptibile numai în timpul desfășurării procesului. Aceste mărimi pot fi folosite pentru supravegherea și diagnoza procesului.

Mărimile efective sunt corelate CH semifabricatul (abateri dimensionale, abateri de formă, abateri de poziţie, microgeometrie, modificarea stratului superficial de material), cu scula (uzură), cu mașina-unealtă (încălzire, uzură), cu **materialele** auxiliare (încălzire, contaminare, modificări chimice).

Parametrii de intrare sunt convertiţi în parametri de ieşire prin intermediul procesului de prelucrare. Compararea acestor mărimi de intrare şi ieşire pune în evidenţă caracteristicile al procesului. Pentru evaluarea unui proces sunt utilizate 4 criterii:

- 1. Forțele de așchiere,
- 2. Uzura sculei,
- 3. Formarea suprafeței semifabricatului,
- 4. Forma aşchiei.

Die Zerspanungstechnologien zeichnen sich durch eine eindeutige Definition ihrer Basisgrößen aus. Im Bild 1.6 ist dazu ein Überblick gegeben.

Tehnologiile de așchiere se evidenţiază printr-o definire clară a mărimilor de bază. În **figura 1.6** este dată o prezentare sumară a acestora.

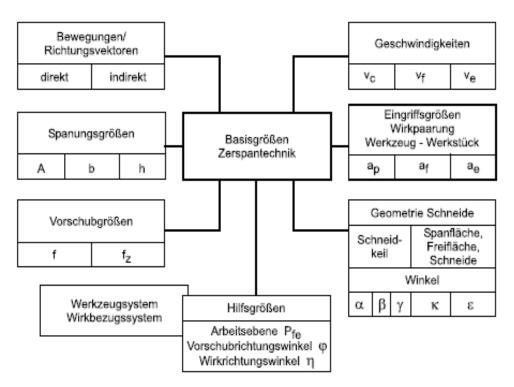


Abb. 1.6 Basisgrößen der Zerspantechnik / Mărimi de bază la prelucrarea prin așchiere [PER 00]

Dabei wird davon ausgegangen, dass die Eingangsgrößen vorgegeben sind, dass also die Haupttechnologie und die Mengenleistung über das Verfahren, die Maschine und die Steuerung ihrer Bewegungen bestimmt sind. Zusätzlich zu diesen vier Kriterien ist die Mensch-Umwelt-Techologie zu berücksichtigen.

Rezultă că parametrii de intrare sunt aleşi astfel încât simultan să fie stabilite şi tehnologia de fabricaţie, consumul de putere în timpul procesului, maşina-unealtă şi modul de realizare al mişcărilor. Pe lângă cele 4 criterii trebuie avută, suplimentar, în vedere interacţiunea operator - mediu înconjurător-technologie.

KAPITEL 2.

Allgemeine Begriffe beim Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden

Die Gliederung der spanenden Fertigungsverfahren ist im Bild 2.1 und Bild 2.2 dargestellt.

CAPITOLUL 2.

Noţiuni generale la aşchierea cu scule cu muchii aşchietoare definite

Clasificarea proceselor de prelucrare prin așchiere este prezentată în figurile 2.1 și 2.2.

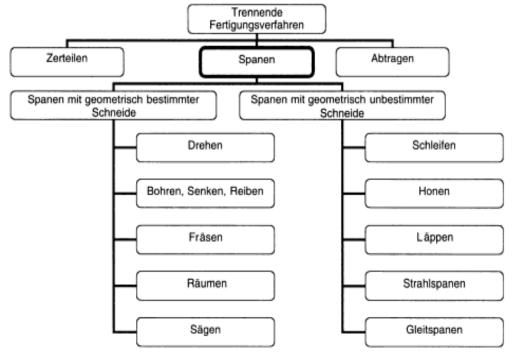


Abb. 2.1 Gliederung der spanenden Fertigungsverfahren / Clasificarea proceselor de prelucrare prin aşchiere [Wes 10]

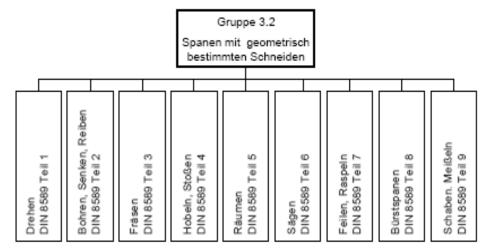


Abb. 2.2 Einteilung der Fertigungsverfahren Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden / Clasificarea proceselor de aşchiere cu scule cu muchii aşchietoare definite

Die Verfahren des Spanens mit geometrisch bestimmten Schneiden waren zur Fertigbearbeitung von Werkstücken nach Ur- und Umformen eingesetzt. Dabei sind geringe Form-, Lage- und Maßtoleranzen erreichbar.

Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden

ist Spanen, bei dem ein Werkzeug verwendet wird, dessen Schneideanzahl, Geometrie der Schneidkeile und Lage der Schneiden zum Werkstück bestimmt sind. Hierbei waren, von einem Werkstück, Werkstoffschichten in Form von Spänen zur Änderung der Werkstückform und/oder der Werkstückoberfläche mechanisch abgetrennt.

2.1 Kinematik und Geometrie des Zerspanvorganges

Die Bewegungen bei einem Spanungsvorgang sind Relativbewegungen zwischen Werkzeugschneide und Werkstück. Dabei ist zu unterscheiden zwischen solchen Bewegungen, die unmittelbar das Entstehen von Spänen bewirken (Wirkbewegung, Schnittbewegung und Vorschubbewegung), und solchen, die nicht unmittelbar am Entstehen von Spänen beteiligt sind (Anstell-, Zustell-, Nachstell-, Austell- und Rückstellbewegung).

Die Bewegungen können **gerade, kreisförmig** oder **beliebig** sein. Es sind Bewegungen an der Wirkstelle, die durch die Werkzeugmaschine erzeugt werden.

Unmittelbar entstehen Späne durch die Wirkbewegung, die sich meist aus einer Schnittbewegung und einer Vorschubbewegung zusammensetzt, nach einer vorangegangenen Zustellbewegung. Die Bewegungsrichtungen sind dabei momentane Richtungen der Bewegungen im ausgewählten Schneidenpunkt (Abb. 2.3).

Procesele de prelucrare prin aşchiere cu scule cu muchii aschietoare definite au fost implementate ca prelucrare finală semifabricatelor după **semifabricare** și deformare plastică. Aceste procedee permit obținerea unor toleranțe dimensionale, de formă și de poziție mici.

Așchierea cu scule cu muchii așchietoare definite este procesul de așchiere la care se utilizează o sculă la care următoarele mărimi sunt bine definite: numărul de muchii așchietoare, geometria tăişurilor și poziția sculei în raport cu semifabricatul. De pe suprafața semifabricatului sunt îndepărtate mecanic, sub formă de așchii, straturi de material în scopul modificării formei (dimensiunilor) semifabricatului și/sau calității suprafeței.

2.1 Cinematica şi geometria procesului de aşchiere

Mişcările realizate în timpul unui proces de aşchiere sunt mişcări relative între tăişurile sculei şi semifabricat. Trebuie diferențiate în acest sens acele mişcări care determină nemijlocit formarea aşchiilor (mişcarea rezultantă, mişcarea principală şi mişcarea de avans) şi acele mişcări care contribuie indirect (mişcarea de poziționare/ reglarea adâncimii de aşchiere, mişcarea de retragere).

Mişcările pot fi **liniare**, **circulare** sau realizate pe o **direcţie oarecare**. Mişcările obţinute în zona de aşchiere sunt generate de maşina-unealtă.

Așchiile rezultă nemijlocit prin mişcarea rezultantă, obținută prin combinarea mişcării principale și a mişcării de avans, după reglarea adâncimii de așchiere. Direcțiile de mişcare sunt direcțiile instantanee ale mişcărilor în punctul considerat de pe muchia așchietoare (Fig. 2.3).

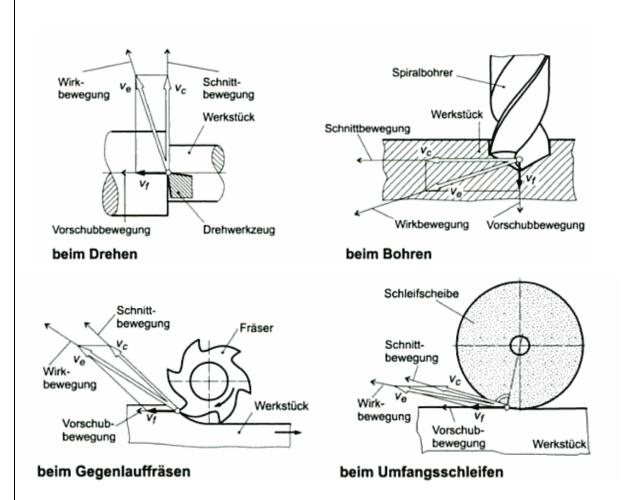


Abb. 2.3 Bewegungen zwischen Werkzeugschneide und Werkstück (Richtungen der Schnitt-, Vorschub- und Wirkbewegungen) / Mişcări relative semifabricat – sculă aşchietoare (Direcţiile mişcărilor de aşchiere, de avans, rezultantă) [GYE 04]

Die **Wirkbewegung** is die resultierende Bewegung aus Schnitt- und gleichzeitige ausgeführter Vorschubbewegung. Erfolgt keine gleichzeitige Vorschubbewegung (z.B. beim Stoßen), dann ist die Schnittbewegung auch die Wirkbewegung. In diesem Zusammenhang sind folgende **Geschwingidkeiten** für den Spanungsvorgang von Bedeutung:

- Schnittgeschwindigkeit **v**_c
- Vorschubgeschwindigkeit v_f,
- Wirkgeschwindigkeit v_{e.}

Beim Zerspanprozeß werden Werkstückformen durch die **Geometrie des Werkzeuges** und/oder durch die **Relativbewegungen** zwischen Werkzeug und Werkstück erzeugt.

Mişcarea rezultantă se obţine prin combinarea mişcărilor principală şi de avans, realizate simultan. În cazul în care mişcarea de avans nu se realizează simultan (de ex. la rabotare), mişcarea principală de aşchiere este totodată şi mişcare rezultantă. Aşadar, într-un proces de prelucrare prin aşchiere sunt relevante următoarele viteze:

- viteza de aşchiere, v_c
- viteza de avans, v_f
- viteza rezultantă, v_e.

La așchiere forma piesei este generată prin **geometria sculei** și/sau prin **mișcările relative** între sculă și semifabricat.

Folgende Begriffe der **Kinematik** des Zespanvorganges werden nach DIN 6580 definiert:

- Schnittbewegung,
- Schnittgeschwindigkeit,
- Schnittweg,
- Vorschubbewegung,
- Vorschubgeschwindigkeit,
- Vorschubweg,
- Wirkbewegung.

Im **Bild 2.4.** sind die wichtigsten **Begriffe** der **Kinematik** und der **Geometrie** des Zerspanvorganges beim Drehen wiedergegeben. Sie werden bei jedem Fertigungsverfahren wiederholt behandelt und in den Berechnungen integriert.

Următoarele noţiuni referitoare la **cinematica** procesului de aşchiere sunt definite cf. DIN 6580:

- mişcarea principală de aşchiere,
- viteza de aşchiere,
- traiectoria mişcării de așchiere,
- mişcarea de avans,
- viteza de avans,
- traiectoria mişcării de avans,
- mişcarea rezultantă.

În figura 2.4 sunt reprezentate cele mai importante noţiuni legate de cinematica şi geometria procesului de aşchiere în cazul strunjirii. Ulterior aceşti termeni sunt analizaţi în cazul fiecărui proces de prelucrare şi integraţi în calculele specifice.

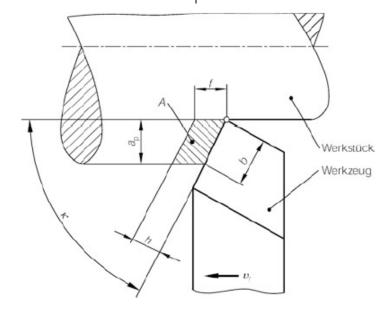


Abb. 2.4 Wichtigste Begriffe der Kinematik und der Geometrie des Zespanvorganges beim Drehen / Noţiuni privind cinemaica şi geometria procesului de aşchiere la strunjire [DEA 92]

Die Schnittfläche ist die am Werkstück von der Schneide momentan erzeugte Fläche.

Der Vorschub f ist der Vorschubweg je Umdrehung oder je Hub.

Der Zahnvorschub *fz* ist der Vorschubweg zwischen zwei unmittelbar nacheinander enstehenden Schnittflächen, d.h. der Vorschub je Zahn oder je Schneide.

Die Schnitttiefe ap ist die Tiefe des Eingriffs der

Suprafaţa de aşchiere este suprafaţa instantanee generată cu ajutorul sculei.

Avansul *f* este distanţa parcursă la fiecare rotaţie sau la fiecare cursă completă.

Avansul pe dinte f_z este distanţa pe direcţia mişcării de avans între două suprafeţe generate consecutiv, aşadar avansul pe dinte sau pe muchia aşchietoare.

Adâncimea de așchiere a_p este adâncimea de

Hauptschneide, senktrecht zur Arbeitsebene gemessen.

Die Spanbreite b ist die Breite des abzunehmenden Spans senkrecht zur Schnittrichtung, gemessen in der Schnittfläche.

Die Spanungsdicke *h* ist die Dicke des abzunehmenden Spans senkrecht zur Schnittrichtung, gemessen in der Schnittfläche.

Der Spanungsquerschnitt A ist der Querschnitt des abzunehmenden Spans senktrecht zur Schnittrichtung.

2.2 Werkzeuggeometrie für den Spanen mit geometrisch bestimmte Schneidplatte

Die Begriffe über Bezugsysteme und Winkel am Schneidteil des Werkzeuges gelten für alle spanenden Fertigungsverfahren mit geometrisch bestimmten Schneide.

pătrundere a muchiei așchietoare principale, măsurată perpendicular pe suprafaţa de lucru.

Lăţimea de aşchiere b este lăţimea aşchiei îndepărtate, perpendicular la direcţia de aşchiere, măsurată pe suprafaţa aşchiată.

Grosimea așchiei *h* este grosimea așchiei îndepărtate perpendicular la direcţia de așchiere, măsurată pe suprafaţa așchiată.

Secţiunea transversală a aşchiei A este secţiunea aşchiei măsurată perpendicular pe direcţia de aşchiere.

2.2 Geometria sculei la așchierea cu scule cu muchii așchietoare definite

Noţiunile legate de sistemul tehnologic şi geometria (unghiurile) muchiilor sculei sunt valabile pentru toate procesele de prelucrare cu scule cu muchii aşchietoare definite.

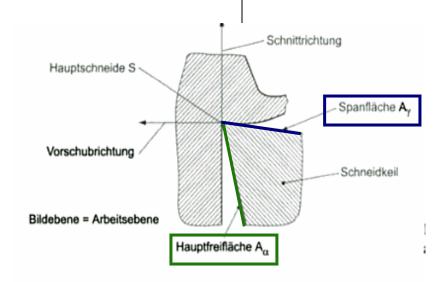


Abb. 2.5 Schneidkeil am Zerspanwerkzeug / Vârful sculei aşchietoare [DEA 92]

Schneidkeil ist ein durch Spanfläche und Freifläche gebildeter Keil am Schneidteil. Durch Relativbewegungen zwischen Werkzeug und Werkstück entstehen am Schneidkeil die Späne.

Tăişul sculei este format de **suprafeţele** de **degajare** şi **aşezare** ale sculei. Prin mişcările relative dintre sculă şi semifabricat se formează aşchiile pe tăişurile sculei.

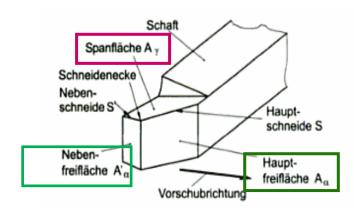


Abb. 2.6 Schneiden und Flächen am Schneidteil des Drehmeißels / Muchiile şi suprafeţele cuţitului de strunjit [DEA 92]

Spanfläche A_{γ} ist die Fläche am Schneidkeil, auf der der Span abläuft.

Freifläche A_{α} ist die Fläche am Schneidkeil, die der enststehenden Schnittfläche zugekehrt ist.

Standbegriffe. Unter den Standbegriffe werden die Standbedingungen, Standkriterien, Standgrößen und das Standvermögen verstanden (**Tabelle 2.1**)

Suprafaţa de degajare A_{γ} este suprafaţa sculei pe care are loc "curgerea" aşchiei.

Suprafaţa de aşezare A_{α} este suprafaţa sculei opusă suprafeţei prelucrate a semifabricatului.

Noţiunile de stare sunt acele noţiuni care se referă la condiţii, criterii, mărimi de stare şi posibilităţi de prelucrare (**Tabelul 2.1**).

Tabelle 2.1

Standbedingungen						
am Werkzeug	am an der Werkstück Werkzeugmaschine		beim Zerspanvorgang	der Umgebung		
z.B.: Form, Schneidengeomet rie, Schneidstoff	z.B.: Gestalt, Werkstoff	z.B.: dynamische und statische Steifigkeit	z.B.: Kinematik, Schneideneingriff	z.B.: thermische Randbedingungen, Kühlschmierung		

2.3 Werkzeugverschleiß

Beim Zerspanen nutzt sich die Schneide des Werkzeuges durch **Reibung** (Adhäsion, Abrasion), **Oxidation** und **Difussion** bei hohen Temperaturen ab.

Dadurch wird die Schneidengeometrie verändert. Oberflächengüte und Maßhaltigkeit des Werkstücks nehmen ab (Abb 2.7).

2.3 Uzura sculei

La așchiere se produce o uzare muchiilor așchieroare prin **frecare** (adeziune, abrazare), **oxidare** și **difuziune** la temperaturi înalte. Acest fenomen conduce la modificarea geometriei muchiei așchietoare iar calitatea suprafeței prelucrate și posibilitățile de menținere a preciziei dimensionale scad (Fig. 2.7).

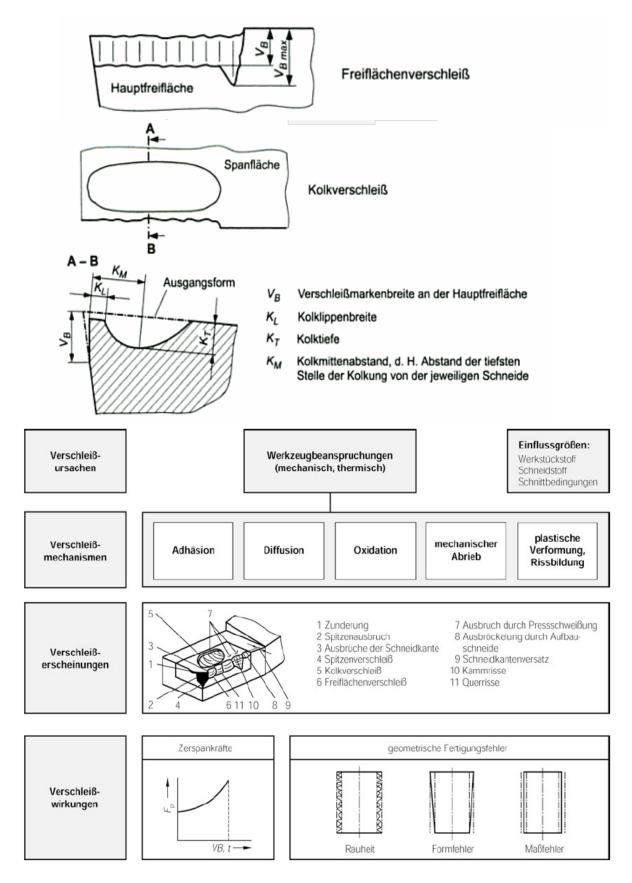


Abb. 2.7 Verschleißgrößen am Drehmeißel / Uzura cuţitului de strunjit [KOE 07]

Am einfachsten ist der Verschleiβ an den Freiflächen von Haupt- und Nebenschneide messbar. Die Ausdehnung der Verschleiβfläche in Schnittrichtung wird Verschleiβmarkenbreite VB genannt. Als Richtswerte für maximal zulässigen Verschleiβ in der Praxis Werte für VB von 0,2...1mm empfohlen.

Sonstige Auswirkungen an der Schneidkante:

- Ausbrüche (bei hoher v_c),
- Querrisse (bei unterbrochenem Schnitt, z.B. beim Fräsen),
- Kammrisse (thermische Beanspruchung),
- Platische Verformung.

2.4 Standzeit

Die Standzeit *T* ist die Zeit, die die Schneide bis zum nötigen Nachschleifen spanend im Eingriff ist. Sie ist z.B. erreicht, wenn durch die zunehmende Verschleißmarkenbreite VB die geforderte Rautiefe und die zulässige Maßtoleranz nicht mehr eingehalten werden können. Wichtige Einflussgrößen sind:

- Schnittgeschwindigkeit v_c.
- Werkstoff/ Schneidstoff-Paarung,
- Spanungsquerschnitt A,
- Kühlschmierung.

Beispiel für die Standzeitangabe:

 $T_{VB0,2;150}$ = 45 min

T - Standzeit = Standgröße (45 min)

VB – Verschleißmarkenbreite,Standkriterium (0,2 mm)

 v_c - Schnittgeschwindigkeit, Standbedingungen (150 m/min)

In der betrieblichen Praxis werden auch **Kriterien**, **analog** zur Standzeit verwendet:

- **Standweg**, z.B. 2500 mm (bei langen Bearbeitungswegen) und,
- Standmenge, z.B. 80 Werkstücke

Cel mai uşor de determinat sunt uzura pe suprafeţele de aşezare ale muchiilor principale şi secundare ale sculei. Mărimea uzurii în direcţia de aşchiere este denumită lăţimea zonei de uzură. Ca valori maxime admisibile ale uzurii VB se recomandă în practică 0,2...1 mm.

Alte efecte secundare ale uzurii, care se manifestă pe muchiile așchietoare, sunt:

- rupere (la viteze mari de aşchiere v_c),
- fisuri transversale (la aşchierea discontinuă, de ex. la frezare),
- fisuri multiple (solicitări termice),
- deformații plastice.

2.4 Durabilitatea sculei

Durabilitatea sculei *T* reprezintă timpul în care muchia așchietoare a sculei se găsește în așchiere până la următoarea reascuţire. Durabilitatea sculei este atinsă atunci când datorită creșterii uzurii sculei nu se mai pot obţine nici rugozitatea dorită, nici precizia dimensională impusă suprafeţei prelucrate. Principalii parametrii de influenţă sunt:

- viteza de așchiere v_c,
- cuplul de materiale sculă-semifabricat,
- secțiunea transversală a așchiei A,
- ungere și răcire.

Exemplu pentru indicarea durabilității:

 $T_{VB\ 0.2:150} = 45 min$

T - Durabilitatea, mărime de stare (45 min)

VB - mărimea uzurii, crieriu de stare (0,2 mm)

 v_c - viteza de așchiere, condiție de stare 150 m/min.

În practică se utilizează și alte **criterii analoage** cu durabilitatea sculei:

- distanţa parcursă de tăişul sculei, de ex. 2500 m (pentru lungimi mari de aşchiere) şi
- volumul de piese prelucrate, de ex. 80 semifabricate.

Standzeiten (auch Standwege, Standmengen) werden in der Praxis mit Zerspanungsversuchen ermittelt. Um günstige Werte zu erreichen, müssen Werkzeug, Werkstück, Werkzeugmaschine und die Umgebung aufeinander abgestimmt werden.

Zur rechnerischen Ermittlung der Standzeit wird eine mathematische Beziehung herangezogen:

$$v_c = C \cdot T^{\frac{1}{k}}$$

C – Achsenabschnitt der Standzeitgeraden
 mit der Schnittgeschwindigkeit, bei der die
 Standzeit 1 Minute erreicht wird.

k – Steigung der Standzeitgeraden

T – Standzeit; die Bearbeitungszeit, bis ein bestimmtes Verschleißkriterium erreicht ist.

Diese mathematische Kurve wird im doppelt logarithmischen Maßstab zur Geraden (Taylorgeraden)aufgetragen. Sie berechent sich aus:

$$\log v_c = \log C + 1/k \cdot \log T$$

Die Werte k und C müssen **experimentell** ermittelt werden. Diese Formel bietet ein mathematisches Modell, das die Zusammenhänge nicht exakt, aber für die Praxis einfach und ausreichend genau darstellt. Die ermittelten Werte gelten nur in einem eingegrenzten Schnittgeschwindigkeitsbereich.

2.5 Zerspanbarkeit von Werkstoffen

Eine gute **Zerspanbarkeit** ist die Eigenschaft eines Werkstoffs, sich unter gegebenen Bedingungen vorteilhaft spanend bearbeiten zu lassen. Man spricht von **einer guten Zerspanbarkeit**, wenn:

- die Zerspankraft und damit die erforderliche Antriebsleistung klein ist,
- die Schneide eine lange Standzeit aufweist,
- sich eine geeignete Spanform ergibt,

Toate aceste criterii de apreciere a uzurii se determină în practică prin încercări. Pentru a obţine valori favorabile ale durabilităţii trebuie corelate alegerea sculei, a semifabricatului şi a maşinii-unelte.

Pentru determinarea analitică a durabilității se utilizează următoarea ecuație:

$$v_c = C \cdot T^{\frac{1}{k}}$$

 C - intersecţia axelor dreptei durabilităţii cu viteza de aşchiere, la care se atinge o durabilitate de 1 minut,

k - panta curbei durabilității,

 T – durabilitatea; durata de prelucrare până la care este atins un anumit criteriu de uzură.

Această curbă matematică este trasată în scară dublu logaritmică. Se calculează astfel:

$$\log v_c = \log C + 1/k \cdot \log T$$

Valorile k şi C trebuie determinate **experimental**. Această formulă oferă un model matematic, care nu prezintă corelația exactă dintre acei parametri, însă din punct de vedere practic este simplă şi suficient de precisă. Valorile obținute sunt valabile doar într-un interval limitat al vitezelor de așchiere.

2.5 Aşchiabilitatea materialelor

O bună **aşchiabilitate** este o proprietate a unui material, care în anumite condiţii date poate fi prelucrat avantajos (cu rezultate bune). Se vorbeşte de **o bună aşchiabilitate** atunci când:

- forțele de așchiere şi implicit puterea necesară sunt mici,
- muchiile sculei au o durabilitate îndelungată,
- rezultă o formă corespunzatoare a așchiilor,

- die erziehlte Oberfläche gut ist und
- in kurzer Zeit ein großes Materialvolumen zerspant werden kann.
- ✓ Zerspanbedingungen, resultierend aus den Eigenschaften des Werkstücks, sind:
- chemische Zusammensetzung (Spanbruch),
- Wärmebehandlung (Gefügeart),
- Festigkeit und Härte (Korngröße und Form),
- Walzrichtung (Faserorientierung) und
- Oberflächenzustand (verzundert, verfestigt).
- ✓ Zerspanungsbedingungen, resultierend aus dem Zerspanungsprozess sind:
- Schneidengeometrie und Schneidstoff,
- Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und Schnitttiefe,
- Kühlschmierung und Einspannung von Werkzeug und Werkstück.

Je nach Einsatzfall hat eines oder anderes Merkmal eine höhere Bedeutung. Beim Schlichten z.B. interessiert mehr die Oberfläche, beim Schruppen mehr das Zeitspannungsvolumen, bei Drehautomaten mehr Spanform und damit der sichere Späneabtransport und die Standzeit.

- calitatea suprafețelor prelucrate este bună și
- într-un interval scurt de timp este așchiat un volum mare de material.
 - ✓ Condiţiile de aşchiere, dictate de proprietăţile semifabricatului, sunt:
- compoziție chimică (fragmentarea așchiilor),
- tratament termic (structura materialului),
- rezistenţă şi duritate (dimensiunea şi forma grăunţilor),
- direcţia de laminare (orientarea fibrelor de material) şi
- starea suprafețelor (calită, durificată).
- ✓ Condiţiile de aşchiere, dictate de procesul de aşchiere, sunt:
- geometria și materialul muchiei așchietoare,
- viteza, avansul, adâncimea de aşchiere,
- ungerea şi răcirea, modul de fixare al sculei şi al semifabricatului.

În funcție de situația concretă, una sau alta dintre aceste condiții pot fi semnificative. De ex., la finisare este importantă calitatea suprafețelor, în timp ce la degroșare contează mai mult volumul de material îndepărtat, iar la echipamentele automate mai degrabă forma așchiilor, implicit un transport sigur al așchiilor și durabilitatea sculei.

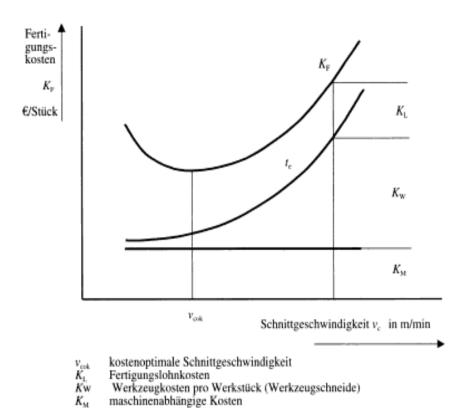


Abb. 2.8 Abhängigkeit der Fertigungskosten K_F je Werkstück von der Schnittgeschwindigkeit v_c /
Corelația costurilor de fabricație /bucată cu viteza de așchiere [WES 10]

Die kostenoptimale Standzeit T_{ok} berechnet sich:

$$T_{ok} = (-k-1) \cdot [t_w + (K_W / K_{ML})]$$

 K_W - Werkzeugkosten (pro Werkzeugschneide)

K_{ML} - Maschinen- und Lohnkosten pro Stunde

Die entsprechende kostenoptimale Schnittgeschwindigkeit v_{cok} errechnet sich mit Hilfe der Taylorgleichung:

$$v_{cok} = C \cdot T_{ok}^{1/k}$$

Bei dieser **Optimierung** sind nicht berücksichtigt:

- Loßgrößen, Durchlaufzeiten
- Gestaltung des Werkzeugwechsels, Voreinstellung und
- fertigungsgerechte Konstruktion.

Die wirtschaftliche Einsatz heutiger, meist teuerer, Bearbeitungszentren erfordert eine hohe Mengenleistung und damit hohe Schnittgeschwindigkeiten. Damit ergeben sich oft nur kurze Werkzeugstandzeiten.

Durabilitatea optimă a sculei din punct de vedere al costurilor se calculează astfel:

$$T_{ok} = (-k-1) \cdot [t_w + (K_W / K_{ML})]$$

 K_w - costul sculelor (pe muchie aşchietoare)

K_{ML} – costurile maşinii şi cu salariile pe oră

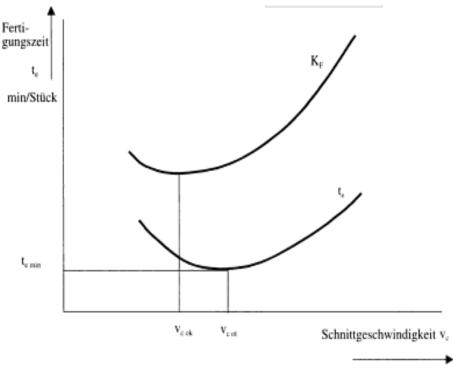
Viteza de așchiere corespunzătoare din punct de vedere al costurilor optime, v_{cok} se calculează cu ajutorul ecuației lui Taylor:

$$v_{c o k} = C \cdot T_{o k}^{1/k}$$

În această optimizare nu au fost avute în vedere:

- dimensiunea loturilor de fabricaţie,
- schimbarea sculelor, prereglare
- proiectare pentru fabricaţie.

Utilizarea economică a centrelor de prelucrare, în prezent scumpe, necesită un consum mare de putere şi, astfel, viteze de așchiere mari. Din aceasta cauză durabilitatea sculelor va fi adesea redusă.



v_{c ok} kostenoptimale Schnittgeschwindigkeit

v. zeitoptimale Schnittgeschwindigkeit

t. minimale Fertigungszeit

Abb. 2.9 Abhängigkeit der Fertigungszeit t_c und der Fertigungskosten K_F je Werkstück von der Schnittgeschwindigkeit v_c / Corelaţia timpului de prelucrare şi a costurilor de fabricaţie/bucată cu viteza de aşchiere [Wes 10]

2.6. Spanbildung

Durch den eindringenden **Schneidkeil** wird der Werkstoff zunächst gestaucht, verfestigt und dann als Span abgetrennt. Er gleitet über die Spanfläche des Schneidkeiles ab.

Die Kenntnis der Spanbildung ist für die Prozessautomatisierung und Verschleißbeherrschung eine wichitge ökonomische Größe.

Für die Beschreibung der komplexen Zusammenhänge existieren unterschiedliche Spanbildungstheorien. Die Beschreibung der Spanbildung nach Warnecke mittles 4 Zonen, ist eine Möglichkeit, die den wirklichen Verhältnissen sehr nahe kommt (Abb. 2.10).

2.6 Formarea aşchiilor

Sub acţiunea **tăişurilor sculei**, materialul semifabricatului este mai întâi deformat, ecruisat, apoi îndepărtat sub formă de aşchie. Aceasta alunecă pe fața de degajare a sculei.

Cunoașterea modului de formare a așchiilor reprezintă un aspect economic important pentru automatizarea procesului de prelucrare și pentru controlul fenomenului de uzare al sculei.

Pentru descrierea proceselor complexe există diferite teorii de formare a așchiilor. Descrierea formării așchiilor, conform Warnecke, cu ajutorul celor 4 zone, este una dintre modalități, care aproximează destul de exact comportamentul real al materialului (Fig. 2.10).

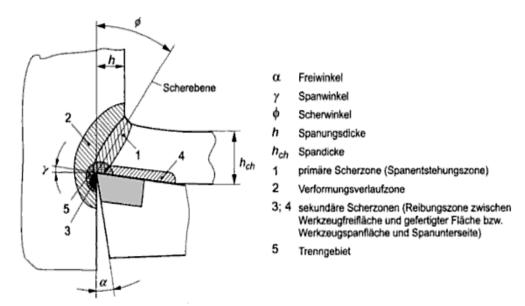


Abb. 2.10 Spanbildungsmodell / Modelul de formare a așchiei [TOE 11]

Günstige Spanformen, z.B. kurze Wendelspäne, können durch Schneidplatten mit aufgesetztem Spanformer erreicht werden. Die Spanform und Spanablaufrichtung kann durch die Geometrie der Spanformstufe beeinflusst werden.

Die Spanbildung wird sehr stark von den Einflussgrößen wie Werkstückwerkstoff, Schneidstoff, Spanwinkel, Zerspantemperaturen beeinflusst.

Nach ihrer Entstehung unterscheidet man im Wesentlichen gemäß Abb. 2.11 und Tabelle 2.2 vier Spanarten:

- Reiß- oder Bröckelspäne,
- · Scherspäne,
- Lamellenspäne,
- Fließspäne.

Reiß- bzw. Bröckelspäne treten vorwiegend bei spröden Werkstückstoffen auf, z.B. bei Eisengusswerkstoffen und Bronzen, und haben meist sehr schlechte Oberflächen zur Folge. Beim Drehen mit einer Schnittgeschwindigkeit von v_c <10 m/min und negativen Spanwinkeln können Reißspäne z. B. auch bei Baustählen entstehen.

Forme favorabile ale așchiilor, de ex. așchii spirală scurte, pot fi obţinute prin utilizarea unor plăcuţe cu fragmentator de așchii. Forma așchiilor și direcţia lor de curgere pot fi influenţate prin geometria fragmentatorului de așchii.

Formarea așchiilor este puternic influențată de diferiți factori ca: materialul semifabricatului, materialul sculei, unghiul de degajare și temperaturile de așchiere.

După modul de formare, se disting în mod esenţial patru tipuri de aşchii conform **figurii 2.11** şi **tabelului 2.2**:

- · fragmentate,
- · de forfecare
- lamelare
- · de curgere

Aşchiile fragmentate rezultă de regulă la prelucrarea materialelor fragile, de ex., fontă sau bronz, şi rezultă, de obicei, suprafeţe cu o slabă calilate. La strunjirea cu viteze de aşchiere de v_c <10 m/min și unghiuri de degajare negative, pot rezulta de asemenea aşchii fragmentate, de ex. la prelucrarea oţelurilor de construcţii.

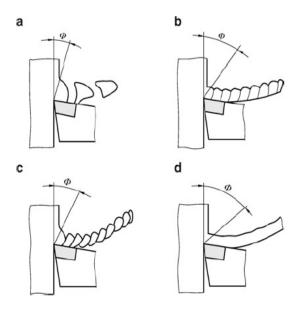


Abb. 2.11 Spanformen Spanarten: **a-** Reißspan, **b-**Scherspan, **c-**Lamellenspan, **d-**Fließspan / Forme de aşchii: a- fragmentate, b-de rupere c-lamelare d-de curgere [Wes 10]

Tabelle 2.2 Spanarten und ihre Auswirkungen

Spanform		Spanraum- zahl R	Beurteilung	
Bandspäne			ungünstig	
Wirrspäne		≥90		
Wendel-	lulli	≥ 50	brauchbar	
späne	kurz P	≥ 25		
Spiralspäne	6	≥8	gut	
Spanbruch- stücke	\$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$	≥3	brauchbar	

Scherspäne sind je nach Werkstückstoff in einem Schnittgeschwindigkeitsbereich von 20 bis 80 m/min zu erwarten. Die Spanteile werden in der Scherzone vollkommen voneinander getrennt und verschweißen unmittelbar danach wieder.

Fließspäne entstehen beim Drehen von Baustählen mit einer Schnittgeschwindigkeit von ungefähr $v_c = 80$ m/min. Der Werkstoff beginnt im Bereich der Scherzone kontinuierlich zu fließen. Die einzelnen Spanlamellen verschweißen sehr stark untereinander und sind i.Allg. mit bloßem Auge nicht mehr wahrnehmbar.

Lamellenspäne sind Fließspäne mit ausgeprägten Lamellen, die durch Verfestigung des Werkstückstoffs während des Schervorgangs entstehen. Sie entstehen bei nicht zu zähen Werkstückstoffen mit ungleichmäßigem Gefüge und größeren Spanungsdicken.

2.7 Spankräfte und -leistungen

Die Kräfte beim Spanen werden auf das Werkstück wirkend betrachtet und definiert. Sie sind in dem folgenden Bild (Abb 2.12) als Reaktionskräfte eingezeichnet, um die geometrischen Verhältnisse besser darzustellen.

Es gilt generell, dass gleichgroße Kräfte immer auch auf das Werkzeug wirken. Die Kräfte werden in einem Schneidepunkt angreifend angenommen. Das kann die Schneidenecke oder auch ein auf der Schneide angenommener Schneidebezugspunkt sein.

Die Zerspankräfte sind von Bedeutung für:

- die Auslegung der Maschinenantriebe,
- die Gestellauslegung bzw. die -vervormungen,
- den Energie- und Leistungsbedarf,
- die elastischen Verformungen von Werkstück und Werkzeug,
- notwendige Werkstück- und Werkzeugspannungen.

În funcţie de materialul semifabricatului, **aşchii de forfecare** apar de regulă la prelucrarea cu viteze de aşchiere cuprinse între 20 şi 80 m/min. Fragmentele de aşchii sunt complet separate unele de celelalate în zona de forfecare şi se sudează imediat după aceea.

Aşchiile de curgere se obţin la strunjirea oţelurilor de construcţii cu viteze de aşchiere de aproximativ $v_c = 80 \text{ m/min}$. Materialul începe să curgă continuu în zona de forfecare. Aşchiile lamelare individuale sunt foarte apropiate unele de altele şi, în general, nu mai sunt perceptibile cu ochiul liber.

Așchiile lamelare sunt așchii de curgere continue cu lamele pronunțate cauzate de ecruisarea materialului piesei de prelucrat în timpul procesului de forfecare. Acestea rezultă la prelucarea materialelor ai puţin ductile, cu structură neuniformă și grosimi mari de așchiere.

2.7 Forțe și puteri de așchiere

Forțele de așchiere sunt analizate și definite din punct de vedere al acţiunii acestora asupra semifabricatului. În figura 2.12 acestea sunt marcate ca forțe de reacţie, pentru o mai bună reprezentare geometrică.

În general, forțe cu valori egale acționează întotdeauna și asupra sculei. Se consideră că forțele acționează într-un anumit punct al muchiei așchietoare. Acesta poate fi, fie vârful sculei, fie un alt punct pe muchia așchietoare.

Forțele de așchiere sunt importante pentru:

- Stabilirea modului de acţionare al maşinii,
- Amplasarea plăcii de bază şi deformaţiile ei,
- Necesarul de energie şi putere,
- Deformaţiile elastice ale semifabricatului şi sculei,
- Fixarea semifabricatului şi a sculei.

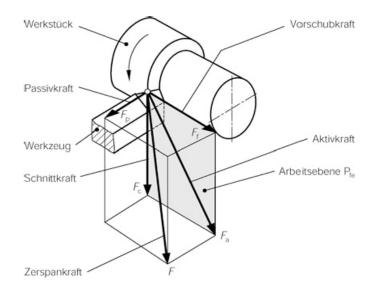


Abb. 2.12 Komponenten der Zerspankraft beim Drehen (ϕ =90°) / Componentele forţei de aşchiere la strunjire [DEA 92]

• Zerspankraft F

Die Zerspankraft F ist die bei einem Zerspanungsvorgang von einem Schneidkeil auf das Werkstück wirkende Gesamtkraft. Sie kann in verschiedene Komponenten zerlegt werden. Von besonderer Bedeutung sind die die auf Arbeitsebene die Schnittund auf und Vorschubrichtung bezogenen Komponenten (Abb. 2.12).

Die Zerspankraft kann zunächst in Komponenten in der Arbeitsebene (Aktivkraft F_a) und senktrecht zur Arbeitsebene (Passivkraft F_p) zerlegt werden. Andere Zerlegung führt zur Vorschubkraft (F_t).

Aktivkraft Fa

Die Aktivkraft F_a ist die Komponente der räumlich wirkenden Zerspankraft F, die in der Arbeitsebene wirkt. Sie heißt Aktivkraft, weil mit ihren Komponenten die Leistungen beim Spanen erzeugt werden.

Pasivkraft F_p

Die Pasvkraft F_p ist die Komponente der Zerpsankraft F, die senkrecht zur Arbeitsebene wirkt. Sie heißt deshalb Passivkraft, weil sie nicht an den Leistungen beim Spanen beteiligt ist.

• Forţa de aşchiere F

Forţa de aşchiere F este forţa totală cu care în timpul unui proces de aşchiere scula aşchietoare acţionează asupra semifabricatului. Aceasta poate fi descompusă în mai multe componente. Importante sunt acele componente, care acţionează asupra suprafeţei de lucru, pe direcţia de aşchiere şi pe direcţia mişcării de avans (Fig. 2.12).

Forţa de așchiere poate fi mai întâi descompusă în două componente: **forţa activă** (F_a) în planul de lucru şi **forţa pasivă** (F_p) într-un plan perpendicular. O altă descompunere este posibilă în direcţia mişcării de avans $(F_f$ **forţa de avans**).

Forța activă Fa

Forţa activă F_a este componenta forţei de aşchiere spaţiale F, care acţionează în planul de lucru. Are denumirea de forţă activă deoarece prin componentele sale generează consumul de putere în timpul aşchierii.

Forţa pasivă Fp

Forța pasivă F_p este componenta forței de așchiere spațială F, care acționează perpendicular pe planul de lucru. Ea se numește forță pasivă deoarece nu infleuțează consumul de putere în timpul așchierii.

Für die kräftemäßige Auslegung von Werkzeug und Werkzeugmaschine ist sie allerdings ebenfalls wichtig.

Die Schnittkraft wird umso größer je:

- größer die Schnitttiefe ap
- größer der Vorschub f,
- größer die spezifische Schnittkraft k_c (widerstandfähiger der Schneidstoff)
- kleiner der Freiwinkel α
- kleiner Spanwinkel γ
- kleiner Neigungswinkel λ
- stärker der Werkzeugverschleiß und
- geringer die Schmierung.

Außerdem ist die Schnittkraft \mathbf{F}_c abhängig vom Zerspanunsverfahren (Drehen, Bohren, usw.) und vom Werkzeugschnedienmaterial (HSS, Hartmetall, usw.)

Hauptnutzungszeit

Die benötigten Bearbeitungszeiten in der Fertigung sind bedeutend hinsichtlich

- der Werkzeugmaschinen (hohe Kapazitätnutzung)
- des Umlaufmaterials in der Produktion (kurze Durchlaufzeit) und
- des Menschen (hoher Lohn und hohe Produktivität).

Dazu muss die **Bearbeitungszeit** für ein Werkstück \emph{t}_{e} hinsichtlich ihrer Zeitanteile verkürzt werden:

- Hauptnutzungszeit t_h Bearbeitung des Werkstücks, Werkzeug im Eingriff,
- Nebennutzungszeit t_n Werkstückwechsel, Werkzeugschneidenwechsel, usw.
- Rüstzeit t_t Vorbereitung der Maschine auf die Fertigung eines Loses, wie Vorrichtungeinbauen, Werkzeuge und Material bereitsstellen. Die Rüstzeit erfordert besondere

Din punct de vedere al interpretării forțelor de așchiere la sculă și mașina-unealtă sunt importante și forțele pasive.

Componenta principală a forței de așchiere este cu atât mai mare cu cât:

- adâncimea de aşchiere ap este mai mare,
- avansul f este mai mare,
- forţa de aşchiere specifică k_c este mai mare (rezistenţa materialului sculei),
- unghiul de aşezare α este mai mic,
- unghiul de degajare γ este mai mic,
- unghiul de înclinare λ este mai mic,
- uzura sculei este mai intensă,
- ungerea este mai puţin favorabilă.

Suplimentar, componenta principală a forței de așchiere F_c depinde de procesul de așchiere (strunjire, găurire, etc.) și de materialul sculei (oțel rapid, metale dure, etc).

• Timpul de bază

Timpul de prelucrare necesar în procesele de fabricaţie este important pentru:

- Maşinile-unelte (utilizare maximă a capacității),
- Fluxul materialelor în procesul de producţie (cicluri scurte de producţie) şi
- Muncitorii (salarii şi productivitate mari).

Astfel durata de prelucrare pentru un reper (**norma de timp** /semifabricat) t_e trebuie redusă prin diminuarea componentelor sale:

- Timp de bază t_h prelucrarea propriu-zisă a semifabricatului, scula se găseşte în aşchiere,
- Timp auxiliar t_n schimbarea semifabricatului, schimbarea plăcuţelor sculelor etc.,
- Timp de pregătire-încheiere pregătirea maşiniiunelte pentru prelucrarea unui lot de fabricaţie, pregătirea dispozitivelor şi echipamentelor auxiliare, a sculelor, materialelor. Trebuie să i se acorde o atenţie

Beachtung, um flexibel auf Serien- und Losgrößenwechsel reagieren zu können.

• Leistungsbedarf

Die Schnittkraft und die Schnittgeschwin-digkeit sind die Ausgangsgrößen zur:

- Ermittlung der Schnittleistung,
- Berechnung der Antriebsleistung und
- Beurteilung der Produktivität für den Zerspanungsvorgang.

Schnittleistung

$$P_c = F_{c} \cdot v_c$$
 [kW]

F_c - Schnittkraft

v_c - Schnittgeschwindigkeit

Für die Berechnung von F_c wird ein arbeitsscharfes Werkzeug vorausgesetzt. Während der gesamten Eingriffs- bzw. Bearbeitungszeit tritt zunehmend Verschleiß auf. Ein verschliessenes Werkzeug erhöht die Schnittkraft um 30 bis 50%.

Die Schnittleistung P_c wird umso größer je:

- höher die Schnittgeschwindigkeit v_c
- kürzer die Hauptnutzungszeit t_h
- widerstandfähiger der Werkstoff und
- größer der Verschleiß.

Antriebleistung

$$P_a = P_c / \eta$$
, $\eta = \eta_a \cdot \eta_{el}$

η -Gesamtwirkungsgrad des Antriebs

 η_a - mechanischer Wirkungsgrad des Getriebes \approx 0,8

 η_{el} - Wirkungsgrad des Motors ≈ 0.9

2.8 Schneidstoffe

- Werkzeugstähle (WS) sind niedriglegierte
 Stähle (bis 5% Legierungsbestandteile), sie werden wegen ihrer niedrigen Warmhärte von ca.
 400 °C nur für einfachste Werkzeuge (z.B. Heimwerkzeuge) eingesetzt.
- Hochleistungsschnellstähle (HSS) sind hochlegiert (W-, Mo-, V-, Co-) Karbide, zäh, haben

specială pentru a asigura o flexibilitate corespunzătoare la modificarea mărimii seriilor şi loturilor de fabricație.

• Puterea necesară

Forţa de aşchiere şi viteza de aşchiere sunt variabile de ieşire ale procesului de aşchiere necesare pentru:

- Determinarea puterii de așchiere,
- Calculul puterii utile de lucru şi
- Evaluarea productivităţii procesului de prelucrare.

Puterea de așchiere

$$P_c = F_c \cdot v_c$$
 [kW]

 F_c – forța de așchiere

v_c - viteza de aşchiere

Pentru determinarea forței de așchiere F_c se folosește o sculă nouă (reascuţită). Pe durata prelucrării, când scula este în așchiere, se produce uzarea sculei. O sculă uzată determină o creștere a forței de așchiere cu 30-50%.

Puterea de aşchiere va fi cu atât mai mare cu cât:

- Viteza de așchiere v_c este mai mare,
- Timpul de bază th este mai scurt,
- Materialul semifabricatului este mai rezistent și
- Uzura sculei este mai mare.

Puterea utilă

$$P_a = P_c / \eta$$
, $\eta = \eta_a \cdot \eta_{el}$

 η – randamentul total al maşinii

 η_a – randamentul mecanic al maşinii ≈ 0.8

 η_{el} – randamentul motorului electric ≈ 0.9

2.8 Materiale de scule

- Oţelurile de scule (WS) sunt oţeluri slab aliate (până la 5% componente de aliere). Acestea pot fi utilizate doar pentru scule simple, datorită faptului că îşi menţin proprietăţile (duritatea) până la temperaturi de aproximativ 400 °C.
- Oţelurile rapide (HSS) sunt oţeluri înalt aliate
 cu W, Mo, V, Co, tenace, îşi menţin duritatea până

eine Warmhärte von ca. **600** °C und lassen deshalb Schnittgeschwindigkeiten bis **60 m/min** zu. Beispiele sind: Fräser, Bohrer, Räumwerkzeuge.

la temperaturi de 600 ℃ și permit astfel prelucrări cu viteze de până la 60 m/min. Exemple: freze, burghie, broșe.

Schneidstoffe	Eigenschaften					
	Vickershärte HV 30	Temperatur- beständigkeit	Druck- festigkeit	Biege- festigkeit	Dichte	Elastizitäts- modul
		°C	N/mm²	N/mm²	kg/dm³	10 ³ N/mm ²
Werkzeugstähle	700 bis 900	200 bis 300	2000 bis 3000	1800 bis 2500	7,85	220
Schnellarbeitsstähle	750 bis 1000	600 bis 800	2500 bis 3500	2500 bis 3800	8,0 bis 8,8	260 bis300
Stellite	670 bis 785	700 bis 800	2000 bis 2500	2000 bis 2500	8,3 bis 8,8	280 bis 300
Hartmetalle	1300 bis 1700	1100 bis 1200	4000 bis 5900	800 bis 2200	6,0 bis 15,0	430 bis 630
Schneidkeramik	1400 bis 2400	1300 bis 1800	2500 bis 4500	300 bis 700	3,8 bis 7,0	300 bis 400
Bornitrid	4500	1500	4000	600	3,45	680
Diamant	bis 7000	700	3000	300	3,5	900 bis 1000

Abb 2.13 Einteilung der Schneidstoffe und einige wichtige Eigenschaften / Clasificarea materialelor de scule şi proprietățile acestora [KOE 07]

Hartmetalle sind gesinterte Legierungen auf W-, Ti- oder Ta-Carbidsbasis mit Bindemetall (meist Co, Ni). Hartmetalle weisen große Härte, Verschleißfestigkeit und Warmfestigkeit (bis 1000 °C) auf. Sie werden in die Zerspanungshauptgruppen P, M, und K eingeteilt und sind empfindlich gegenüber Temperaturschwankun-gen. Kühlschmierung wird deshalb nur selten eingesetzt. Schnitt-geschwindigkeiten sind bis 350 m/min. Beispiele sind: Bohrer, Fräser und Räumwerkzeuge.

Zähigkeit und der Vorschub jeder Zerspangruppe (P, M, K) steigen mit steigender die Verschleißfestigkeit Nummer an. die Schnittgeschwindigkeit (Härte) nehmen ab. Alle Schneidstoffe höherer Zerspangruppen (P30, M30, K30 und höher) werden grundsätzlich für größere mechanische Belastungen, z.B. Schruppen oder Spanen mit unterbrochenem Schnitt eigesetzt. Die Schneidstoffe niedrigerer Zerspangruppen (P10, werden grundsätzlich für geringere M10, K10) mechanische Belastungen, z.B. Schlichten. bei Vorschub und geringerem höherer Schnittgeschwindigkeit eingesetzt.

• **Metalele dure** sunt aliaje sinterizate pe bază de carburi de **W**, **Ti**, **Ta** cu liant de **Co** sau **Ni**. Metalele dure au duritate mare, rezistență la uzură și stabilitate termică (**până la 1000° C**). Pot fi clasificate în trei grupe principale de așchiere **P**, **M** și **K** și au sensibiliate la oscilațiile de temperatură. Din acest motiv lichidele de așchiere se utilizează rar, iar vitezele de așchiere recomandate sunt de până la **350 m/min**. Exemple: burghie, freze, brose.

Tenacitatea şi avansul specifice fiecărei grupe de aşchiere (P, M, K) cresc odată cu numărul din simbolul acestora, iar rezistenţa la uzură şi vitezele de aşchiere (duritatea) scad. Toate materialele de scule din grupele superioare (P30, M30, K30 şi mai sus) se utilizează pentru solicitări mecanice mari, de ex. degroşări sau aşchiere discontinuă. Materialele de scule din grupele inferioare (P10, M10, K10) se folosesc la prelucrări cu solicitări mecanice mai reduse, de ex. finisare, avansuri mici şi viteze de aşchiere mari.

- Die Zerspangruppe P wird haupsächlich zum Spanen unlegierter, legierter und nichtrostender ferritischer und martensitischer Stähle und Stahlguß verwendet.
- **Die Zerspangruppe M** wird zum Spanen nichtrostender austenitischer Stähle und für Stahlguß verwendet.
- *Die Zerspangruppe K* wird zum Spanen von Grauguß,, Kugelgraphitguß, von NE-Metallen und Kunststoff verwendet.

Schneidkeramik

Bei der Schneidkeramik werden Keramiken auf Aluminiumoxid-Basis Al_2O_3 - (englische Bezeichnung *ceramics*) und Mischkeramiken aus Aliminiumoxid mit einem relativ hohen Anteil an Metallkarbiden (englische Bezeichnung *Cermets*) unterscheiden.

Die Herstellung von Schneidkeramik erfolgt durch Sintern. Bei Verwendung von Schneidkeramik sind hohe Schnittge-schwindigkeiten möglich (bis über m/min). Aufgrund der sehr geringen 1000 Wärmleitfähigkeit bleibt die Schneidplatte währen des Zerspanvorgangs nahezu kalt. Die entstehende Wärme wird über das Werkstück und die Späne abgeführt. Schneidkeramik stoßempfindlich. Es wird ohne Kühlschmierung gearbeitet.

Diamant

Monokristalline (natürliche oder synthetische)
Diamanten werden zur Feinbearbeitung von NEWerkstoffen eingesetzt. Polykristalline Diamanten,
als Schichten auf Hartmetallträgern aufgebracht,
dienen zum Leistungszerspanen von NEWerkstoffen.

• Kubisch kristallines Bornitrid (CBN) wird aus synthetischem Korn unter hohem Druck und hoher Temperatur hergestellt. Dieser Schneidstoff wird meist in dünnen Schichten auf Hartmetallplatten

- Grupa de aşchiere P se utilizează în principal la aşchierea oţelurilor nealiate, aliate, a oţelurilor feritice şi martensitice şi a oţelurilor turnate.
- Grupa de aşchiere M se recomandă pentru prelucrarea oţelurilor austenitice şi a oţelurilor turnate.
- Grupa de aşchiere K se recomandă pentru prelucrarea fontelor cenuşii, fontelor cu grafit granular, metalelor neferoase şi a materialelor plastice.

Materialele ceramice

La materialele ceramice utilizate ca materiale de scule se diferenţiază **materiale ceramice** pe bază de oxid de aluminiu (Al₂O₃) (*Ceramice*) şi amestecuri ceramice din oxid de aluminiu şi o proporţie relativ mare de carburi metalice (*Cermets*).

Producerea sculelor din materiale ceramice se realizează prin **sinterizare**. Utilizarea acestor materiale permite folosirea unor viteze de așchiere mari (până la **1000 m/min**). Datorită conductivității termice scăzute plăcuțele așchietoare realizate din aceste materiale nu se încălzesc aproape deloc în timpul așchierii. Căldura generată se propagă prin semifabricat și așchii. Materialele ceramice sunt sensibile la șocuri mecanice. Prelucrările se realizează fără lichide de așchiere.

• Diamantul

Diamantele monocristaline sintetice sau naturale se utilizează la prelucrarea fină a materialelor neferoase. Diamantele policristaline se folosesc ca straturi de acoperire pentru sculele din metale dure pentru prelucrarea eficientă a materialelor neferoase.

 Nitrura cubică de bor (CBN) se realizează din granule sintetice la presiuni şi temperaturi ridicate.
 Acest material se aplică de regulă în straturi subţiri pe plăcuţele confecţionate din metale dure. aufgebracht. Schnittgeschwindigkeiten bis **350** m/min. Geeignet für die Zerspanung harter Materialien mit kleinem Vorschub.

Viele Werkzeuge aus HSS und Hartmetalle werden mit dünnen Karbid-, Oxidund Nitridschichten (wenige µm) zur Standzeiterhöhung überzogen. Durch eine Beschichtung mit Hartstoffen lassen sich die Verschleißeigenschaften Schneidplatten der wesentlich verbessern. Mit physikalischen Aufdampfen bzw. chemischer Begasung der Oberflächen (PVD-/CVD-Verfahren) werden Schneidplatten komplette Werkzeuge und beschichtet. Zähe/ weiche Werkzeugschneiden werden so verschleißfest gemacht. Es lassen sich mehrlagige Schichten (aus TiC, TiN) aufbringen, z.B. eine harte Schicht auf eine zähe Schicht. Schichtdicke 3 bis 15 µm (Abb 2.14).

Vitezele de așchiere recomandate sunt de până la **350 m/min**. Acest material poate fi utilizat pentru așchierea materialelor dure cu avansuri mici.

Pe multe dintre sculele realizate din **oţeluri rapide** şi **metale dure** se aplică straturi subţiri de acoperiri din carburi, nitruri metalice sau oxizi (câţiva μm) în vederea creşterii durabilităţii. Prin asemenea **acoperiri cu materiale dure** se îmbunătăţeste considerabil rezistenţa la uzură a plăcuţelor aşchietoare. Acoperirea plăcuţelor sau acoperirea completă a sculelor se realizează prin **CVD** (Chemical Vapour Deposition) sau **PVD** (Physical Vapour Deposition). Astfel, scule realizate din materiale tenace sau moi devin rezistente la uzură. Se pot depune mai multe straturi (din **TiC, TiN**), alternând un strat dur, depus pe un strat tenace. Grosimea unui strat variază între **3-15** μm. (**Fig. 2.14**)

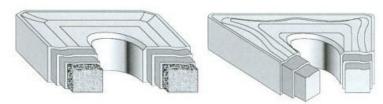


Abb. 2.14 Mehrfach beschichtete Schneidplatten (weich-hart-weich-hart) / Acoperiri metalice multistrat [PER 00]

Schneidstoffformen

- Werkzeugstahl- und HSS-Werkzeuge sind aus Vollmaterial hergestellt,
- HSS-Werkzeuge werden meist beschichtet,
- Hartmetalle und Schneidkeramik (unbeschichtet oder beschichtet) liegen beinahe ausschließlich als genormte Positivund Negativplatten vor,
- Diamantwerkzeuge werden "maßge-schneidert" für den geplanten Verwendungszweck hergestellt.
- Werkzeugsysteme einschließlich Schneidplatten sind Baukastenwerkzeuge:

Moduri de utlizare a materialelor de scule

- Sculele din oţeluri de scule şi oţeluri rapide sunt confecţionate complet din aceste materiale.
- Sculele din oţeluri rapide au cel mai adesea acoperiri metalice.
- Metalele dure şi materialele ceramice se folosesc în aşchiere aproape exclusiv sub formă de plăcuţe pozitive sau negative (cu sau fără acoperiri metalice).
- Sculele din diamant sunt realizate astfel încât geometria lor să corespundă scopului căruia îi sunt destinate.
- **Sistemele de scule** inclusiv plăcuţele sunt scule integrate:

<u>Vorteil:</u> einfacher, keine extra Werkzeugschlei-ferei, gute Verfüfbarkeit.

<u>Nachteil:</u> geringere Stabilität des Werkzeugs durch zusätzliche Fügestellen

<u>Avantaj</u>: mai simple, nu este necesară ascuţirea suplimentară a sculei, disponibilitate bună

<u>Dezavantaj</u>: stabilitate scăzută a sculei.

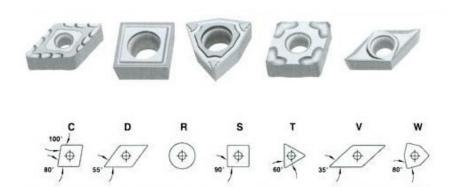


Abb. 2.15 Einige Wendeschneidplatten (unten: Plattenformen mit Eckenwinkeln) / Forme standardizate de plăcuţe amovibile [www.sandwik.de]

Nach DIN ISO 513 werden bei Hartmetalle, Schneidkeramik und Diamant folgende Schneidstoffgruppen mit ihren Kurzzeichen unterscheiden:

- HW unbeschichtetes, vorwiegend aus W Karbid bestehendes Hartmetall, Korngröße ≥1 µm
- HF unbeschichtetes, vorwiegend aus Wolframkarbid bestehendes Hartmetall, Korngröße < 1µm
- HT unbeschichtetes, vorwiegend aus Titankarbid oder Titannitrid bestehendes Hartmetall (Cermet)
- HC beschichtetes Hartmetall
- CA vorwiegend aus Aluminiumoxid bestehende Keramik (Oxidkeramik)
- CN vorwiegend aus Siliziumnitrid bestehende Keramik (Nitridkeramik)
- CR vorwiegend aus Aluminiumoxid bestehende, verstärkte Keramik (Oxidkeramik)
- CC beschichtete Schneidkeramik
- **DP** polykristalliner Diamant
- **DM** monokristaliner Diamant.

Conform DIN ISO 513 metalele dure, materialele ceramice şi diamantul sunt clasificate în următoarele grupe de materiale de scule, având simbolurile corespunzătoare:

- HW plăcuţe fără acoperire, predominant din carbură de W, granulaţie ≥ 1 μm,
- HF plăcuţe fără acoperire, predominant din carbură de W, granulaţie < 1 μm,
- HT plăcuţe din carburi metalice, fără acoperire, predominant din carbură sau nitrură de Ti,
- HC plăcuțe cu acoperire din carburi metalice,
- CA plăcuţe predominant din materiale ceramice pe bază de aluminiu,
- **CN** materiale ceramice predominant din nitruri de siliciu,
- CR materiale ceramice durificate predominant din oxid de aluminiu,
- CC materiale ceramice cu acoperiri,
- DP diamant policristalin,
- DM diamant monocristalin.

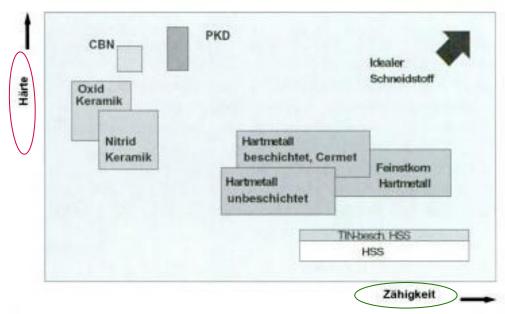


Abb. 2.17 Einordnung der Schneidstoffe bezüglich Härte (Verschleißfestigkeit, Schnittgeschwindigkeit) und Zähigkeit (Biegefestigkeit, Vorschub / Ordonarea materialelor de scule în funcție de duritate [Wes 10]

2.9 Thermische Beanspruchung

Die zum Zerspanen erforderliche **Leistung** wird überwiegend in **Wärmeenergie** umgewandelt und abgeführt. Beim Spanen treten insgesamt **4 Wärmequellen**, sie werden im **Bild 2.18** verdeutlicht. Diese **vier Wärmequellen** sind:

- die Scherzone: Wärmequelle 1, hier entsteht die Wärme auf Grund der Scherung,
- das Trenngebiet: Wärmequelle 2, der Trennvorgang erzeugt auch Wärme,
- die Hauptfreifläche: Wärmequelle 3, die Reibung der Werkzeugspitze an der erzeugten Werkstückoberfläche.
- die Spanfläche: Wärmequelle 4, die Reibung der Späne an der Spanfläche des Werkzeugs.

Die Wärmequellen 1 und 4 erzeugen die meiste Wärme. Die enstehende Wärme wird abgeführt. Am besten wäre es, wenn der Span die gesamte Wärme abführen würde. Im Bild 2.18 führt der Span ca. 75% der enstandenen Wärme ab, während 18% in das Werkzeug eindringen und desen Temperatur erhöhen. Das Werkstück nimmt

2.9 Solicitări termice

Puterea consumată în procesul de așchiere este transformată preponderent în energie termică şi transmisă mai departe. La așchiere se întâlnesc în total 4 surse de căldură, așa cum este indicat în figura 2.18. Acestea sunt:

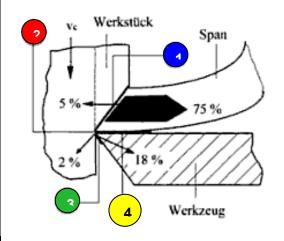
- Zona de forfecare: sursa de căldură 1, ca urmare a forfecării materialului.
- Zona de separare: sursa de căldură 2, datorită procesului de separare al materialului.
- Faţa de aşezare principală a sculei: sursa de căldură 3, ca urmare a frecării între vârful sculei şi suprafaţa prelucrată.
- Faţa de degajare a sculei: sursa de căldură 4, ca urmare a frecării între aşchii şi faţa de degajare.

Cea mai mare parte a căldurii este generată de sursele 1 și 4. Căldura este în continuare disipată. Ideal ar fi dacă așchiile ar prelua în totalitate căldura generată, însă situaţia reală este prezentată în figura 2.18.

Aşchiile conduc cca. 75% din căldura rezultată, în

ca. 7% der Wärme auf, wodurch sich dessen Randzone erwärmt, und es gegebenenfalls zu einer Gefügeänderung kommen kann. Bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung führt der Span ca. 90% der Wärme ab.

timp ce 18% este înmagazinată în sculă, determinând creșterea temperaturii acesteia. Semifabricatul preia cca. 7% din căldură, având loc o încălzire a stratului superficial al materialului și implicit o modificare a structurii acestuia. La prelucrările cu viteze mari de așchiere proporția căldurii preluate de așchii ajunge la 90%.



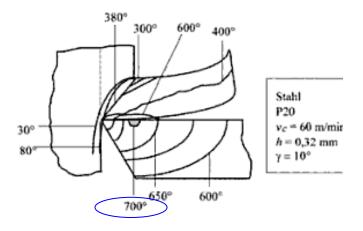


Abb. 2.18 Wärmequellen (links) und Temperaturverteilung (rechts) beim Spanen / Surse de căldură la aşchiere [WES 10]

Die höchsten Temperaturen treten auf der Spanfläche an der Stelle auf, an der die Wärmequelle 4 durch Reibung eine zusätzliche Temperaturerhöhung bewirkt. Im Beispiel aus Abb. 2.18 (rechts) sind es 700 °C.

Das ist die Stelle, an der Kolkverschleiß auftritt. Werden Werkstoffe mit einer höheren Festigkeit bei noch höheren Schnittgeschwindigkeiten zerspant, können lokal Temperaturen von über 1000°C auftreten.

2.10 Chemische Beanspruchung

Aufgrund der hohen Temperaturen und hohen Drücke finden beim Spanen chemische Reaktionen statt, die im **Bild 2.19** dargestellt sind, wie

- Oxidation und Verzundung: Auf der heißen Werkzeugoberfläche bildet sich eine harte Oxidschicht.
- Difussion: mit zunehmender Temperatur nimmt die Beweglichkeit der Atome und Moleküle zu.
 Es kommt zu einem thermisch aktivierten

Cele mai mari temperaturi se înregistrează pe faţa de degajare a sculei, unde sursa numărul 4 de căldură datorată frecării determină o creştere suplimentară a temperaturii. În exemplul din figura 2.18 (dreapta) aceste temperaturi ajung la 700 °C. Aceasta este zona unde de regulă apare uzura craterială a sculei. În cazurile în care se prelucrează materiale cu rezistenţă mai mare, cu viteze de aşchiere mai mari, temperaturile pot să depăşească 1000 °C.

2.10 Procese chimice

Din cauza temperaturilor şi presiunilor ridicate, în timpul aşchierii au loc de asemenea şi reacţii chimice, aşa cum este reprezentat în figura 2.19:

- Oxidări şi arderi: pe suprafaţa fierbinte a semifabricatului se formează un strat dur de oxid.
- Difuzie: odată cu creşterea temperaturii creşte mobilitatea atomilor şi a moleculelor din materiale. Are loc o migrare activată termic a

Wandern der Atome sowohl vom Span in das Werkzeug als auch vom Werkzeug in den Span, wodurch sich die Werkzeugeigenschaften verändern.

- Adhäsion: Bei hohen Drücken nähern sich die Atome des Spans und des Werkzeugs so stark, dass starke atomische Bindungskräfte wirksam werden, die dazu führen, dass sich Spanpartikel auf dem Werkzeug ablagern oder Partikel aus dem Werkzeug herausgesrissen werden
- atomilor atât dinspre așchii spre sculă, cât și dinspre sculă spre așchii, ceea ce determină modificarea proprietăților sculei.
- Adeziune: la presiuni ridicate atomii din materialul așchiilor și cel al sculelor se apropie atât de mult încât apar forțe interatomice foarte puternice și se produce o lipire a particulelor de așchii pe sculă sau o desprindere a unor particule din materialul sculei.

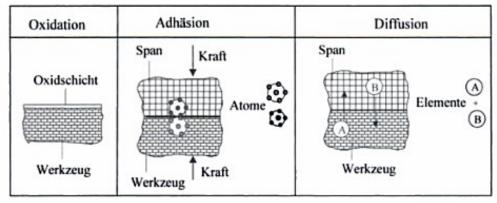


Abb. 2.19 Chemische Beanspruchung des Werkzeugs beim Spanen / Reacţii chimice la aşchiere [DEA 92]

2.11 Kühlschmierstoffe (KSS)

Kühl-Bei vielen Zerspanprozessen werden schmierstoffe (Öle, Emulsionen und Lösun-gen) eigesetzt. Die Art und Zusammensetzung des anzuwenden Kühlschmierstoffes richtet sich nach **Faktoren** wie: bearbeitender Werkstoff. Werkzeugwerkstoff, Schnittgeschwindigkeit, Zerspanungsvolumen und zunehmend nach der Umweltverträglichkeit. Vereinfacht lassen sich drei Hauptaufgaben der Kühlschmierstoffe darstellen:

- Kühlung von Werkzeug und Werkstück,
- Schmierung zur Herabsetzung der Reibungswärme, der Schnittkräfte und Werkzeugverschleißes (Standzeiterhöhung),
- Reinigung des zu bearbeitenden Werkstückes sowie des Werkzeuges durch Wegspülen der Späne und Verunreinigungen.

2.11 Lichide de aşchiere

La multe procese de așchiere se utilizează lichide de așchiere (uleiuri, emulsii și soluții). Alegerea tipului și compoziției lichidelor de așchiere utilizate se face pe baza mai multor factori ca: materialul semifabricatului, materialul sculei, vitezele de așchiere, volumul de material așchiat și tot mai mult după impactul asupra mediului înconjurător. Simplificat, cele trei sarcini principale ale lichidelor de așchiere sunt:

- Răcirea sculei și a semifabricatului,
- Ungerea pentru reducerea căldurii produse prin frecare, a forțelor de aşchiere şi a uzurii sculei (creşterea durabilității sculei),
- Curăţarea semifabricatului de prelucrat şi a sculei prin îndepărtarea aşchiilor.

Neben dem technologischen Nutzen können Kühlschmierstoffe eine Gefährdung für Mensch und Umwelt sein. So wird der Ersatz von mineralölbasischen Kühlschmierstoffen durch unbedenklichere und umweltverträglichere Kühlschmierstoffe notwendig.

Die Entwicklungstendenzen bestehen aus:

- Trockenzerspanung.
- Modifizierte KSS.
- Minimalmengekühlschmierung (MMKS).

2.12 Trends in der spanenden Fertigung

Die Trends im Bereich der spanenden Fertigung liegen neben der Verkürzung der Hauptzeiten und der Verlängerung von Stanzeiten bei der

- ➤ Hochgeschwindigkeitszerspanung
- > Hartzerspanung
- > Trockenzerspanung und
- Minimalmengekühlschmierung (MMKS)
- ➢ Hochgeschwindigkeitszerspanung (HSC High Speed Cutting) ist ein Arbeiten mit deutlich erhöhten Schnittgeschwindigkeiten bei Schnitttiefen. relativ geringen Schnittgeschwindigkeiten sind stets Verbindung mit dem Bearbeitungsverfahren, aber auch mit dem zu bearbeitenden Werkstoff zu sehen. Durch die geringere Scherung des zu zerspanenden Werkstoffs ensteht in der Scherzone weniger Wärme. Außerdem kann durch die hohen Schnittgeschwindigkeiten mehr Wärme über die Späne abgeführt werden.

Vorteile der hohen Schnittgeschwindigkeiten sind:

- erhebliche Reduzierung der Hauptzeiten,
- höheres Zeitspannungsvolumen um ca. 30%,
- Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit bis 120 mm/min,
- Reduzierung der Zerspankraft um mehr als 30%,

Pe lângă utilitatea tehnologică a lichidelor de așchiere, acestea pot simultan să producă **prejudicii pentru oameni și mediul înconjurător**. Astfel devine necesară o înlocuire a lichidelor de așchiere pe bază de uleiuri minerale cu lichide de așchiere neproblematice și ecologice.

Tendințele de dezvoltare sunt:

- · Aşchierea uscată,
- Lichide de așchiere modificate,
- Ungerea și răcirea minimală.

2.12 Tendințe în domeniul prelucrărilor prin așchiere

Tendințe în domeniul prelucrărilor prin așchiere vizează reducerea timpilor de prelucrare și prelungirea durabilității sculelor prin:

- > Aşchiere cu viteze mari de aşchiere,
- > Aşchierea dură,
- > Așchierea uscată și
- > Aşchiere cu ungere şi răcire minimală.

Aşchierea cu viteze mari de aşchiere (High Speed Cutting) este prelucrarea cu viteze de aşchiere considerabil crescute, la adâncimi de aşchiere relativ scăzute. Vitezele de aşchiere sunt considerate permanent în corelaţie cu procesul de prelucrare, dar şi cu materialul semifabricatului de prelucrat. Printr-o forfecare mai redusă a materialului care se aşchiază rezultă mai puţină căldură în zona de forfecare. Mai mult decât atât prin utilizarea unor viteze de aşchiere mari, o cantitate mai mare de căldură poate fi preluată de aşchii.

Avantajele așchierii cu viteze mari sunt:

- Creșterea considerabilă a productivității,
- Creşterea volumului de material aşchiat cu până la 30%.
- Creşterea vitezei de avans, max 120 mm/min
- Reducerea forţelor de aşchiere cu mai mult de 30%,

- Schwingungsarme Bearbeitung geometrisch komplizierter Bauteile möglich,
- spanende Endarbeitung durch HSC möglich (Oberflächenqualität nahezu Schleifqualität, verzugsfreie Bearbeitung durch Abführung der Prozesswärme vorwirgend über die Späne).

Nachteile dagegen sind:

- Reduzierung der Werkzeugstandzeit mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit,
- Schneidstoffe und Beschichtungen sind den Gegebenheiten anzupassen,
- optimale Parameter sind noch nicht umfassend bekannt.

Für den optimalen Einsatz des Gesamtsystems Werkzeugmaschine-Werkzeug-Werkstück sind folgende **Voraussetzungen** zu schaffen:

- spiel- und schwingungsarme Arbeitsweise,
- hohe Steifigkeit des Gesamtsystems,
- Leichbau der bewegten Massen,
- hohe Drehzahlen und höchste Rundlaufgenauigkeit der Spindel, Werkzeugauf-nahme und Werkzeuge,
- Realisierung hoher Vorschübe,
- Hohe Standzeiten (spezielle Schneidengeometrie und Beschichtungen).

Besonders bei **HSC-Bearbeitung** die sind Fliehkräfte von besonderer Bedeutung. Sie belasten die Spindellagerung (Zerstörung der Spindel), verursachen Vibrationen, die Oberflächen negativ beeinflussen. qualität verschlechtern die Fertigungsgenauigkeit und verkürzen die Werkzeugstadzeit.

- Este posibilă prelucrarea cu vibraţii reduse a unor piese cu geometrie complexă,
- Prelucrarea finală (calitatea suprafeţelor prelucrate comparabilă cu cea obţinută prin rectificare, prelucrări fără întârzieri prin dirijarea căldurii preponderent spre aşchii).

Dezavantajele așchierii cu viteze mari sunt:

- Reducerea durabilităţii sculei odată cu creşterea vitezei de aşchiere,
- Materialele de scule şi acoperirile metalice trebuie adaptate conditiilor concrete de lucru,
- Parametrii de lucru optimi nu sunt încă în totalitate cunoscuți.

Pentru o implementare optimă a întregului sistem, maşină unealtă – sculă – semifabricat, trebuie asigurate următoarele **premize**:

- Condiții de lucru fără jocuri și vibrații,
- Rigiditate ridicată a întregului sistem,
- Masele aflate în mişcare să fie uşoare,
- Turaţii ridicate şi o bătaie radială scăzută a arborelui principal, a dispozitivelor de fixare a sculelor şi a sculelor,
- Asigurarea unor avansuri mari,
- Durabilităţi mari ale sculelor (geometrii speciale ale muchiilor şi acoperiri metalice).

În special la prelucrarea cu viteze de așchiere mari o atenție deosebită trebuie acordată **forțelor centrifuge**. Ele solicită suplimentar lagărele arborelui principal, produc vibrații ce influențează negativ precizia de prelucrare și diminuează durabilitatea sculei.

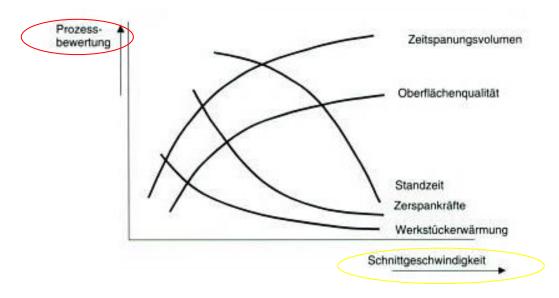


Abb. 2.20 Prozessanforderungen bei der HSC-Bearbeitung / Cerinţe la prelucrarea cu viteze mari de aşchiere [TOE 11]

➤ Trockenzerspanung

Die Entwicklung der letzten Jahren gehen dahin, KSS weitestgehend zu vermeiden. Die Trockenzerspanung, bei der man ohne KSS arbeitet, ist bereits bei einigen Anwendungen wie die Gussbearbeitung Stand der Praxis.

Vorteile der Trockenbearbeitung:

- keine Gesundheitsbeeinträchtigung,
- umweltschonend,
- keine Entsorgung, dadurch keine Entsorgungskosten,
- kein Waschen der Werkstücke nach der Bearbeitung.
- Maschine ohne Kühlsystem, daher einfacherer Aufbau und billiger.

Nachteile der Trockenbearbeitung:

- längere Bearbeitungszeiten,
- Verringerung der Produktivität,
- hohe Wärmeentwicklung,
- gerringere Maschinenlebensdauer,
- geringere Maßhaltigkeit, da sich heiße Werkstück verformt.
- schlechtere Oberflächen,
- Aufhärtung der Werkstück-Randschicht,
 - Kein Späneabtransport durch KSS.

> Aşchierea uscată

Tendinţa de dezvoltare în ultimii ani se orientează spre reducerea considerabilă a consumului de lichide de aşchiere. Aşchierea uscată, la care prelucrarea se realizează fără lichide de aşchiere, este deja implementată în practică (la prelucrarea fontelor).

Avantajele aşchierii uscate:

- Fără prejudicii asupra sănătăţii,
- Ecologică,
- Nu mai este necesară tratarea lichidelor uzate, deci fără costuri în acest sens,
- Nu mai este necesară curăţarea semifabricatelor după prelucrare,
- Maşinile-unelte nu mai necesită sistem de răcire, sunt mai simple şi mai ieftine.

Dezavantajele aşchierii uscate:

- Timpi de prelucrare mai mari,
- Scăderea productivității,
- Rezultă mai multă căldură,
- Reducerea duratei de viață a mașinii-unelte,
- Asigurarea preciziei dimensionale dificilă, datorită deformării termice a semifabricatelor,
- Calitate mai slabă a suprafețelor prelucrate,
- Durificarea stratului superficial al materialului
- Nu se asigură transportul așchiilor.

Um jedoch trocken zu zerspanen, benötigt man:

- neue Schneidstoffe, wie Cermets, Nitridkeramik,
- neue Beschichtungen, wie TiAlNi,
- andere Werkzeuggeometrien,
- neue Maschinenkonzepte, da die heißen Späne vom KSS nicht mehr abgekühlt werden, die Maschine erwärmen, wodurch ihre Genauigkeit verringert wird. Präzisionsmaschinen besitzen eine Temperaturkompensation, um Temperatur bedingte Längenänderungen auszugleichen.

Modifizierte KSS

Der Trend zeichnet sich dahingehend ab, wassermischbare KSS durch nichtwassermischbare zu ersetzen. Anderseits setzt man synthetische, biologisch abbaubare Öle ein.

> Mikrostahl- bzw. Minimalschmierung

Da es zur Zeit noch nicht möglich ist, alle Zerspanungsprozesse ohne den Einsatz von KSS wirtschaftlich zu betreiben, hat man Minimalschmierungskonzepze erarbeitet, die mit einem Minimum an KSS auskommen.

Pentru a realiza așchierea uscată este necesară:

- Utilizarea unor materiale de scule noi (carburi, materiale ceramice),
- Noi acoperiri metalice (TiAlNi),
- Geometrii modificate ale sculelor,
- Noi concepte de maşini-unelte, pentru că aşchiile fierbinţi rezultate nu sunt răcite de către lichidele de aşchiere şi conduc la încălzirea componentelor maşinilor şi implicit la reducerea preciziei acestora.
 Maşinile-unelte de precizie dispun de sisteme de compensare a temperaturii.

> Lichide de aşchiere modificate

Tendinţa este de a înlocui lichidele de aşchiere solubile în apă cu lichide de aşchiere insolubile. Pe de altă parte se recomandă utilizarea uleiurilor sintetice biodegradabile.

> Tehnica de așchiere cu ungere și răcire minimală

Pentru că în prezent nu toate procesele de prelucrare pot fi realizate în absenţa lichidelor de aşchiere, se implementează tehnica de aşchiere cu ungere şi răcire minimală, care utilizează o cantitate minimă de lichide de aşchiere.

KAPITEL 3.

Spanende Fertigumgsverfahren mit geometrisch bestimmten Schneiden

CAPITOLUL 3.

Procese de aşchiere cu scule cu muchii aşchietoare definite

Höhere Schnittgeschwindigkeiten und neue Schneidstoffe beim Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden ermöglichen heute eine Werkstückgenauigkeit, die die Anwendung von Fertigungsverfahren mit geometrisch unbestimmten Schneiden für die Endbearbeitung in vielen Fällen entbehrlich machen könnte.

Umgekehrt ist es durch die Fortschritte auf dem Gebiet der Schleiftechnologie gelungen, die Zeitspanungsvolumina in erheblichem Maße zu steigern, so dass Schleifverfahren in bestimmten Anwendungsfällen eine wirtschaftliche Alternative zu spanenden Fertigungsverfahren mit geometrisch bestimmten Schneiden bieten.

Vitezele de așchiere mai mari și materialele noi pentru scule la așchierea cu muchii așchietoare definite permit în prezent obţinerea de precizii ale piesei, care în multe cazuri, ar putea face ca procesele de prelucrare cu scule cu muchii așchietoare nedefinite geometric să nu mai fie necesare pentru prelucrarea finală.

Pe de altă parte, progresele înregistrate în domeniul tehnologiei de prelucrare prin rectificare au reuşit să mărească în mod semnificativ productivitatea proceselor, astfel încât procesele de rectificare în anumite aplicații oferă o alternativă economică la procesele de prelucrare cu scule cu muchii așchietoare definite geometric.

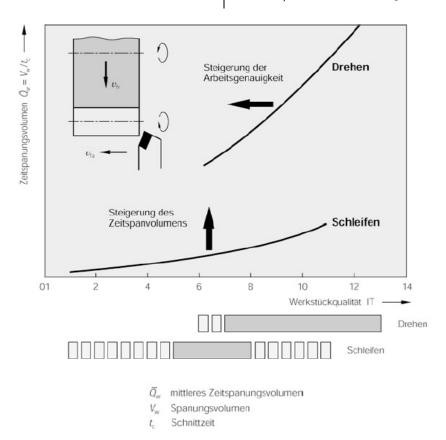


Abb. 3.1 Anwendungsbereiche und Tendenzen beim Drehen und Schleifen / Domenii de aplicare şi tendinţe la strunjire şi rectificare [WES 10]

unter **Abbildung** 3.1 die heute zeigt Großserienbedingungen erreichbaren Werkstückqualitäten und Tendenzen in Abhängigkeit vom Zeitspanungsvolumen für die Fertigungsverfahren Drehen und Schleifen. Die genannten Tendenzen können Ursache von Verfahrenssubstitutionen sein, wobei sich entscheidende Produktionsvorteile dann ergeben, wenn die jeweiligen werkstückbezogenen Fertigungsanforderungen möglichst mit einem Fertigungsverfahren für die Vorund Fertigbearbeitung erfüllt werden können.

Mit den Fortschritten hinsichtlich Produktivität, Flexibilität, Qualität und Umweltverträglichkeit beim Drehen und Schleifen wird immer wieder die Frage diskutiert, welche dieser Fertigungstechnologien insgesamt gesehen leistungsfähiger sei. Hierauf kann es jedoch keine allgemeingültige Antwort geben, da die werkstückseitigen Merkmale und Bearbeitungsanforderungen zu komplex und unübersichtlich geworden sind.

Um die ökonomischen ökologischen und Fertigungsbedingungen miteinander in Einklang zu bringen, wird die Hartbearbeitung zunehmend mit definierter Schneide praktiziert. Dabei ergeben sich Vorteile hinsichtlich der Kosten und der Verfahrensflexibilität. Außerdem kann in vielen Fällen auf Kühlschmierstoffe verzichtet werden. Inzwischen wurden auch Werkzeugmaschinen für das kombinierte Drehen und Schleifen in einer Aufspannung entwickelt.

Verfahrensmerkmale der wichtigsten Fertigungsverfahren sind im Folgenden beschrieben.

3.1. Drehen

Das Drehen ist ein spanendes Fertigungsverfahren mit geschlossener, meist kreisförmiger Schnittbewegung und beliebiger, quer zur Schnittrichtung liegender Vorschubbewegung. Die Drehachse der Schnittbewegung ist

Figura 3.1 prezintă calilatea piesei prelucrate şi tendințele care se manifestă în prezent în cazul producție de serie mare şi masă, în funcție de volumul de material îndepărtat, la strunjire şi rectificare. Tendințele menționate pot determina substituția metodelor prelucrare, în care avantajele decisive ale proceselor de producției se valorifică atunci când cerințele de fabricație impuse piesei de prelucrat pot fi îndeplinite printr-un singur proces de fabricație pentru degroșare și finisare.

Odată cu progresele în ceea ce priveşte productivitatea, flexibilitatea, calitatea şi compatibilitatea cu mediul, la strunjire şi rectificare, se pune întrebarea care dintre aceste tehnologii de fabricaţie este mai eficientă per ansamblu. Nu poate exista un răspuns general valabil, deoarece caracteristicile piesei de prelucrat şi cerinţele de prelucrare au devenit prea complexe şi dificil de anticipat.

Pentru a corela condiţiile de producţie economice şi ecologice, prelucrarea dură se practică din ce în ce mai mult cu scule aşchietoare cu muchii definite. Acest lucru are ca rezultat avantaje în ceea ce priveşte costul şi flexibilitatea procesului. În plus, lichidele ade aşchiere pot fi eliminate în multe cazuri. Între timp, au fost de asemenea dezvoltate maşini-unelte pentru prelucrări prin strunjire şi rectificare combinate, într-o singură prindere.

Caracteristicile celor mai importante procese de fabricaie sunt descrise în continuare.

3.1. Strunjirea

Strunjirea este un proces de prelucrare cu o mişcare de aşchiere continuă, de obicei circulară, şi o mişcare de avans pe direcţie transversală sau o altă direcţie, faţă de direcţia mişcării principale. Axa de rotaţie a mişcării de

werkstückgebunden, d.H., sie behält ihre Lage zum Werkstück unabhängig von der Vorschubbewegung bei. Beim Drehen führt in der Regel das Werkstück die umlaufende Schnittbewegung aus und das Werkzeug die erforderlichen Vorschub- und Zustellbewegungen. Die Werkstücke sind **Rotationskörper**.

3.1.1 Drehverfahren

Drehverfahren zählen zu den am häufigsten angewendeten spanenden Fertigungsverfahren. Ausgehend von DIN 8589-1. werden die Drehverfahren nach Merkmalen der zu Flächengestalt erzeugenden entsprechend Abb.3.2 unterteilt. Das Drehverfahren werden auch nach den: • Richtung der Vorschubbewegung, • Werkzeugmerkmale und • nach der Art der Steuerung beim Formdrehen unterteilt.

așchiere este legată la piesă, își menţine poziţia faţă de piesa de prelucrat, independent de mişcarea de avans. În cazul strunjirii, de regulă, piesa de prelucrat efectuează mişcarea de așchiere continuă, iar scula efectuează mişcările de avans şi de poziţionare necesare. Semifabricatele sunt **piese de revoluţie**.

3.1.1 Procedee de strunjire

Procesele de strunjire se numără printre cele mai frecvent utilizate procese de prelucrare. Conform DIN 8589-1, procesele de strunjire sunt clasificate în funcție de caracteristicile suprafeței care se prelucrează, conform Fig.3.2. Procedeele de strunjire sunt de asemenea clasificate în funcție de:

• direcția mişcării de avans, • caracteristicile sculei și în funcție de modul de realizare al mişcărilor la strunjirea profilată.

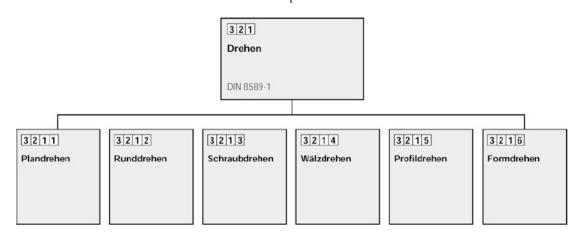


Abb. 3.2. Einteilung der Drehverfahren nach DIN 8589, Teil 1 / Clasificarea proceselor de strunjire

Mit **Plandrehen** bezeichnet man Drehverfahren zur Erzeugung einer senkrecht zur Drehachse liegenden ebenen Fläche. **Abbildung 3.3** verdeutlicht die **drei Verfahrensvarianten**: *Quer-Plandrehen*, *Längs-Plandrehen* und *Quer-Abstech-Plandrehen*.

Beim *Quer-Plandrehen* erfolgt der Vorschub senkrecht zur Drehachse des Werkstücks, während beim *Längs- Plandrehen* der Vorschub parallel zur Drehachse des Werkstücks gerichtet ist. Das *Quer-*

Strunjirea plană reprezintă procesul de strunjire prin care se generează o suprafaţă plană, perpendiculară pe axa de rotaţie. Figura 3.3 ilustrează cele trei variante de proces: strunjire plană cu avans transversal, strunjire plană cu avans longitudinal şi retezare.

În cazul **strunjirii plane cu avans transversal**, mişcarea de avans este perpendiculară pe axa de rotație a piesei de prelucrat, în timp ce la **strunjirea plană cu avans longitudinal** mişcarea

Abstechdrehen wird zum Abtrennen eines Werkstücks oder von Werkstückteilen angewendet.

de avans este direcționată paralel cu axa de rotație a piesei de prelucrat. Prelucrarea prin **retezare** este utilizată pentru separarea unui semifabricat sau a pieselor de prelucrat.

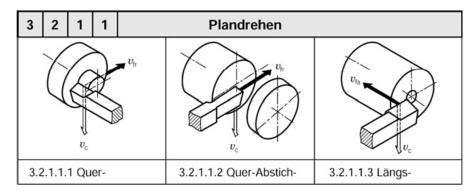
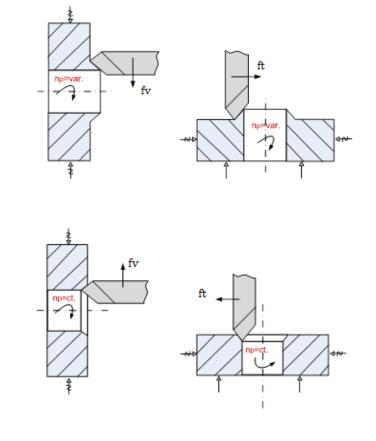


Abb. 3.3 Plandrehverfahren / Procedee de strunjire plană [WES 10]

Bei allen Plandrehverfahren mit senkrecht zur Drehachse des Werkstücks gerichteter Vorschubbewegung ist zu beachten, dass sich die Schnittgeschwindigkeit mit zunehmendem Vorschubweg (abnehmendem Drehdurchmesser) nicht Anpassen ändert. wenn ein der Werkstückdrehzahl an den jeweiligen Drehdurchmesser erfolgt.

Pentru toate procedeele de **strunjire plană** cu mişcare de avans direcţionată perpendicular pe axa de rotaţie a piesei de prelucrat, trebuie remarcat faptul că viteza de aşchiere se modifică odată cu creşterea cursei de avans (diminuarea diametrului semifabricatului), în cazul în care turaţia piesei de prelucrat nu este adaptată la diametrul de rotaţie respectiv.



Runddrehen ist Drehen zum Erzeugen von zur Drehachse des Werkstücks koaxial liegenden kreiszylindrischen Flächen. Einige wichtige Runddrehverfahren zeigt Abb. 3.4.

Strunjirea cilindrică este procedeul prin care se obţin suprafeţe cilindrice coaxiale cu axa de rotaţie a piesei de prelucrat. Cele mai relevante procedee de strunjire cilindrică sunt prezentate în **figura 3.4.**

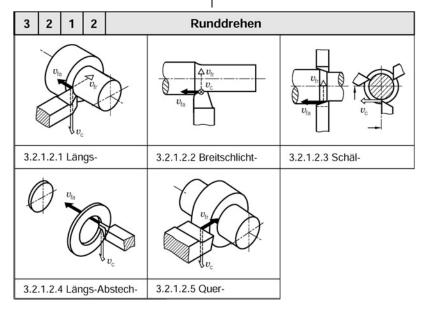


Abb. 3.4 Runddrehverfahren / Procedee de strunjire cilindrică [WES 10]

Das *Längs-Abstechdrehen* dient zum Abstechen runder Scheiben aus plattenförmigen Rohteilen. *Quer-Runddrehen* erfolgt mit senkrecht zur Drehachse gerichteter Vorschubbewegung; hierbei muss die Werkzeugschneide mindestens so breit wie die zu fertigende Kreiszylinderfläche sein.

Gegenüber dem herkömmlichen *Längs-Runddrehen* mit parallel zur Drehachse gerichteter (axialer) Vorschubbewegung haben besonders die Runddrehverfahren *Breitschlichtdrehen* und *Schäldrehen* in bestimmten Anwendungsfällen zu wichtigen Verfahrensalternativen geführt.

Breitschlichtdrehen ist ein Längs-Runddrehen mit großem Vorschub unter Verwendung eines Werkzeugs mit sehr großem Eckenradius und sehr kleinem Einstellwinkel der Nebenschneide. Der Betrag des Vorschubs ist bei diesem Verfahren stets kleiner als die Länge der Nebenschneide zu wählen.

Beim **Schäldrehen** verwendet man meist umlaufende Werkzeuge mit mehreren im Eingriff

Canelarea cu avans longitudinal este utilizată pentru separarea discurilor din piesele în formă de plăci. Strunjirea cilindrică cu avans transversal se efectuează cu o mişcare de avans direcţionată perpendicular pe axa de rotaţie; muchia aşchietoare a sculei trebuie să fie cel puţin la fel de lată ca suprafaţa cilindrică care urmează să fie prelucrată.

Comparativ cu strunjirea cilindrică cu avans longitudinal cu mişcare de avans (axială) direcţionată paralel cu axa de rotaţie, procedeele de strunjire cu cuţite late şi strunjire cu capete de strunjit, reprezintă, în anumite aplicaţii, metode alternative de prelucrare.

Strunjirea cu cuțite late este un procedeu de strunjire cilindrică cu avans longitudinal mare, utilizând o sculă cu o rază foarte mare la vârf și un unghi de atac foarte mic al muchiei așchietoare secundare. La această metodă de strunjire, valoarea avansului este întotdeauna mai mică decât lungimea muchiei secundare.

În cazul **strunjirii cu capete de strunjit**, se utilizează de obicei o sculă rotativă cu mai multe

befindlichen Schneiden bei kleinem Einstellwinkel der Hauptschneide und großem Vorschub.

Beide Verfahren ermöglichen im Vergleich zum Längs-Runddrehen jeweils eine erhöhte axiale Vorschubgeschwindigkeit und damit auch eine erhöhte $Flächenleistung P_A$.

Durch Erhöhen des Vorschubs nimmt beim Längs-Runddrehen die *theoretische Rautiefe (Rt.th)* der gefertigten Werkstückoberfläche mit dem Quadrat des Vorschubs zu. In Abhängigkeit vom Vorschub *f* und der Eckenrundung *r* errechnet sich die theoretische Rautiefe in erster Näherung nach:

$$Rt.th \approx \frac{f^2}{8r}$$
 (3.1)

Die mit größerem Vorschub zu erwartende erhöhte Werkstückrautiefe kann beim Breitschlichtdrehen durch die Verwendung eines Werkzeugs mit verhältnismäßig großer Nebenschneide und einem Einstellwinkel k_n im Bereich von $0^{\circ}-1^{\circ}$ umgangen werden. Abbildung 3.5 zeigt einen Vergleich der Eingriffsverhältnisse beim Längs-Rund- und Breitschlichtdrehen.

muchii aflate simultan în așchiere, un unghi de atac mic al muchiei principale și avans mare.

Ambele metode permit o viteză de avans axială mare şi, astfel, o creştere a *puterii specifice* P_A comparativ cu strunjirea cilindrică cu avans longitudinal.

Prin creşterea avansului, *rugozitatea teoretică a suprafeței prelucrate (Rt.th)* a creşte cu pătratul avansului. În funcție de avansul *f* și raza la vârf a sculei *r*, adâncimea teoretică a rugozității este aproximată astfel:

$$Rt.th \approx \frac{f^2}{8r}$$
 (3.1)

Rugozitatea mare a piesei de prelucrat, care este de așteptat odată cu creșterea avansului, poate fi evitată la strunjireac cu cuțite late prin utilizarea unei scule cu o muchie secundară relativ mare și un unghi de atac k_n de la 0° - 1° . Figura 3.5 prezintă o comparație a condițiilor de așchiere la strunjirea cilindrică cu avans longitudinal și strunjirea cu cuțite late.

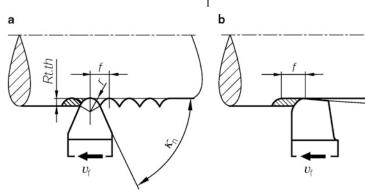


Abb. 3.5 Eingriffsverhältnisse beim **a** Längs-Runddrehen und **b** Breitschlichtdrehen. $R_{t.th}$ theoretische Rautiefe, r Eckenrundung, f Vorschub, v_f Vorschubgeschwindigkeit, k_n Einstellwinkel der Nebenschneide /Condiţii de aşchiere la **a** Strunjirea cilindrică exterioară cu avans longitudinal şi **b** strunjirea cu cuţite late [GYE 91]

Beim Schraubdrehen gemäß Abb.3.6 werden schraubenförmige Flächen mittels Profil-werkzeugen gefertigt. Die Steigung der Schraube entspricht dabei dem Vorschub je Umdrehung. Man unterscheidet nach der Art des verwendeten Werkzeugs: • Gewindedrehen, • Gewindestrehlen und • Gewindeschneiden.

În cazul **strunjirii filetelor** conform **Fig.3.6**, suprafețele elicoidale sunt produse cu ajutorul unor scule profilate. Pasul șurubului corespunde avansului pe rotație. În funcție de sculele utilizate se diferențiază: • *filetarea prin strunjire cu scule monoprofil*, • *filetarea prin strunjire cu scule multiprofil* și • *filetarea cu filiera*.

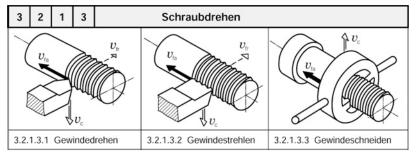


Abb. 3.6 Schraubdrehverfahren / Procedee de prelucrare a filetelor exterioare prin strunjire [WES 10]

Das **Gewindedrehen** ist ein Schraubdrehen mit einem einprofiligen Gewinde-Drehmeißel, während beim **Gewindestrehlen** das Gewinde mit einem Werkzeug erzeugt wird, das in Vorschubrichtung mehrere mit zunehmender Schnitttiefe gestaffelte Schneidenprofile aufweist (Gewindestrehler) und das Gewinde in einem Überlauf zu erzeugen vermag.

Das **Gewindeschneiden** ist dagegen ein Schraubdrehen zum Erzeugen eines Gewindes mit einem mehrschneidigen Gewindeschneideisen oder Gewindeschneidkopf.

Unter **Profildrehen** versteht man das Drehen mit einem werkstückgebundenen Werkzeug (Profilwerkzeug) zum Erzeugen rotationssymmetrischer Flächen. **Abbildung 3.7** vermittelt eine Übersicht.

Strunjirea filetelor reprezintă prelucrarea unui şurub cu un cuţit de filetat monoprofil, în timp ce filetarea cu cuţite multiprofil filetul este generat cu ajutorul unei sculei care, în direcţia avansului, are mai multe tăişuri profilate decalate pe adâncime aşchiere, ceea ce permite prelucrarea filetului dintr-o singură trecere.

Pe de altă parte, *filetarea cu filiera* este un proces de strunjire pentru obținerea unui filet, utilizând o sculă multităiş, filiera sau un cap de filetat.

Prin **strunjirea profilată** se înțelege strunjirea cu o sculă având profilul conjugat cu cel al piesei care se prelucrează (scule profilate) pentru prelucrarea unor suprafețe de revoluție simetrice. **Figura 3.7** oferă o prezentare generală a acestor procese.

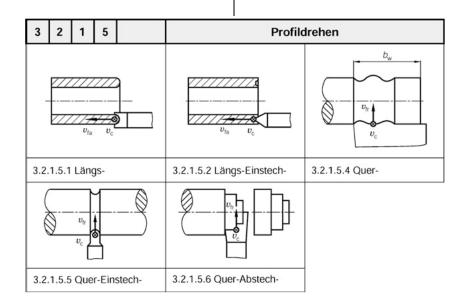


Abb. 3.7 Profildrehverfahren / Procedee de strunjire profilată prin copiere [WES 10]

Längs-Profildrehen ist Profildrehen mit Vorschub parallel zur Drehachse des Werkstücks; hierbei ist die Schneide des Profildrehmeißels mindestens so breit wie das zu erzeugende Profil.

Beim *Längs-Profileinstechdrehen* wird mit einem Profildrehmeißel ein ringförmiges Profil (Einstich), z.B. eine Nut, an der Stirnfläche eines Werkstückes eingestochen.

Mit Hilfe des *Quer-Profildrehens* mit Vorschub senkrecht zur Drehachse des Werkstücks können rotationssymmetrische Profile auf der ganzen Breite erzeugt werden. Um jedoch bei Quer-Profildrehoperationen ein Rattern aufgrund von Instabilitäten der Werkzeugeinspannung zu vermeiden, sind Profile auf eine Breite von $b_w = 1-5$ mm (in Sonderfällen bis zu $30 \, mm$) zu begrenzen.

Beim *Quer-Profileinstechdrehen* wird mit einem Profildrehmeißel ein ringförmiger Einstich an der Umfangsfläche des Werkstücks erzeugt.

Als *Quer-Profilabstechdrehen* bezeichnet man einen Drehvorgang, bei dem ein Profildrehmeißel gleichzeitig das Werkstück oder Teile des Werkstücks absticht.

Formdrehen ist Drehen, bei dem durch die Steuerung der Vorschub- bzw. Schnittbewegung (z.B. Unrunddrehen) die Form des Werkstücks erzeugt wird. Nach der Art der Steuerung von Bewegungen kann zwischen • Freiformdrehen, • Nachformdrehen, • Kinematisch-Formdrehen und • NC-Formdrehen, unterschieden werden, wie aus Abb. 3.8 hervorgeht.

Beim *Freiformdrehen* wird die Vorschubbewegung von Hand gesteuert. *Nachformdrehen* (Kopierdrehen) ist Formdrehen, bei dem die Vorschubbewegung über ein zweidimensionales Bezugsformstück gesteuert wird.

Strunjirea profilelor cu avans longitudinal este strunjirea profilată cu avans paralel cu axa de rotație a semifabricatului; muchia așchietoare a cuţitului profilat este cel puţin la fel de lată ca profilul care urmează a fi prelucrat.

În cazul unei **strunjiri de canelare cu avans longitudinal** se prelucrează un profil inelar cu ajutorul unui cuţit profilat (de ex. o degajare), pe suprafaţa frontală a semifabricatului.

Prin strunjire profilată cu avans transversal, cu avans perpendicular pe axa de rotație a piesei de prelucrat, se pot prelucra profiluri de rotație simetrice pe întreaga lățime. Cu toate acestea, pentru a evita vibratiile datorită instabilității fixării sculei, lățimea profilurilor trebuie să fie limitată la 1-5 mm (în cazuri speciale de până la 30 mm).

În cazul *strunjirii canelurilor cu avans transversal*, se prelucrează o degajare inelară cu ajutorul unui cuţit profilat pe circumferinţa a piesei de prelucrat.

Retezarea prin strunjire cu avans transversal este o operație de strunjire la care un cuțit profilat separă piesa de prelucrat sau părți ale piesei de prelucrat.

Strunjirea profilată este procedeul la care forma piesei este generată prin controlul mişcării de avans sau mişcării principale de aşchiere (de ex, la strunjirea necirculară). După tipul de control al mişcărilor se disting: • strunjire prin copiere după şablon, • strunjire profilată cinematică şi • strunjire profilată NC, așa cum se arată în Fig. 3.8.

La **strunjirea profilată liberă**, mişcarea de avans este controlată. **Strunjirea profilată după şablon** este o metodă de strunjire la care mişcarea de avans este controlată de un model de referință bidimensional.

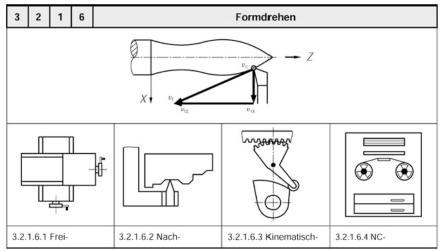


Abb. 3.8 Formdrehverfahren / Procedee de strunjire profilată cinematică [Wes 10]

Beim *Kinematisch-Formdrehen* erfolgt die Steuerung der Vorschubbewegung kinematisch mit Hilfe eines mechanischen Getriebes. Eine weitere Alternative ist das NC-Formdrehen, bei dem dieWerkstückform durch Steuerung der Vorschubbewegung mittels eingegebener Daten und Verwenden einer nummerischen Steuerung erzeugt wird.

3.1.2 Drehwerkzeuge

Die Form und die Abmessungen der Werkzeuge zum Drehen sind abhängig von der Bearbeitungsaufgabe. Moderne Werkzeuge für die spanende Bearbeitung mit definierten Schneiden sind aus verschiedenen Komponenten aufgebaut. Allgemein kann man zwischen

- · Schneidensystem,
- Befestigungs- bzw. Klemmsystem und
- Werkzeuggrundkörpersystem unterscheiden.

Der Hauptvorteil einer Aufteilung in mehrere Teilsysteme besteht dabei in einer verbesserten Anpassung des Werkzeugsystems an die jeweilige Bearbeitungsaufgabe.

Werkzeugformen für verschiedene Bearbeitungsaufgaben beim Drehen mit aufgelöteten Schneidplatten aus Hartmetall zeigt **Abb. 3.9.** La strunjirea profilată cinematică, mişcarea de avans este controlată cinematic prin intermediul unei transmisii mecanice. O altă alternativă este strunjirea profilată NC, caz în care forma piesei de prelucrat este generată prin controlul mişcării de avans cu ajutorul datelor de intrare şi prin utilizarea controlului numeric.

3.1.2 Scule de strunjit

Forma şi dimensiunile sculelor de strunjire depind de tipul prelucrării.

Sculele așchietoare moderne cu geometrie definită sunt alcătuite din diferite componente. În general, se pot diferenția:

- partea activă,
- sistem de prindere și fixare și
- corpul de bază al sculei.

Principalul avantaj al acestei divizări în mai multe subsisteme este îmbunătăţirea posibilităţilor de adaptare a sistemului de scule la fiecare operaţie de prelucrare.

Posibile *geometrii de scule* cu plăcuţe din carburi metalice pentru diverse operaţii de prelucrare la strunjire sunt prezentate în **Fig. 3.9.**

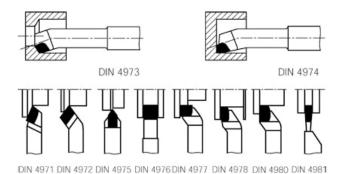


Abb. 3.9 Werkzeugformen beim Drehen für verschiedene Bearbeitungsaufgaben / Geometria sculelor de strunjit cu plăcuţe din carburi metalice

Bei der **Schneidenbefestigung durch Löten** besteht die Gefahr von Rissbildungen, besonders durch unterschiedliche Wärmeausdehnungs-koeffizienten von Schneidplatte und Werkzeug-grundkörper sowie infolge unsachgemäßen Nachschleifens.

Mechanische Befestigungs- bzw. Klemmsysteme vermeiden diese Nachteile und gestatten durch das Verwenden genormter Wendeschneidplatten nach DIN ISO 1832 einen schnelleren Schneidenwechsel unter Wegfall der Kosten für Nachschleifarbeiten.

În cazul **plăcuţelor fixate prin lipire**, există riscul de apariţie a fisurilor, în special din cauza coeficienţilor de dilatare termică diferiţi al plăcuţei şi al corpului sculei, precum şi din cauza reascuţirii necorespunzătoare.

Sistemele mecanice de prindere și fixare a plăcuțelor evită aceste dezavantaje și permit o schimbare mai rapidă a plăcuței amovibile, eliminând în același timp costurile de reascuțire, utilizând plăcuțe standard conform DIN ISO 1832.

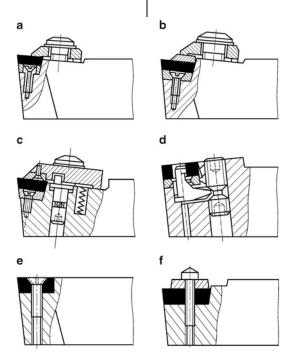


Abb. 3.10 Klemmsysteme für Wendeschneidplatten (nach Krupp-Widia): a mit Klemmfinger, b mit Klemmfinger und Spanformplatte, c mit Klemmpratze und über Exzenter verstellbarer Spanformstufe, d mit Winkelhebel, e mit Schraubenbefestigung ohne Spanformstufe, f mit Schraubenbefestigung und Spanformstufe / Sisteme de fixare a plăcuţelor amovibile [WES 10]

Weiterhin können Positiv- oder Negativplatten eingesetzt werden. **Positivplatten** besitzen einen Keilwinkel <90° und ermöglichen in Klemmsystemen positive Spanwinkel in **Abb.** 3.10a, b und c, während **Negativplatten** einen Keilwinkel von 90° aufweisen und negative Spanwinkel in **Abb.** 3.10d ergeben.

Die Anzahl der verwendbaren Schneiden ist bei Negativplatten doppelt so groß wie bei Positivplatten gleicher Grundform.

3.1.3 Auswahl der Drehwerkzeuge

Werkzeuge für Außenbearbeitung

Schneidplatten / Wendeschneidplatten werden in Klemmhaltern aufgenommen. Für Drehwerkzeuge sind die **Schneidplatten** und **Klemmhalter** genormt.

• Schneidplatten und deren Bezeichnung

Im naechsten Bild kann man eine kleine Auswahl unterschiedlicher Schneideplatten sehen, die sich in der Plattenform, der Spanflächengeometrie und den Schneidstoffen unterscheiden.

Mai mult, pot fi utilizate *plăcuţe pozitive* sau *negative*. Plăcuţele pozitive au un unghi <90° şi permit unghiuri de degajare pozitive în sistemele de prindere în figurile 3.10a, b şi c, în timp ce plăcuţele negative au un unghi de 90° şi prezintă unghiuri negative de aşchiere (figura 3.10d).

Numărul de muchii așchietoare care pot fi utilizate este de două ori mai mare pentru plăcuţele negative, comparativ cu cele pozitive având aceeaşi formă de bază.

3.1.3 Alegerea cutitelor de strung

> Scule pentru prelucrări exterioare

Plăcuţele / Plăcuţele amovibile sunt fixate în suport (corpul cuţitului). Pentru cuţitele de strung **plăcuţele** şi **suporturile** sunt standardizate.

• Plăcuțe și descrierea acestora

În figura următoare se pot vedea diverse tipuri de plăcuţe/ plăcuţe amovibile, care diferă prin formă, geometria feţei de degajare şi materialul din care sunt confecţionate.

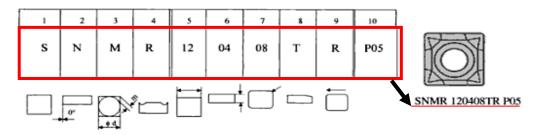
Schneideplattenform / Forme de plăcuţe



Die Bezeichnung/Bennenung der Schneid-platten / Wendeschneidplatten ist in der DIN 4867 genormt. Anhand des Beispiels aus Bild wird weiter die Bezeichnung von Schneide-platten verdeutlicht werden.

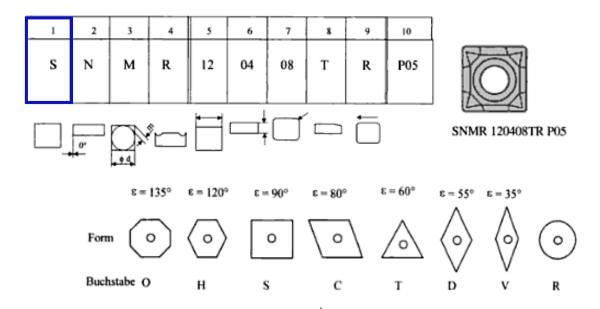
Descrierea plăcuţelor fixe / amovibile este strandardizată prin DIN 4867. Prin intermediul exemplului din figura de ma jos este detaliata în continuare descrierea plăcuţelor cuţitelor de strung.

Beispiel für die Bezeichnung von Schneidplatten / Exemplu descriere cod plăcuţe cuţit de strung



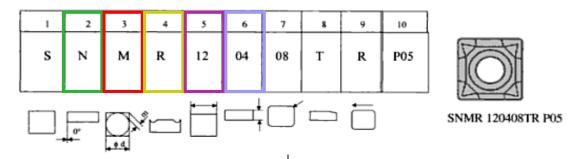
Die einzelnen Bezeichnungspositionen sind numeriert und entsprechen den Nummern der folgenden Aufzählung:

- 1.Schneidplattenform: S ist eine quadratische Platte. Weitere Plattenformen rund, achteckig, sechseckig, rhombisch mit einem Eckenwinkel ε
 = 35-80°, dreieckig können in unten im Bild entnehmen werden.
- Fiecare pozţie din codul de descriere al plăcuţelor este numerotată şi corespunde numerelor din enumerarea următoare:
- 1. Forma plăcuţei: S reprezintă o plăcuţă pătrată. Alte posibile forme de plăcuţe sunt rotundă, octogonală, hexagonală, rombică cu un unghi la vârf de ϵ = 35-80°, triunghiulare sunt prezentate în figura de mai jos.

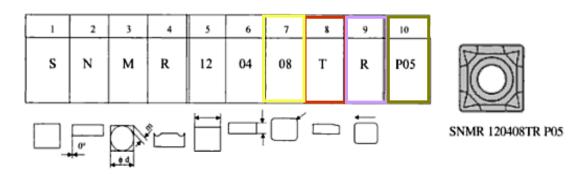


- 2. Freiwinkel α der Platte: das N entspricht einem Freiwinkel α =0°. Weitere Freiwinkel-Buchstaben: A für α =3°, B für α =5°, C für α =7°, D für α =15°.
- 3. Toleranz der Platte: die meisten Schneidplatten haben die Toleranzklasse **M** mit $\phi d \pm (0,05\text{-}0,13)$ mm, m $\pm (0,08\text{-}0,18)$ mm und Plattendicke s $\pm 0,13$ mm.
- 4. Plattentyp Befestigungsart mit und Spanformer: R kennzeichnet eine Platte ohne Bohrung, jedoch mit einseitigem Spanformer. N kennzeichnet eine Platte ohne Bohrung und ohne Spanformer, A eine Platte mit zylindrischer Bohrung ohne Spanformer, M eine Platte mit zylindrischer Bohrung und einseitigem Spanformer, G wie M, jedoch mit beidseitgem Spanformer, und T eine Platte mit Bohrung mit Befestigungsschraube einseitigem und Spanformer.
- 2. Unghiul de așezare al plăcuţei α : N corespunde unui unghi de așezare α =0°. Alte litere pentru descrierea unghiurilor de așezare: A pentru α =3°, B pentru α =5°, C pentru α =7°, D pentru α =15°.
- 3. Toleranţa plăcuţei: cele mai multe plăcuţe au toleranţe corespunzătoare clasei M cu d \pm (0,05-0,13) mm, m \pm (0,08-0,18) mm şi grosimea plăcuţei s \pm 0,13 mm.
- 4. Tipul plăcuţei cu modul de fixare şi forma sfărâmătorului de aşchii: R descrie o plăcuţă fără gaură de fixare cu sfărâmător de aşchii pe o singură muchie. N descrie o plăcuţă fără gaură de fixare şi fără sfărâmător de aşchii, A o plăcuţă cu gaură de fixare cilindrică şi fără sfărâmător de aşchii, M o plăcuţă cu gaură de fixare cilindrică şi sfărâmător de aşchii pe o singură muchie, G şi M cu sfărâmător de aşchii pe două muchii şi T o plăcuţă cu alezaj pentru fixare cu şurub şi fragmentator de aşchii pe o muchie.

- Schneidkantenlänge: hier 12 entspricht einer Schneidkantenlänge von 12,6mm. Die Schnedikanten haben eine Länge zwischen 3,97-32 mm.
- **6. Plattendicke (abgerundete Angaben):** hier **04** entspricht einer Dicke von 4,76 mm. Platten haben eine Dicke zwischen 1,59- 9,52 mm.
- 5. Lungimea muchiei plăcuţei: în exemplul dat 12 corespunde unei lungimi a muchiei plăcuţei de 12,6 mm. Muchiile plăcuţelor au de regulă lungimi cuprinse între 3,97- 32 mm.
- 6. Grosimea plăcuţei: în exemplul dat 04 corespunde unei grosimi de 4,76 mm. Plăcuţele au de regulă grosimi cuprinse între 1,59- 9,52 mm.



- 7. Eckenradius/Schneidenradius r_{ϵ} (Faktor 10): die 08 besagt, dass der Eckenradius der Platte 0,8 mm beträgt. Der Schneidenradius nimmt Werte zwischen 0-3,2 mm an.
- 8. Schneidkantenausführung: hier T kennzeichnet eine Schneidkante mit Fase. Der Buchstabe F kennzeichnet eine scharfe Schneidkante, E eine gerundete und S eine gerundete mit zusätzlicher Fase. Die Fasenbreite beträgt zwischen $b_{fy} = 0,2-2$ mm und der Fasenwinkel $\gamma_f = 10-30^\circ$.
- 7. Raza la vârf a plăcuţei r_ε: 08 indică faptul că raza la vârf a plăcuţei este de 0,8 mm. Raza la vârf a plăcuţei are valori cuprinse între 0-3,2 mm.
- 8. Forma muchiei așchietoare a plăcuţei: în exemplul prezentat litera T descrie o muchie așchietoare cu teșitură. Litera F descrie o muchie ascuţită, E o muchie rotunjită, iar litera S o muchie rotunjită și cu teșitură suplimentară. Lăţimea teșiturii poate avea valori de b_{fy} =0,2-2 mm, unghiul de înclinare al teșiturii γ_f = 10-30°.



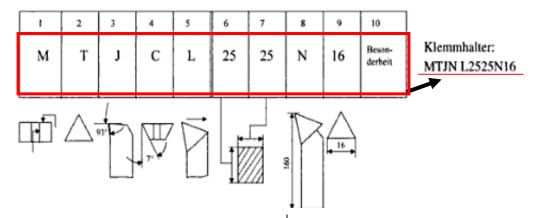
- **9. Schnittrichtung**. Sie ist in diesem Beispiel rechts **R**.
- **10. Schneidstoff** (häufig herstellerspezirfische Bezeichnung): hier Anwendergruppe *P05.*
- Direcţia de aşchiere. În exemplul prezentat direcţia de aşchiere este spre dreapta R.
- 10.Materialul plăcuţei (acesta este de cele mai multe ori o specificaţie a producătorului). În exemplu: carburi metalice din grupa P05.

Bezeichnung der Klemmhalter für die Außenbearbeitung

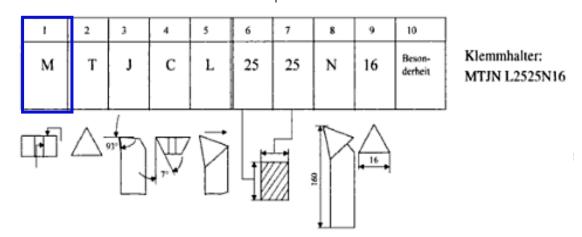
Im Bild ist eine kleine Auswahl von Klemmhaltern für die Außenbearbeitung dargestellt, deren Einteilung und Bezeichnung im folgenden Beispiel verdeutlicht wird.

 Descrierea suportului pentru prelucrări exterioare

În figura este prezentat un exemplu de codificare a suportului pentru plăcuţă, în cazul prelucrărilor exterioare.



Die einzelnen Bezeichnungspositionen sind numeriert und entspechen den Nummern der folgenden Aufzählung: Fiecare dintre pozițiile acestui cod este numerotată și corespunde numerelor din următoarea enumerare:



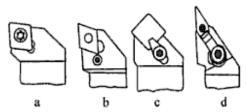
- **1. Art der Klemmung: M** Klemmung über die Bohrung der Schneidplatte und mit Spannfinger. Weitere Klemmarten von Schneidplatte können vom **Bild 3.15** entnommen werden.
 - Klemmart C: von oben über Spannfinger
 - Klemmart M: von oben über Spannfinger und über Bohrung
 - Klemmart P: nur über die Bohrung
 - Klemmart S: über die Bohrung mit einer Spannschraube.

- **1. Modul de fixare:** M fixarea plăcuţei prin gaură şi pârghie. Alte sisteme de fixare ale plăcuţelor sunt reprezentate în **figura 3.15.**
- Mod de fixare C: pe partea superioară prin intermediul pârghiei
- Mod de fixare M: pe partea superioară prin gaură şi prin intermediul pârghiei
- Mod de fixare P: numai prin gaură
- Mod de fixare S: prin gaură prin intermediul şuruburilor

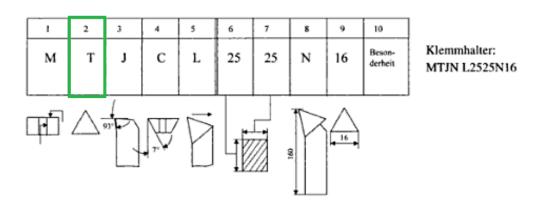
Wendeschneidplatten können mit einem Spannfinger oder Kniehebel oder durch eine Schraube befestigt werden. Die Befestigung durch eine Schraube setzt eine Bohrung in der Schneideplatte voraus, die sie schwächt, aber anderseits sehr einfach aufgebaut ist. Der Plattenwechsel dauert hier länger als bei der Ausführung mit einem Kniehebel. Weder die Kniehebelnoch die Schraubenausführung behindern die Spanabfuhr. Der Spannfinger könnte die Spanabfuhr behindern, anderseits kann in Spannsystem auch ein verstellbarer Spanformer integriert werden, um so eine günstige Spanform zu erreichen.

Plăcuţele interschimbabile pot fi fixate prin intermediul pârghiilor, clemelor sau cu şuruburi. Fixarea cu şuruburi presupune că plăcuţa este prevăzută cu o gaură care îi slăbeşte rezistenţa, dar totodată asigură o fixare foarte simplă. În acest caz fixarea plăcuţei durează mai mult decât în cazul fixării cu pârghie. Cele două modalităţi de fixare a plăcuţelor pot reprezenta un impediment în îndepărtarea aşchiilor, care poate fi eliminat prin integrarea unui sistem de formare a aşchiilor, care să permită generarea unor aşchii cu formă favorabilă.

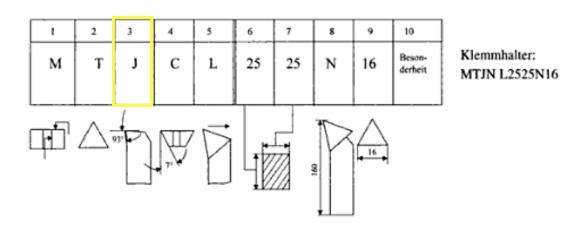
Klemmsysteme für Wendelschneidplatten / Sisteme de fixare ale plăcuţelor



- a Klemmung über Bohrung mit Schraube
- b Klemmung über Bohrung mit Kniehebel
- c Klemmung über Spannfinger
- d Klemmung über Bohrung und Spannfinger
- 2. Plattenform: Buchstabe T kennzeichnnet eine dreieckige Plattenform mit einem Eckenwikel ε=60°. Plattenform S ist quadratisch, O ist rund, L ist rechteckig usw. wie oben gezeigt ist.
- **2. Forma plăcuţei:** litera *T* descrie o plăcuţă triunghiulară cu un unghi la vârf de ε=60°. S descrie o formă pătrată a plăcuţelor, *O* rotundă, *L* dreptunghiulară etc., aşa cum a fost prezentat anterior.



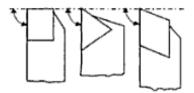
- **3. Halterfom:** der Buchstabe J besagt, dass der Halter einen Einstellwinkel κ =93° hat. Halterformen zum Längsdrehen: A für 90°, B für 75°, E für 60°, D für 45°. Halterformen zum Plandrehen: J für κ =93°, E für E=90°, E für E=75°.
- **3. Forma suportului plăcuţei:** litera J indică faptul că suportul are un unghi de atac principal de κ =93°. Forme de suport pentru strunjirea longitudinală: A 90°, B 75°, E 60°, D 45°. Forme de suport pentru strunjirea plană: J 93°, F 90°, K 75°.



Der Einstellwinkel κ nimmt Werte von 45-107,5°, zur Vorschubrichtung (axial oder/und radial) an. Die einzelnen Klemmhalterformen werden mit Buchstaben von A bis W gekennzeichnet. Die Halterformen werden von den Schneidplattenformen getrennt. da man beispielweise einen Einstellwinkel κ=90° mit unterschiedlichen Schneidplatten erreichen kann, wie Bild deutlich macht.

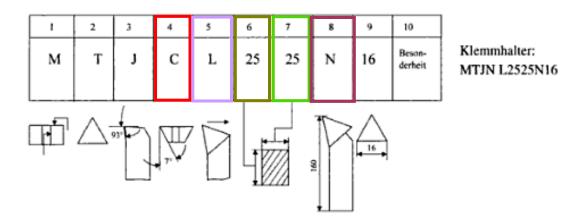
Unghiul de atac principal κ ia valori cuprinse între **45-107,5°** pe direcţia mişcării de avans (axial sau/şi radial). Fiecare formă a suportului plăcuţei este descrisă prin litere de la A la W. Forma suportului este considerată separat de forma plăcuţei, astfel că un unghi de atac principal de κ =90° poate fi obţinut cu diferite tipuri de plăcuţe, aşa cum se arată în figura următoare.

Gleicher Halterform A mit κ =90° mit unterschidelichen Schneidplatten / Acelaşi κ = 90 °obţinut cu diferite tipuri de plăcuţe



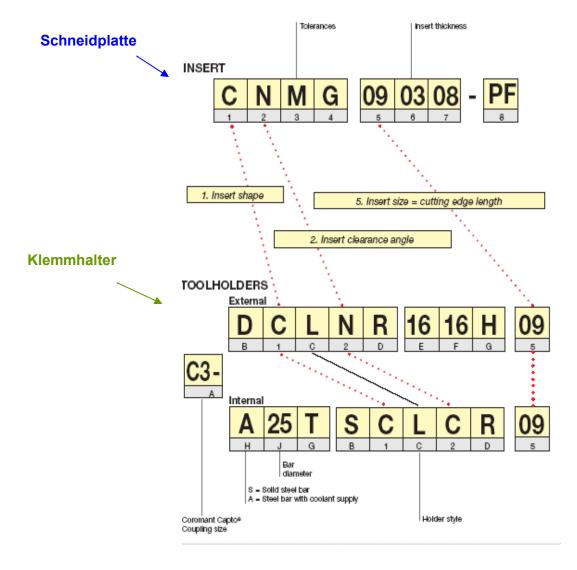
- 4. Freiwinkel der Platte: der Buchstabe C kennzeichnet eine Platte mit einem Freiwinkel α=7°. Weitere Freiwinkel Buchstaben: A für 3°, B für 5°, D für 15°, N für 0°.
- **5. Schnittrichtung**: **L** besagt, dass er für die Schnittrichtung links geeignet ist.
- Schafthöhe: sie beträgt in diesem Beispiel 25 mm
- 7. Schaftbreite: sie beträgt 25 mm.
- **8. Werkzeuglänge**: der Buchstabe **N** kennzeichnet einen Klemmhalter mit einer Gesamtlänge von 160 mm. Weitere Werkzeuglängen Buchstaben: A für 32 mm, C für 50 mm, H für 100 mm, M für 150 mm, R für 200 mm.

- 4. Unghiul de aşezare al plăcuţei: litera C descrie o plăcuţă cu un unghi de aşezare de α=7°. Alte exemple de litere pentru descrierea unghiului de aşezare: A-3°, B-5°, D 15° şi N-0°.
- **5. Direcţia de aşchiere:** litera *L* indică faptul că direcţia de aşchiere este spre stânga.
- **6. Înălţimea suportului (corpului cuţitului):** în exemplu înălţimea suportului este de 25 mm.
- 7. Lăţimea suportului (corpului cuţitului): în exemplu lăţimea suportului este de 25 mm.
- **8. Lungimea sculei:** litera N descrie un suport cu lungimea totală de 160 mm. Alte exemple de litere care descriu lungimea sculei aşchietoare sunt: *A* pentru 32 mm, *C* pentru 50 mm, *H* pentru 100 mm, *M* pentru 150 mm, *R* pentru 200 mm.



- **9. Schneidkantenlänge**: die Schneidplatte hat eine Länge von 16 mm.
- **10. Sonderformen**, auch herstellerbezogen oder höhere Genauigkeit.
- **9. Lungimea muchiei plăcuţei:** muchia păcuţei are lungimea de 16 mm
- **10. Forme speciale,** specificaţii ale producătorului sau o precizie superioară.

Korelation der Benennunkode / Corelaţia codurilor descriere plăcuţă - cod descriere suport



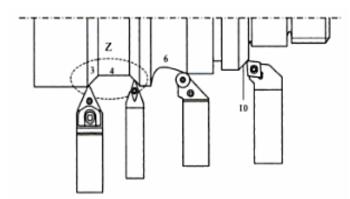
Werkzeuge zum Formdrehen/Kopierdrehen

Da ein längeres, zusammenhängendes Werkstückprofil früher ausschließlich mittels einer Schablone auf Werkstück übertragen /kopiert wurde, wird das Formdrehen auf NC-Maschinen in der Praxis Kopierdrehen oder Kurzkopieren gennant. Das klassische Kopierdrehen wird mit einer profilierten Schneide durchgeführt.

Scule pentru strunjirea profilată

Dacă iniţial un semifabricat lung cu profil complex era prelucrat exclusiv cu ajutorul unui şablon a cărui geometrie era copiată pe suprafaţa sa, strunjirea profilată se realizează în prezent pe strunguri NC şi se numeşte în practică strunjire de copiere sau simplu copiere, chiar dacă din punct de vedere al terminologiei exprimarea nu este corectă. Strunjirea profilată se realizează cu ajutorul unei scule profilate.

Werkzeuge zum Profildrehen im Einsatz / Scule pentru strunjire profilată

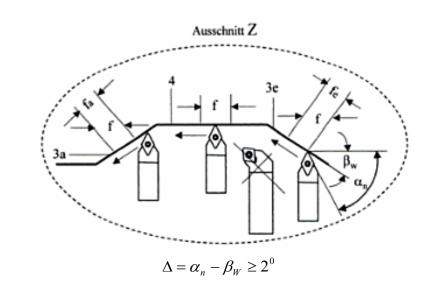


Beim **Formdrehen** unterscheidet es sich nicht mehr zwischen Plan- und Längsdrehen, sondern, wie der Begriff bereits aussagt, bezieht es auf eine Form, eine zusammenhängebde, beliebige Kontur mit unterschiedlichen Durchmessern.

Beim Formdrehen ändern sich die Spanungsbreite b, der effektive Vorschub f und der Einstellwinkel K. Um dennoch einen sicheren Spanbruch zu erreichen, werden die Plattengeometrie hohe Anforderungen gestellt. Bild Teilkonturen 3 und die des Beispielwerkstücks im Ausschnitt Z

La **strunjirea formelor** nu se mai face diferenţierea între strunjire plană şi longitudinală ci, aşa cum reiese din denumire, rezultă o formă, un contur complex cu diferite diametre pe lungime.

La strunjirea formelor se modifică continuu *lăţimea* de așchiere, avansul efectiv și unghiul de atac principal. Pentru a se asigura totuși o fragmentare sigură a așchiilor se impun cerințe suplimentare ale geometriei plăcuței. Figura prezintă contururile 3 și 4 în detaliul Z.



Ein- und Auswärtskopieren / Strunjire de copiere

Das im **Bild 3.21** durchgestrichen dargestellten Werkzeug eignet sich nicht für das Formdrehen des Konturabschnittes 3e, da dessen Freiwinkel α_n , an der Nebenschneide kleiner ist als der Konturwinkel β_w des Werkstücks. In diesem Fall wäre Δ <0°, d.h. die Werkstückkontur mit dem Konturwinkel β_w , kann nicht hergestellt werden.

Gewindedrehen

Beim Gewindedrehen ist es zu beachten, dass die:

- Schneidenspitze auf Drehmitte eingestellt wird
- Zustellung rechtwinkelig zur Drehachse erfolgt.

Die Herstellung eines Gewinde ist **zeitintensiv**, da ein Gewinde in **mehreren Schnitten** erzeugt wird. Bei einer Steigung p=1 mm, sind es 6-10 Schnitte und bei der Steigung p von 3 mm ca. 15-30 Schnitte.

Bild zeigt drei Möglichkeiten der Zustellung bei der Gewindeherstellung auf NC-Maschinen:

- a. radiale Zustellung: sie ist am gebräuchlichsten.
 Beide Schneidenflanken werden gleichmäßsig beansprucht
- b. Flankenzustellung: besserer Spanablauf, allerdings reibt das Werkzeug an der rechten nichtschneidenden Flanke. Sie wird bei großen

Scula așchietoare marcată în **figura 3.21** nu este corespunzătoare pentru strunjirea conturului 3e, deoarece unghiul de așezare α_n al acesteia pe tăișul secundar este mai mic decât unghiul de înclinație al conturului β_w . În acest caz $\Delta < 0^\circ$, ceea ce înseamnă că porțiunea de contur a semifabricatului cu înclinația β_w nu poate fi prelucrată.

Strunjirea filetelor

La strunjire trebuie avut în vedere că:

- vârful sculei trebuie reglat pe axa de rotaţie,
- scula se poziționează perpendicular pe axă.

Strunjirea filetelor este o operație cu **productivitate mică**, deoarece filetele se prelucrează din **mai multe treceri**. La un pas p=1 mm sunt necesare 6-10 treceri, iar la prelucarea unui filet cu pasul p=3 mm circa 15-30 treceri.

Figura indică trei posibilități de divizare a adaosului de prelucrare la strunjire a filetelor pe strunguri NC:

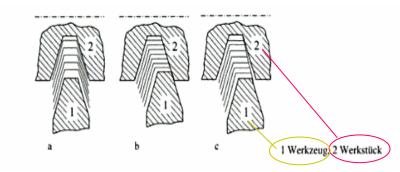
- a. pe direcţie radială: este cea mai frecvent utilizată metodă. Ambele flancuri ale filetului sunt generate simultan.
- b. pe flanc: asigură o mai bună degajare a aşchiilor, însă apar frecări mari între flancul drept al filetului şi muchia sculei care nu

Gewindesteigungen eingesetzt

c. modifizierte Flankenzustellung: kein Reiben an der rechten Flanke und dadurch bessere Gewindeoberflächen.

- așchiază. Metoda se aplică la prelucrarea filetelor cu pas mare.
- c. pe flanc modificat: se elimină frecările pe flancul drept rezultând astfel o mai bună calitate a suprafeţelor filetului.

Zustellung beim Gewindedrehen (a) radiale Zustellung (b) Flankenzustellung, (c) modifizierte
Flankenzustellung / Divizarea adaosului la strunjirea filetelor: (a) pe direcţie radială, (b) pe flanc, (c) pe flanc
modificat



Um die Anzahl der Durchgänge zu verringern setzt man auch **mehrzahnige (zwei-** oder **dreischneidige)** Gewindeschneidplatten ein. Beim Gewindestrehlen, nimmt die radiale Zustellung vom ersten bis zum letzten Zahn zu und das Gewinde wird in einem Durchgang gefertigt.

Der erforderliche Gewindeauslauf ist hierbei größer, er entspricht der Länge der Gewindeplatte. Bei **mehrgängigen Gewinde** werden die einzelnen Gewindegänge meistens nacheinander gefertigt, d.h. zuerst wird der erste Gewindegang in mehreren Schnitten gefertigt und danach der zweite usw.

> Werkzeuge für Innenbearbeitung

Bei der Innenbearbeitung liegen die zu bearbeitenden Flächen im Werkstück. Für die Innenbearbeitung werden in der Reihefolge Bohrstangen verwendet.

• Schneidplatten für Innenbearbeitung

Für die Innenbearbeitung verwendet es die gleichen Schneidplattten wie für die Außenbearbeitung, deren Bezeichnung und Ausführung kennengelernt ist.

Pentru a diminua numărul de treceri se folosesc plăcuţe multităiş pentru strunjirea filetelor (cu două sau trei tăişuri). În acest caz avansul radial al tăişurilor creşte de la primul până la ultimul dinte, filetul fiind astfel prelucrat într-o singură trecere.

În acest caz lungimea de ieşire din aşchiere este mai mare, corespunzător lungimii taişurilor sculei. La **filetele cu mai multe începuturi**, se prelucrează de cele mai multe ori succesiv fiecare început, fiecare din mai multe treceri.

> Scule pentru prelucrări interioare

La prelucrările interioare suprafeţele care se prelucrează sunt mai puţin accesibile. La aceste prelucrări se utilizează de regulă bare de strunjit.

• Plăcuţe pentru prelucrări interioare

Pentru prelucrările interioare se utilizează aceleaşi plăcuţe ca şi pentru cele exterioare, a căror descriere a fost făcută anterior.

• Klemmhalter für Innenbearbeitung

Din einzelnen Bezeichnungspositionen sind numeriert und entsprechen den Nummern der folgenden Aufzählung:

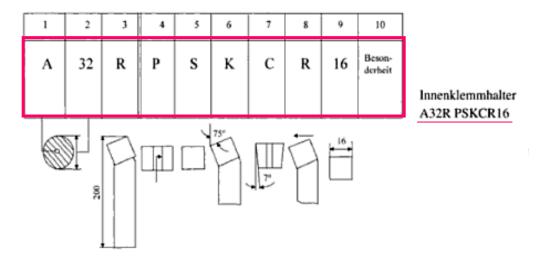
- Schaftausführung: der Buchstabe A steht für Stahlschaft mit Kühlbohrung, B für Stahlschaft mit Dämpfung, C - Hartmetallschaft mit Stahlkopf, S -Stahlschaft.
- 2.Schaftdurchmesser: D=32 mm
- 3. Werkzeuglänge: der Buchstabe R kennzeichnet einen Klemmhalter mit einer Gesamtlänge vom 200 mm
- **4.Art der Klemmung**: **P** = Klemmung über die Bohrung
- **5. Plattenform**: der Buchstabe **S** kennzeichnet eine quadratische Platte mit einem Eckenwinkel ε =90°
- **6.Halterform**: der Buchstabe **K** besagt, dass der Halter einen Einstellwinkel κ=75° hat
- 7.Freiwinkel der Platte: der Buchstabe C kennzeichnet eine Platte mit einem Freiwinkel α=7°
- **8.Schnittrichtung**: **R** besagt, dass der Halter für die Schnittrichtung rechts geeignet ist
- 9.Schneidkantenlänge: die Schneidplatte hat eine Länge von 16 mm
- 10.Sonderformen oder hähere Genauigkeit.

• Suporturi de plăcuță la prelucrările interioare

Fiecare poziție din codul de descriere al corpului cuţitului pentru prelucrări interioare este numerotată şi corespunde numerelelor din enumerarea următoare:

- **1.Modul de realizare al corpului:** litera *A* corespunde unui corp din oţel cu canal de răcire, *B* pentru corp din oţel cu amortizor, *C* pentru corp din metale dure, *S* corp din oţel.
- 2. Diametrul corpului: D = 32 mm
- **3. Lungimea sculei**: litera R descrie un corp al sculei cu lungimea totală de 200 mm
- 4. Tipul de fixare a plăcuţei: P = fixare prin gaură
- **5. Forma plăcuţei**: litera S descrie o plăcuţă pătrată cu un unghi la vârf $\epsilon = 90^{\circ}$
- **6.Forma corpului:** litera K descrie un corp cu un unghi de atac principal κ = 75°
- 7. Unghiul de așezare al plăcuţei: litera C indică o plăcuţă cu un unghi de așezare $\alpha = 7^{\circ}$
- **8. Direcţia de aşchiere:** R indică faptul că suportul corespunde aşchierii pe dreapta
- **9. Lungimea muchiei plăcuţei:** muchia plăcuţei are o lungime de 16 mm
- 10. Forme speciale sau precizii superioare

Beispiel für die Bezeichnung von Klemmhaltern für die Innenbearbeitung / Exemplu de descriere a suportului pentru plăcuţă la prelucrări interioare



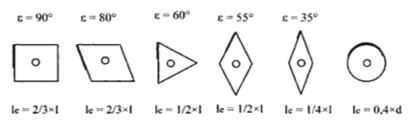
3.1.4. Richtlinien zur Werkzeugauswahl

- Schaftabmessungen: möglichst großen Schaftquerschnitt und geringe Schaftlänge, um das Auftreten vom Schwingungen zu vermeidenverringern.
- Klemmhaltersysteme: für Schruppen die stabile Klemmung mit Spannfinger oder Kniehebel bevorzugen, während zum Schlichten die Schraubenspannung ausreicht.
- Halterform: der Einstellwinkel κ sollte so klein wie möglich gewählt werden. Bei labilen, schlanken Werkstücken muss der Einstellwinkel groß gewählt werden, bis 90°, um die Passivkraft zu verringern, die das Werkstück radial abdrängt.
- Plattenform: sie bestimmt den Eckenwinkel ε. Je größer der Eckenwinkel ist, um so stabiler ist die Schneide, so dass die Belastungen durch Vorschub und Schnitttiefe erhöht werden können. Schruppen einen möglichst großen Eckenwinkel wählen. Ein kleiner Eckenwinkel bedingt eine bessere Zugänglichkeit zum Werkstück und einen vielseitigeren Einsatz. Zum Formdrehen mit werden Platten einem Eckenwinkel zwischen 35-60° eingesetzt.
- Plattengröße: ist die maximale Schnitttiefe festgelegt, kann daraus die erforderliche Plattengröße/Schneidkantenlänge ermittelt werden, wie Bild zeigt.

3.1.4. Recomandări pentru alegerea sculelor

- Dimensiunea corpului sculei: pe cât posibil se alege un corp cu secţiune mare şi lungime mică pentru a elimina sau diminua apariţia vibraţiilor.
- Sistemul de fixare: la degroşare se recomandă fixarea plăcuţelor cu pârghie în timp ce la finisare este suficientă fixarea cu şurub.
- Forma corpului: unghiul de atac principal κ trebuie ales cât mai mic posibil. La semifabricatele zvelte se recomandă însă alegerea unor unghiuri de atac mari, până la 90°, pentru diminuarea forţei pasive, care respinge scula pe direcţie radială.
- Forma plăcuţei: defineşte unghiul la vârf ε. Cu cât unghiul ε este mai mare cu atât stabilitatea tăişurilor plăcuţei va fi mai mare iar încărcarea (solicitările) datorită avansului şi adâncimii de aşchiere pot fi mai mari. La degroşare se alege un unghi la vârf cât mai mare posibil. Un unghi mai mic necesită o accesibilitate mai mare la suprafaţa semifabricatului. La strunjirea profilată se recomandă utilizarea plăcuţelor cu unghiuri la vârf de 35-60°.
- Dimensiunea plăcuţei: Odată determinată adâncimea de aşchiere maximă, se pot stabili dimensiumea plăcuţei respectiv lungimea muchiei aşchietoare, aşa cum se arată în figură.

Einfluss der Schneidelänge / Eingriffslänge /c auf die Plattengröße (Ic – Länge der im Eingriff befindlichen Schneide, I – Plattenlänge, d - Durchmesser) / Influenţa lungimii muchiei aşchietoare / lungimii muchiei aflată în aşchiere asupra grosimii plăcuţei



- Eckenradius r_{ε} verbindet die Hauptschneide mit der Nebenschneide und ist beim Spanen an der zentralsten Stelle. Ein großer Eckenradius erhöht die Stabilität der Schneide, verbessert die
- Raza la vârf a plăcuţei r_ε: face conexiunea între tăişul principal şi cel secundar al plăcuţei şi are un rol important în aşchiere. O rază la vârf mare creşte stabilitatea tăişurilor, îmbunătăţeşte

Oberflächenrauheit und erhöht die Vibrationsgefahr. Der Eckenradius begrenzt den zulässigen Vorschub:

f≈ 0,3 r_ε beim Schlichten

f≈ 0,5 r_ε beim Schruppen

Runde Schneidplatten haben einen sehr großen Eckenradius und eignen sich daher für starkes Schruppen auch im unterbrochenen Schnitt, der beispielweise beim Überdrehen einer Längstnut ensteht.

 Spanflächenge1ometrie: Häufig Schneidengeometrie oder Plattentyp genannt: um einen sicheren Spanbruch zu erreichen, werdem die Spanflächen mit einer bestimmten Geometrie erzeugt. rugozitatea suprafeței prelucrate și crește riscul de apariție a vibraţiilor. Raza la vârf limitează mărimea avansului:

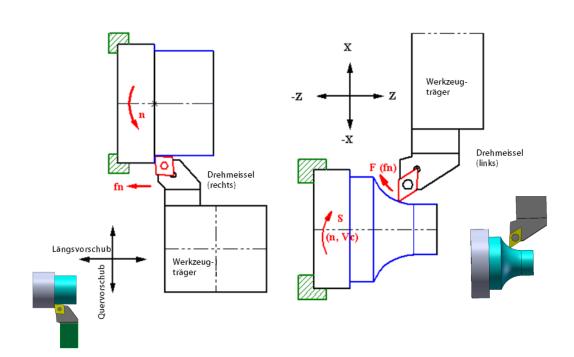
f~ 0,3 r_ε la finisare

f~ 0,5 r_ε la degroşare

Plăcuţele rotunde au o rază la vârf foarte mare şi sunt recomandate pentru degroşări chiar şi la prelucrări discontinue, de exemplu la prelucrarea unui canal longitudinal.

 Geometria feţei de degajare: adesea geometria tăişurilor sau tipul plăcuţei sunt definitorii pentru fragmentarea corespunzătoare a aşchiilor.

Ähnlichkeiten und Unterschiede: konventionell/CNC / Asemănări și deosebiri: convențional/CNC [Car 18]



3.2 Bohren. Senken. Reiben

Bohren ist Spanen mit kreisförmiger Schnittbewegung, bei dem die Drehachse des Werkzeugs und die Achse der zu erzeugenden Innenfläche identisch sind und die Vorschubbewegung im Vergleich zum Innendrehen

3.2 Găurirea, Lamarea, Alezarea

Găurirea este procesul de așchiere la care mișcarea principală este o mișcare de rotație, axa de rotație a sculei și axa suprafeței interioare care urmează să fie prelucrată sunt identice și mișcarea de avans poate fi numai în direcția acestei axe de

nur in Richtung dieser Drehachse verlaufen darf.

Senken ist Bohren zum Erzeugen von senkrecht zur Drehachse liegenden Planflächen oder symmetrisch zur Drehachse liegenden Kegelflächen bei meist gleichzeitigem Erzeugen von zylindrischen Innenflächen.

Reiben ist ein Aufbohren zwecks Erhöhung der Oberflächengüte bei geringen Spanungsdicken.

3.2.1 Bohrverfahren

Die Einteilung der Bohrverfahren nach DIN 8589, zeigt Abb. 3.13. Unter *Plansenken* versteht man Senken zur Erzeugung von senkrecht zur Drehachse der Schnittbewegung liegenden ebenen Flächen, wie Abb. 3.14 zeigt.

Es kann zwischen dem *Planansenken* und dem Planeinsenken unterschieden werden. Durch Planansenken Werkstück werden am hervorstehende Planflächen gefertigt. Das Planeinsenken dient zum Erzeugen von im Werkstück vertieften Planflächen; hierbei entsteht gleichzeitig eine kreiszylindrische Innenfläche.

rotatie, spre deosebire de strunjirea interioară.

Lamarea este utilizată pentru a produce suprafeţe plane perpendiculare pe axa de rotaţie sau suprafeţe conice simetrice faţă de axa de rotaţie, cu generarea simultană a suprafeţelor interioare cilindrice.

Alezarea este o operaţia de lărgire cu scopul de a creşte calitatea suprafeţei la grosimi mici ale aşchiilor.

3.2.1 Procedee de găurire

Clasificarea procedeelor de găurire conform DIN 8589, este prezentată în **figura 3.13**. Prin *lamare* plană se înțelege prelucrarea suprafețelor plane, perpendiculare pe axa de rotație a mişcării de așchiere, așa cum se arată în **figura 3.14**.

Trebuie să se facă distincția între *planarea* suprafețelor exterioare și interioare. Primul procedeu se obțin suprafețe plane amplasate pe proeminențe (bosaje). Al doilea procedeu este utilizat pentru a crea suprafețe plane încastrate în piesa de prelucrat fiind simultan prelucrată o suprafață interioară cilindrică (lamaje).

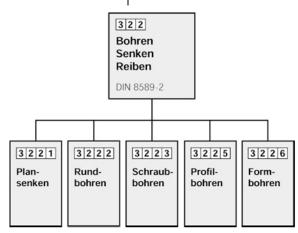


Abb. 3.13 Einteilung der Bohrverfahren (nach DIN 8589-2) / Clasificarea procedeelor de găurire

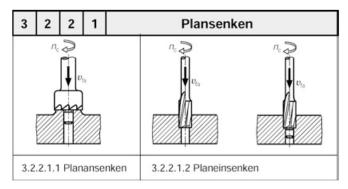


Abb. 3.14 Plansenkverfahren / Lärgire şi adâncire

Rundbohren kennzeichnet einen Bohrvorgang zum Erzeugen einer kreiszylindrischen, koaxial zur Drehachse der Schnittbewegung gelegenen Innenfläche. Nach DIN werden Rund-Bohrverfahren nach Merkmalen des Werkzeugeingriffs unterteilt. Man unterscheidet zwischen:

- Bohren ins Volle,
- Kernbohren,
- Aufbohren und
- Reiben.

Beispiele für das Rundbohren mit symmetrisch angeordneten Hauptschneiden zeigt Abb. 3.15. Beim Rundbohren ins Volle wird mit dem Werkzeug ohne Vorbohren in den Werkstückstoff gebohrt.

Găurirea este o operație de găurire cu scopul de a prelucra o suprafață interioară circulară coaxială cu axa de rotație a mișcării de așchiere. Conform DIN, metodele de găurire sunt împărțite în funcție de caracteristicile sculei.

Se diferențiază între:

- Găurirea în plin,
- · Găurirea inelară,
- Lărgirea
- · Alezarea.

Exemple de procedee de găurire cu scule cu muchii așchietoare dispuse simetric sunt prezentate în figura 3.15. Pentru găurirea în plin, scula pătrunde în material fără o pregăurire prealabilă a materialului.

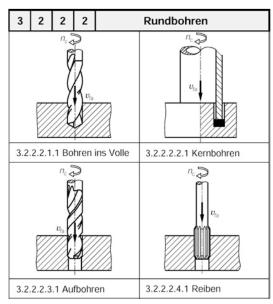


Abb. 3.15 Rundbohrverfahren / Procedee de prelucrare a găurilor [WES 10]

Kernbohren ist Bohren, bei dem das Bohrwerkzeug den Werkstückstoff ringförmig zerspant und gleichzeitig mit der Bohrung ein kreiszylindrischer Kern entsteht bzw. übrig bleibt.

Mit **Aufbohren** bezeichnet man solche Bohrverfahren, die zur Vergrößerung einer bereits vorgefertigten Bohrung (z.B. durch Gießen oder Vorbohren) dienen.

Reiben ist als weitere Untergruppe des Rundbohrens definiert. Beim Rundreiben werden maß formgenaue, kreiszylindrische und Innenflächen mit hoher Oberflächengüte durch Aufbohren mit geringer Spanungsdicke erzielt. Es kann dabei je nach Art des verwendeten Reibwerkzeugs zwischen mehrschneidigem Reiben und einschneidigem Reiben unterschieden werden.

Găurirea inelară (cu miez) este procedeul de găurire la care burghiul așchiază inelar materialul semifabricatului şi formează simultan cu prelucrarea găurii un miez cilindric.

Lărgirea este cunoscută sub numele de metode de găurire care se utilizează pentru a mări diametrul unei găuri deja existente (de ex., prin turnare sau pregăurire).

Alezarea este o altă subgrupă a burghierii. În cazul alezării cilindrice, se urmăreşte îmbunătăţirea preciziei dimensionale, de formă şi a rugozităţii suprafeţelor cilindrice interioare, adaosul de prelucrare fiind mic. În funcţie de tipul de sculelor utilizate se disting prelucrarea cu alezor mono- sau multităiş.

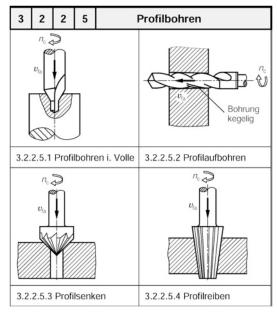


Abb. 3.16 Profilbohrverfahren / Procedee de găurire profilată [WES 10]

Einige ausgewählte Profilbohrverfahren sind in Abb. 3.16 dargestellt. *Profilbohren ins Volle* ist Bohren in den vollen Werkstückstoff zum Erzeugen von rotationssymmetrischen Innen-profilen, die durch das Hauptschneiden-profil des Bohrwerkzeugs bestimmt sind (z.B. Profilbohren mit Zentrierbohrer).

Câteva procedee de găurire profilată sunt prezentate în figura 3.16. *Prelucrarea în plin a găurilor profilate* reprezintă operaţia prin care se prelucrează suprafeţe de rotaţie interioare profilate rezultate prin copierea profilului sculei pe suprafaţa semifabricatului (de ex. găuri de centrare).

Beim **Profilaufbohren** wird das jeweilige Innenprofil durch Aufbohren hergestellt (z.B. Aufbohren einer kegeligen Innenfläche für Kegelstifte). Weitere Profilbohrverfahren sind das *Profilsenken* und das *Profilreiben*.

Lărgirea suprafeţelor profilate permite realizarea unor suprafeţe interioare conice. Alte metode de găurire profilată sunt lamarea conică şi alezarea profilată.

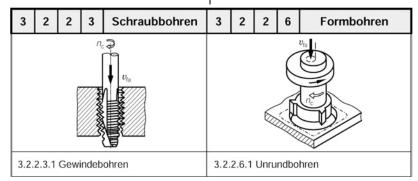


Abb. 3.17 Schraub- und Formbohren / Tarodarea şi prelucrarea găurilor necirculare [WES10]

Schraubbohren ist Bohren mit einem Schraubprofilwerkzeug in ein vorhandenes bzw. Vorgebohrtes Loch, hierbei entstehen koaxial zur Schnittbewegung liegende Innenschraubflächen, gemäß Abb. 3.17.

Formbohren sind Bohrverfahren mit gesteuerter Schnitt- bzw. Vorschubbewegung zur Erzeugung von Innenflächen, die von der kreiszylindrischen Form abweichen. Abbildung 3.17 zeigt das Unrundaufbohren eines gegossenen oder vorgebohrten Loches.

3.2.2 Bohrwerkzeuge

Die Bauformen von Bohrwerkzeugen sind äußerst vielfältig. Trotz der Vielzahl von standardisierten Bohrwerkzeugen nimmt der Anteil von an die jeweilige Bearbeitungsaufgabe angepassten Sonderwerkzeugen ständig zu.

Für die Fertigungsverfahren Bohren lassen sich zeitlich aufeinanderfolgende Fertigungsstufen unterscheiden. In **Abb. 3.18** sind den nach DIN 8589-2 definierten Fertigungsverfahren und den daraus abgeleiteten Fertigungsstufen für bestimmte zu erzeugende Formelemente typische Bohrwerkzeuge zugeordnet.

Tarodarea este procedeul de prelucrare a unui filet interior într-o gaură existentă, coaxial cu mişcarea de așchiere, conform **Fig. 3.17**.

Prelucrarea găurilor prin generare cinematică este o metodă de găurire la care mişcarea de aşchiere şi cea de avans sunt combinate pentru a produce suprafețe interioare care se abat de la forma cilindrică circulară. Figura 3.17 prezintă găurirea necirculară a unei găuri turnate sau pregăurite.

3.2.2 Scule pentru găurire

Forma construtivă a burghielor este extrem de diversă. În ciuda numărului mare de burghie standardizate, proporția sculelor speciale adaptate la operația de prelucrare este în continuă creștere.

În cadrul procesului de fabricaţie, operaţiile de prelucrare a alezajelor pot fi ordonate în funcţie de succesiunea de realizare. În figura 3.18, sculele de găurit tipice sunt asociate proceselor de prelucrare definite în conformitate cu DIN 8589-2 şi etapelor de producţie derivate din acestea pentru anumite tipuri de suprafeţe.

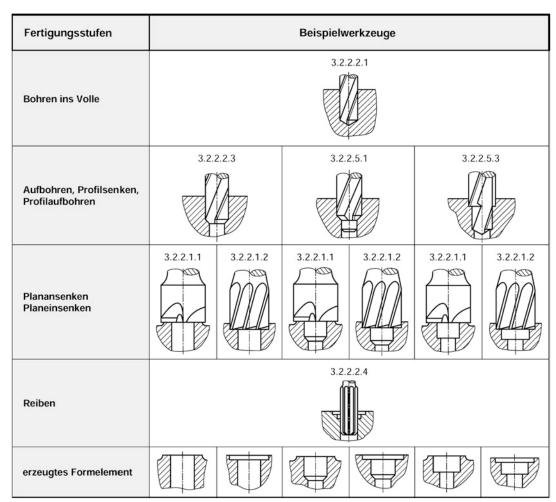


Abb. 3.18 Werkzeuge für verschiedene Fertigungsstufen beim Bohren / Scule pentru prelucrarea găurilor [WES 10]

Der Wendelbohrer zählt zu den am meisten verwendeten Bohrwerkzeugen. Je nach der Größe des Seitenspanwinkels γ (Drallwinkel) und des Spitzenwinkels σ können verschiedene Wendelbohrertypen unterschieden werden, wie Abb. 3.19 verdeutlicht.

Mit Wendelbohrern lassen sich i.Allg. Bohrungen mit einem Verhältnis **Bohrtiefe** /Bohrungsdurchmesser $I_w/d_w < 5$ ohne Schwierigkeiten speziellen erzeugen. Mit Tiefbohrwerkzeugen heute I_w/d_w können Verhältnisse im Bereich von 150 bis 200 erreicht werden.

Spitzenwinkel und Querschneide

Praktisch gibt es keine Querschneide bei Vollhartmetallbohrern. Die axiale Schnittkraft wird deutlich reduziert, da praktisch keine Querschneide Burghiul elicoidal este una dintre cele mai utilizate scule pentru găurire. În funcție de mărimea unghiului lateral γ și a unghiului la vârf σ , se pot distinge diferite tipuri de burghie elicoidale, așa cum este ilustrat în figura 3.19.

Cu burghiele elicoidale pot fi prelucrate fără dificultate găuri cu un raport adâncime de găurire / diametrul găurii $I_w/d_w<5$. Prin intermediul burghielor pentru găuri adânci se pot prelucra în prezent găuri având rapoartele I_w/d_w cuprinse între 150 şi 200.

Unghiul la vârf și tăișul transversal

Burghiele monobloc din carburi metalice nu au practic un tăiș transversal. Din acest motiv, forța de așchiere pe direcție radială este diminuată

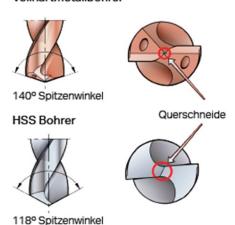
bei Vollhartmetallbohrern angeschliffen ist. Dies sorgt für längere Standzeit und höhere Produktivität.

Das Ergebnis ist eine bessere Zentrierung. Außerdem werden die Späne enger an der Bohrerspitzenmitte geschnitten. Dadurch besteht kein Bedarf für Zentrierbohrer [www.sandwik.de]..

considerabil. De asemenea este asigurată astfel o mai mare durabilitate a sculei și o productivitate mai mare.

Un alt efect constă într-o mai bună centrare a burghiului. Așchiile se formează mai aproape de vârful burghiului, ceea ce face să nu mai fie necesară o centruire prealabilă [www.sandwik.de].

Vollhartmetallbohrer

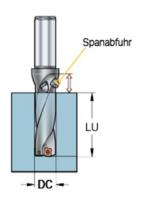


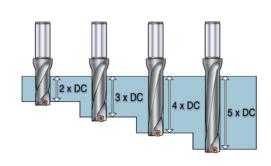
Maximale Bohrungstiefe

Die Bohrungstiefe (LU) bestimmt die Wahl des Werkzeuges. Die maximale Bohrungstiefe ist eine Funktion des Bohrungsdurchmessers DC und der Bohrungstiefe (z.B.: Max. Bohrungstiefe LU = 3 x DC) [www.sandwik.de].

Adâcimea maximă de găurire

Adâncimea maximă găurii (LU) influențează alegerea burghiului. Adâncimea maximă a găurii este determinată de diametrul găurii *DC* și adâncimea acesteia (de ex: adâncimea max de găurire LU= 3 x DC) [www.sandwik.de]..





Tiefbohrwerkzeuge finden heute aber auch zum Fertigen von Bohrungen mit höheren Anforderungen an die Maßgenauigkeit (IT 7 bis IT 10) und an die Form- und Lagegenauigkeit Anwendung. Werkzeuge zum Tiefbohren sind:

- Einlippenbohrwerkzeuge,
- Bohrköpfe (Abbildung 3.20).

Sculele pentru prelucrarea găurilor adânci sunt de asemenea utilizate pentru găurile cu cerințe mai mari privind precizia dimensională (IT 7 la IT 10), precizia formei şi poziţiei. Sculele pentru găurirea adâncă sunt:

- · Scule cu un singur tăiş,
- Capete de găurit (Figura 3.20).

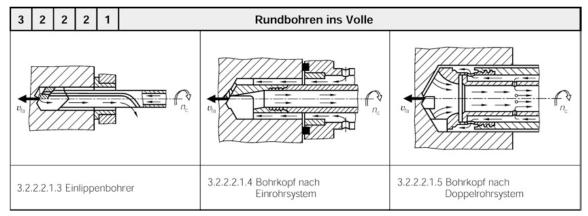


Abb. 3.20 Anwendung von Tiefbohrwerkzeugen beim Rundbohren ins Volle / Utilizarea sculelor pentru prelucrarea găurilor adânci [WES 10]

3.3 Fräsen

Fräsen ist ein spanendes Fertigungsverfahren, das mit meist mehrzahnigen Werkzeugen bei kreisförmiger Schnittbewegung und senkrecht oder auch schräg zur Drehachse gerichteter Vorschubbewegung nahezu beliebig geformte Werkstückflächen zu erzeugen vermag.

Wesentliche Verfahrensmerkmale sind die im Gegensatz zu anderen Verfahren (z. B. Drehen und Bohren) sich stetig verändernden Eingriffsverhältnisse.

Unterbrochener Schnitt und die in Abhängigkeit vom Vorschubrichtungswinkel nicht konstanten Spanungsdicken und damit verbundenen Schnittkraftschwankungen erfordern ein gutes dynamisches Verhalten des Systems Werkstück – Werkzeug – Werkzeugmaschine.

3.3.1 Fräsverfahren

Fräsverfahren werden nach DIN 8589-3 in *Plan-, Rund-, Schraub-, Wälz-, Profil-* und *Formfräsen* unterteilt, wie aus **Abb. 3.22** hervorgeht.

Nach Art des Werkzeugeingriffs kann zwischen:

- Umfangsfräsen,
- Stirnfräsen und
- Stirn-Umfangsfräsen

unterschieden werden.

3.4 Frezarea

Frezarea este un proces de prelucrare care permite realizarea aproape oricărei geometrii a suprafeţei, cu ajutorul unor scule multităiş cu o mişcare de aşchiere circulară şi mişcări de avans perpendiculare sau oblice faţă de axa de rotaţie.

Caracteristica principală a frezării este faptul că prelucrarea este discontinuă, spre deosebire de alte metode (de ex. strunjire sau găurire).

Așchierea discontinuă și grosimea variabilă a așchiei, care depinde de direcţia mişcării de avans și fluctuaţiile forţei de așchiere, necesită un comportament dinamic bun al sistemului tehnologic sculă - semifabricat - maşina unealtă.

3.3.1 Procedee de frezare

Procedeele de frezare sunt împărţite în conformitate cu DIN 8589-3 în: frezare plană, frezare circulară, frezare filetelor, frezare prin rulare, frezare profilată, aşa cum se arată în figura 3.22. În funcție de tipul de sculei utilizate se disting:

- · Frezarea cilindrică,
- Frezarea frontală și
- Frezarea cilindro-frontală.

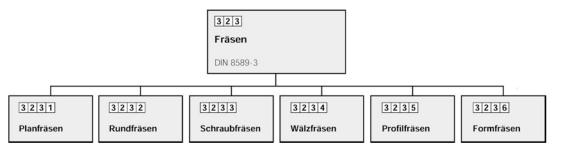


Abb. 3.22 Einteilung der Fräsverfahren (nach DIN 8589-3) / Clasificarea procedeelor de frezare

Hierbei erzeugen jeweils die am Umfang liegenden Hauptschneiden, die an der Stirnseite des Fräswerkzeugs liegenden Nebenschneiden oder die am Umfang bzw. der Stirnseite wirkenden Haupt- und Nebenschneiden gleichzeitig die gewünschte Werkstückform.

Planfräsen ist Fräsen mit geradliniger Vorschubbewegung zur Erzeugung ebener Flächen. **Verfahrensvarianten des Planfräsens** sind in **Abb. 3.23** gezeigt.

După caz, prelucrarea este realizată fie de muchiile așchietoare principale de pe circumferinţa frezei, muchiile așchietoare secundare situate pe partea frontală a acesteia, fie simultan de muchiile așchietoare principale și secundare de partea frontală și de pe circumferinţă.

Frezarea plană este prelucrarea prin frezare cu o mişcare de avans liniară, rezultând fireşte suprafeţe plane. Variantele procesului de frezare plană sunt prezentate în figura 3.23.

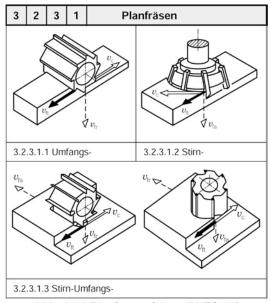


Abb. 3.23 Planfräsverfahren [WES 10]

Beim **Rundfräsen** lassen sich kreiszylindrische Flächen. Werkzeug- und Werkstückdrehachse stehen bei üblichen Rundfräsverfahren parallel zueinander.

Als wirtschaftliche Alternative zum Drehen haben sich in bestimmten Anwendungsfällen Rundfräsverfahren entwickelt, bei denen die

Prin *frezare circulară* pot fi prelucrate suprafeţe cilindrice. Axele de rotaţie a sculei şi a semifabricatului sunt paralele.

Ca o alternativă economică la strunjire, au fost dezvoltate procese de frezare circulară în anumite aplicaţii, în care axa de rotaţie a sculei este Werkzeugdrehachse annähernd senkrecht zur Werkstückdrehachse angeordnet ist, Abb. 3.24.

dispusă perpendicular pe axa de rotație a piesei de prelucrat, Fig.3.24.

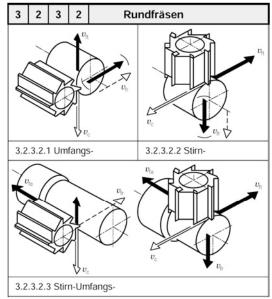


Abb. 3.24 Rundfräsverfahren / Frezarea circulară [WES 10]

Mit **Schraubfräsen** bezeichnet man Fräsverfahren, bei denen unter wendelförmiger Vorschubbewegung schraubenförmige Flächen am Werkstück entstehen (z.B. Gewinde und Zylinderschnecken).

Zum Schraubfräsen gehören gemäß Abb. 3.25 das Langgewindefräsen und das Kurzgewindefräsen. Langgewindefräsen ist Schraubfräsen mit einem einprofiligen Gewindefräser, dessen Achse in Richtung der Gewindesteigung geneigt ist und dessen Vorschub der Gewindesteigung entspricht.

Das *Kurzgewindefräsen* erfolgt dagegen mit einem mehrprofiligen Gewindefräser, dessen Achse zur Werkstückachse parallel liegt und dessen Vorschub der Gewindesteigung entspricht. Zur Herstellung des Gewindes ist dabei lediglich etwas mehr als eine Werkstückumdrehung erforderlich.

Wälzfräsen ist eines der wichtigsten Fertigungsverfahren zur Herstellung von Verzahnungen. Beim Wälzfräsen führt ein Fräser mit Bezugsprofil eine mit der Vorschubbewegung simultane Wälzbewegung aus. Dabei wälzen Werkzeug und Werkstück ähnlich wie eine Schnecke in einem

Frezarea filetelor este o metodă de frezare prin care se prelucrează suprafețe elicoidale (de ex. şuruburi şi melci cilindrici) utilizând o mişcare de avans elicoidal.

Prin acest procedeu pot prelucrate filete scurte sau lungi, conform figurii 3.25. Frezarea filetelor lungi se realizează cu freze mono-profil, a căror axă este înclinată în direcţia de înclinare a filetului şi al cărei avans longitudinal corespunde pasului filetului.

Pe de altă parte, *frezarea fieletelor scurte* este realizată cu o freză multiprofil, a cărei axă este paralelă cu axa piesei de prelucrat și al cărei avans corespunde pasului filetului. Pentru realizarea filetului este necesar doar ceva mai mult de o rotație a semifabricatului.

Frezarea prin rulare este cel mai important procedeu de prelucrare a roţilor dinţate. În timpul frezării, o freză melcată efectuează o mişcare de rulare prin combinarea mişcării principale şi a mişcării de avans. Dantura roţii dinţate rezultă prin rularea sculei şi a semifabricatului (simular unui

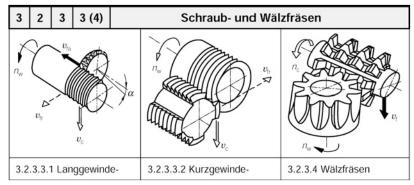


Abb. 3.25 Schraub- und Wälzfräsverfahren / Frezarea filetelor şi a roţilor dinţate [WES 10]

Profilfräsen ist Fräsen unter Verwendung eines Werkzeugs mit werkstückgebundener Form. Es dient zur Erzeugung gerader (geradlinige Vorschubbewegung), rotationssymmetrischer (kreisförmige Vorschubbewegung) und beliebig in einer Ebene gekrümmte Profilflächen (gesteuerte Vorschubbewegung). Einige Beispiele für das Profilfräsen zeigt Abb. 3.26.

Frezarea profilată prin copiere este frezarea cu ajutorul unei scule al cărui profil este corelat cu geometria suprafeței care se prelucrează. Se utilizează pentru a genera o suprafață profilată liniară (mișcarea de avans liniară), de rotație simetrică (mișcare de avans circulară) sau a unor suprafețe profilate curbate arbitrar (mișcare de avans controlată). Câteva exemple de frezare a profilelor sunt prezentate în figura 3.26.

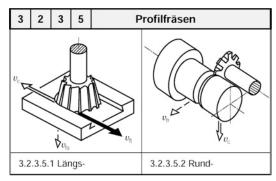


Abb. 3.26 Profilfräsverfahren / Frezare prin copiere [WES 10]

Formfräsen ist Fräsen, bei dem die Vorschubbewegung in einer Ebene oder räumlich gesteuert ist und dadurch die gewünschte Form des Werkstücks erzeugt wird. Zu dieser Verfahrensgruppe gehören die in Abb. 3.27 dargestellten Prozesse:

- Freiformfräsen,
- Nachformfräsen,
- Kinematisch-Formfräsen und
- NC-Formfräsen.

Frezarea suprafeţelor profilate este procedeul la care mişcarea de avans este controlată într-un plan sau spaţial, producând astfel forma dorită a piesei. Acest grup de procese include procedeele prezentate în figura 3.27:

- Frezare profilată liberă,
- Frezare profilată după şablon,
- Ffrezare profilată cinematică
- Frezare profilată NC.

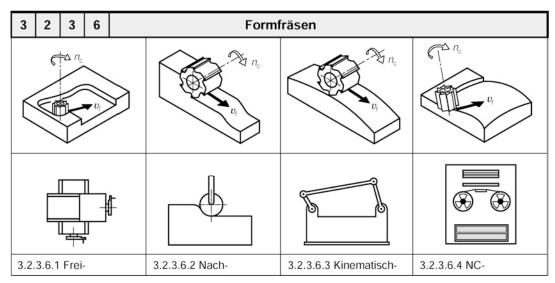


Abb. 3.27 Formfräsverfahren / Frezare profilată [WES 10]

Ein weiterer **Gesichtspunkt** für die Unterscheidung von Fräsverfahren ist die Richtung der Vorschubbewegung gegenüber der Schnittbewegung. Man unterscheidet zwischen **Gleichlauf** - und **Gegenlauffräsen**. Die beiden Fräsarten sind in **Abb. 3.28a** schematisch dargestellt.

Beim Gegenlauffräsen sind die Drehrichtung des Fräsers und Vorschubrichtung die des Werkstückes entgegengerichtet. Der Vorschubrichtungswinkel nimmt Werte zwischen 0° ≤ φ≤ 90° an. Der Span wird am dünnen Ende angeschnitten (theoretische Spanungsdicke h=0). Dies führt zu einem Gleiten der anschneidenden Schneide und zu einer Verfestigung im Werkstück. Der Reibvorgang erzeugt Wärme und Verschleiß am Fräser. Der Fräser versucht das Werkstück vom Maschinentisch abzuheben.

Beim Gleichlauffräsen sind die Drehrichtung des Fräsers und die Vorschubrichtung des Werkstückes gleichgerichtet. Der Vorschubrichtungswinkel nimmt Werte zwischen $90^{\circ} \le \varphi \le 180^{\circ}$ an. Die Zespanung beginnt mit der maximalen Spanungsdicke, was Bearbeiten härterer Oberflächen erhöhten Fräserverschleiß führt. Die Ratterneigung

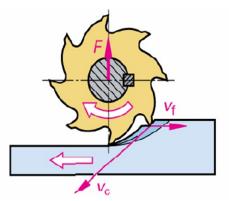
Un alt **aspect** pentru diferențierea metodelor de frezare este direcția mişcării de avans în raport cu direcția mişcarea principală de așchiere. Astfel, se face o distincție între *frezarea în sensul avansului* și *frezarea în sens invers avansului*. Cele două tipuri de frezare sunt prezentate schematic în figura 3.28a.

La frezarea în sens invers avansului, mişcarea de rotație a sculei și mişcarea de avans a semifabicatului se realizează în sensuri opuse. Unghiul direcției mişcării de avans (φ) are valori cuprinse între 0° și 90° . Așchia se formează începând cu secțiunea minimă (grosimea teoretică a așchiei în momentul respectiv h=0). Aceasta determină o alunecare a tăișurilor care intră în așchiere și la o ecruisare a materialului semifabricatului. Procesul de frecare intensă determină producerea căldurii și uzarea sculei. Scula are tendința de a desprinde piesa de pe masa mașinii.

La frezarea în sensul avansului direcţia de rotaţie a sculei şi direcţia de deplasare a semifabricatului sunt indentice. Unghiul direcţiei mişcării de avans (φ) are valori cuprinse între 90° şi 180° . Aşchierea începe cu o secţiune maximă a aşchiei, ceea ce în cazul prelucrării materialelor dure conduce la o uzare intensă a sculei. Tendinţa de producere a vibraţiilor este mai redusă

ist geringer als beim Gegenlauffräsen. Das Gleichlauffräsen wird hauptsächlich zur Bearbeitung dünner,leicht verformbarer Werkstücke (kein Anheben) angewendet. Der Vorschubantrieb muß bei diesem Fräsverfahren spielfrei sein.

comparativ cu frezarea în sens invers avansului. Frezarea în sensul avansului se utilizează în special la prelucrarea semifabricatelor subţiri uşor deformabile. În acest caz trebuie eliminate jocurile din lanţul cinematic al maşinii de frezat.



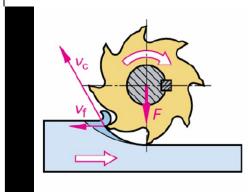


Abb. 3.28a Werkzeug- und Werkstückbewegungen beim Umfangfräsen (nach DIN 6580): links - Gleichlauffräsen (ϕ > 90°), rechts - Gegenlauffräsen (ϕ < 90°) / Mişcările la frezarea în sensul avansului şi în sens invers avansului [SCH 18]

Beim Stirnfräsen erfolgt gleichzeitiges **Gegenlauf- und Gleichlauffräsen** (sofern der Fräser bederseits seiner Drehachse im Eingriff ist). Der **Vorschubrichtungswinke**l kann Werte zwischen $0^{\circ} \le \varphi \le 180^{\circ}$ annehmen. (Abb. 3/28b)

Die Maschinenbelastung ist gleichmäßiger als beim Walzenfräsen, was zu einem ruhigen Lauf, besserer Maßhaltigkeit (IT8 beim Wälzfräsen, IT6 beim Stirnfräsen), besserer Oberflächengüte und höherer Standzeit der Fräser führt.

La frezarea frontală are loc simultan frezare în sensul avansului şi în sens invers avansului (atâta timp cât se găsesc în așchiere tăişuri de pe ambele părţi ale frezei în raport cu axa de rotaţie). Unghiul direcţiei mişcării de avans (φ) are valori cuprinse între 0° şi 180°.(Fig. 3/28b)

Solicitările maşinii-unelte sunt mai uniforme decât cele de la frezarea cilindrică, ceea ce conduce la o desfăşurare mai cursivă a procesului, la o mai bună constanță a preciziei de prelucrare (IT8 la frezarea cilindrică, IT6 la frezarea frontală), o mai bună calitate a suprafeţei prelucrate şi o mai bună durabilitate a sculei.

- v_f Vorschubgeschwindigkeit v_e – Wirkgeschwindigkeit
 - v_c Schnittgeschwindigkeit
 - $\phi-Vorschubrichtungswinkel\\$
 - η Wirkrichtungsswinkel

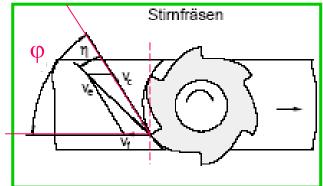


Abb. 3.28b Stirnfräsen / Frezare frontală [SCH 18]

3.3.4 Fräswerkzeuge

Die Bezeichnungen der einzelnen Fräser enstehen aus verschidenen Kriterien, diese sind zum einen die geometrische Form, die Art der Aufnahme (Aufsteck- oder Schaftfräser) und zum anderen die Ausführung der Schneiden (HSS-Fräser bzw. Fräser mit eingesetzten Schneidplatten). Folgende Tabellen gibt einen Überblick über die am häufigsten verwendeten Fräser.

Fra	iswerkzeuge	
Aufsteckfräser	Schaftfräser	
Walzenfräser	Langlochfräser	
Walzenstirnfräser	Schaftfräser	
Scheibenfräser	T-Nutenfräser	
Profilfräser	Winkelfräser	

Abbildung 3.29 zeigt, dass grundsätzlich vier verschiedene *Fräswerkzeugtypen* definiert werden können. Demnach lassen sich die hauptsächlich angewendeten Fräswerkzeuge in *Umfangs-, Stirn-, Profil-* und *Formfräser* unterteilen.

3.3.4 Scule pentru frezare

Descrierea fiecărui tip de freză se realizează pe baza mai multor criterii, care se referă pe de o parte la forma geometrică și la modul de fixare (freze cu alezaj sau freze cu coadă), iar pe de altă parte la modul de realizare al tăişurilor (freze confecționate în întregime din oţeluri rapide, respectiv freze cu plăcuţe din materiale dure). În tabelele următoare sunt enumerate cele mai frecvent utilizate tipuri de freze.

Scule pentru frezare					
Freze cu alezaj	Freze cu coadă				
Freze cilindrice	Freze pentru prelucrări adânci				
Freze cilindro-frontale	Freze cu coadă				
Freze disc	Freze pentru canale T				
Freze profilate	Freze unghiulare				
	Freze cilindro-frontale				

Figura 3.29 arată faptul că în principiu pot fi definite patru *tipuri diferite de scule de frezat*. În consecință, sculele de frezat utilizate pot fi împărțite freze cilindrice, freze frontale, freze profilate și freze pentru prelucrare profile.

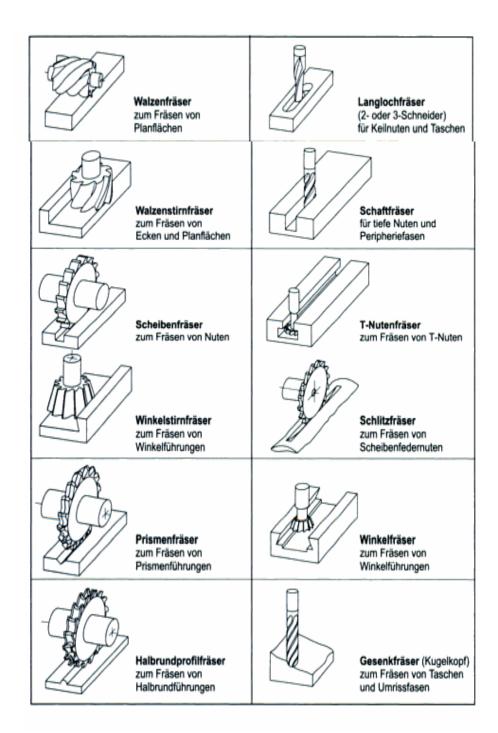


Abb. 3.29a Fräswerkzeuge und einige typische Anwendungen / Freze şi domenii de utilizare [WES 18]

Fräsertyp	Wirkprofil	Wirkfläche	Beispiele
1 Umfangs-(walzen-) fräser	werkstück- ungebunden	Umfangsfläche (kreiszylindrisch)	Walzenfräser
2 Stirnfräser	werkstück- ungebunden	Seiten(-Stirn)- u. Umfangsflächen	Walzenstirnfräser Schaftfräser Messerkopf
3 Profilfräser	werkstück- gebunden	Profilfläche	Halbkreisfräser Prismenfräser Scheibenfräser
4 Formfräser	werkstück- ungebunden	Formfläche beliebig	Gesenkfräser

Abb. 3.29b Fräswerkzeuge und einige typische Anwendungen / Freze şi domenii de utilizare [WES 10]

Außer den Fräswerkzeugen aus Schnellarbeitsstahl werden zunehmend Hartmetallwerkzeuge angewendet. Fräsen Zum von Gusswerkstoffen werden inzwischen auch Wendeschneidplatten aus weniger stoßempfindlichen Mischkeramiksorten häufiger eingesetzt.

Bei der Bearbeitung von Nichteisenmetallen können Schneidplatten aus polykristallinem Diamant erfolgreich verwendet werden. Schneidplatten aus polykristallinem Bornitrid bieten beim Fräsen von schwer zerspanbaren Eisenwerkstoffen wirtschaftliche aber eine Fertigungsalternative.

Moderne Fräsmethoden Moderne 4 bis 5-achsige Maschinen

Heute geht die Entwicklung der Maschinen in unterschiedlichste Richtungen. Drehzentren haben die Fähigkeit zum Fräsen durch angetriebene Werkzeuge, ebenso lassen sich auf Bearbeitungszentren Drehbearbeitungen durchführen. Mit den CAM geht die Zunahme des Einsatzes von fünfachsigen Maschinen einher [www.sandwik.de].

Pe lângă frezele din **oţel rapid**, sunt folosite din ce în ce mai mult cele din **carburi metalice**. De asemenea, pentru frezarea materialelor turnate se utilizează frecvent freze cu **plăcuţe amovibile** din amestec de materiale ceramice, mai puţin sensibile la impact.

La prelucrarea metalelor neferoase, se pot utiliza cu succes plăcuţe policristaline cu diamant. Cu toate acestea, plăcuţele policristaline din nitrură de bor reprezintă o alternativă pentru procesarea eficientă, din punct de vedere al costurilor, a materialelor cu aşchiabilitate redusă.

Metode noi de frezare Maşini de frezat in 4 sau 5 axe

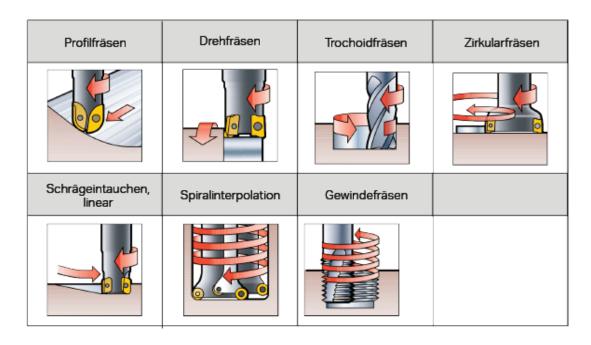
În prezent mașinile unelte înregistrează o evolușie semnificativă. Centrele de prelucrare au posibilitatea de realizare atât a operațiilor de strunjire si frezare cu scule antrenate.

Prin utilizarea aplicaţiilor CAM este posibilă implementarea echipamentelor în 5 axe [www.sandwik.de].





Planfräsen	Hochvorschubfräsen	Eckfräsen	Nutenfräsen	
Abstechen	Fasen	Tauchfräsen		



3.4 Hobeln und Stoßen

Hobeln und Stoßen ist Spanen mit wiederholter meist geradliniger Schnittbewegung und schrittweiser. Schnittrichtung senkrecht zur liegender Vorschubbewegung. Hobelund Stoßverfahren unterscheiden sich lediglich in der Aufteilung von Schnitt- und Vorschubbewegung auf Werkstück und Werkzeug. Beim Hobeln wird die Schnittbewegung vom Werkstück, beim Stoßen durch das Werkzeug ausgeführt.

Große Fortschritte beim Fräsen bewirkten, dass das Hobeln auf vielen Gebieten durch das Fräsen ersetzt wurde. Die Anwendungsgebiete des Hobeln und Stoßens beschränken sich heute auf das Herstellen von Werkstückflächen, die durch andere spanende Fertigungsverfahren nur schwer oder nicht wirtschaftlich zu fertigen sind.

3.4.1 Hobel- und Stoßverfahren

Hobel- und Stoßverfahren sind wegen der gleichen Kinematik beim Zerspanvorgang in DIN 8589-4 zusammengefasst worden, wie dies **Abb.** 3.32 zeigt.

3.4 Rabotarea longitudinală și transversală

Rabotarea longitudinală și transversală sunt procese de prelucrare prin așchiere cu mișcări principale de așchiere rectilinii-alternative repetate și mișcări de avans intermitente perpendiculare pe direcția de așchiere. Procesele de rabotare longitudinală și transversală se deosebesc numai prin miscările principală Şİ de avans semifabricatului şi а sculei. La rabotarea longitudinală, mișcarea principală este efectuată de piesa de prelucrat, în timp ce la rabotarea transversală de către sculă.

Progresele mari în domeniul frezării au determinat înlocuirea rabotării cu frezarea în cazul multor aplicații. Domeniile de aplicare ale rabotării longitudinale şi transversale se limitează în prezent la producția de piese care sunt dificil sau imposibil de fabricat prin alte procese de prelucrare.

3.4.1 Procedee de rabotare longitudinală şi transversală

Procedeele de rabotarea longitudinală şi transversală au fost incluse conform DIN 8589-4 în aceeaşi grupă datorită pentru cinematicii similare a proceselor, aşa cum se arată în figura 3.32.

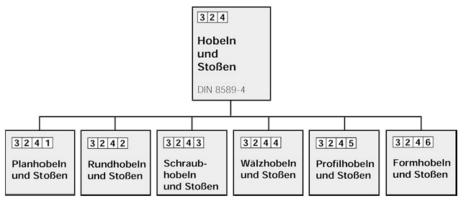


Abb. 3.32 Einteilung der Hobel- und Stoßverfahren (nach DIN 8589-4) / Clasificarea procedeelor de rabotare longitudinală și transversală

Nach der Art der zu erzeugenden Flächen, kinematischen und werkzeugbezogenen Gesichtspunkten ergeben sich für das Hobeln und În funcție de tipul de suprafeței prelucrate, al cinematicii și al sculelor utilizate se disting următoarele procedee de rabotare longitudinală

Stoßen: *Plan-, Rund-, Schraub-, Wälz-, Profil und Formverfahren.* **Abbildung 3.33** zeigt die Kinematik einiger wichtiger Hobel- bzw. Stoßverfahren.

sau transversală: plană, rotundă, a filetelor, a roţilor dinţate şi profilată. Figura 3.33 prezintă cinematica unora dintre cele mai cunoscute procedee de rabotare.

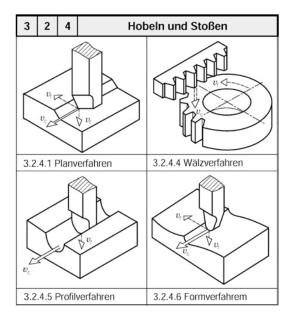


Abb. 3.33 Plan-, Wälz-, Profil- und Formverfahren beim Hobeln und Stoßen / Rabotare plană, roţi dinţate, profilată [WES 10]

3.4.2 Hobelwerkzeuge

Die Werkzeuge entsprechen in ihrem Aufbau den Werkzeugen zum Drehen. Als Schneidstoffe werden vorwiegend Schnellarbeitsstähle verwendet. Infolge des unterbrochenen Schnittes bleibt die Anwendung von Hartmetallwerkzeugen beim Hobeln und Stoßen auf die zähen Anwendungsgruppen beschränkt.

Hobelwerkzeuge werden überwiegend zur Bearbeitung von langen, schmalen Plan- und Profilflächen eingesetzt. Ein typisches Beispiel ist das Bearbeiten von Führungen an Werkzeugmaschinen gemäß Abb. 3.34.

3.4.2 Scule pentru rabotat

Cuţitele de rabotat sunt similare celor utilizate la strunjire. Materialele de scule folosite pentru confecţionarea cuţitelor de rabotat sunt preponderent oţelurile rapide. Din cauză că aşchierea este discontinuă, utilizarea cuţitelor de rabotat din carburi metalice este limitată la prelucrarea materialelor tenace.

Cuţitele de rabotat longitudinal sunt utilizate în principal pentru prelucrarea suprafeţelor plane sau profilate lungi şi înguste. Un exemplu tipic este prelucrarea ghidajelor maşinilor-unelte, aşa cum se arată în figura 3.34.

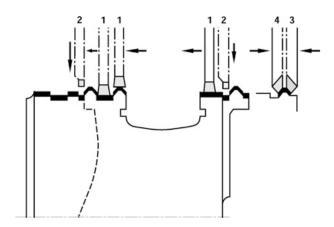


Abb. 3.34 Hobelwerkzeuge für typische Bearbeitungen: **1** Breitschlichthobelmeißel **2** Nutenhobelmeißel **3** gerader Hobelmeißel **4** gerader Hobelmeißel / Scule de rabotat longitudinal pentru prelucrări tipice [WES 10]

3.5 Räumen

Räumen ist Spanen mit einem mehrzahningen Werkzeug, dessen Schneidzähne hintereinander liegen und jeweils um eine Spanungsdicke gestaffelt sind. Die Vorschubbewegung wird durch die Staffelung h der Schneidzähne ersetzt. Die letzten Zähne stellen das am Werkstück gewünschte Profil her. Der Arbeitsvorgang ist nach einem Durchlauf des Räumwerkzeuges beendet und die Werkstückoberfläche fertig bearbeitet.

Typische Teile: Innenprofile, Außenplanflächen

Einsatzbereich: Mittel- bis Großserienfertigung

Räumwerkzeuge gestatten es, eine komplizierte Fertigteilgeometrie meist in einem Durchgang zu erzeugen. Die dadurch gegenüber anderen Fertigungsverfahren wesentlich kürzeren Schnittzeiten kennzeichnen das Räumen als typisches Fertigungsverfahren in der Massenfertigung.

Die mit Räumverfahren erreichbaren Schnittgeschwindigkeiten liegen i.Allg. im Bereich von $v_c=1m/min$ bis $v_c=15m/min$.

Beim Hochgeschwindigkeitsräumen können heute bereits Schnittgeschwindigkeiten bis zu $v_c = 50$ *m/min* verwirklicht werden.

3.5 Broşarea

Broşarea este procedeul de prelucrare prin așchiere realizat cu o sculă multităiş, ai cărei dinți sunt pozitionați unul după altul, decalați pe înălțime cu adâncimea de așchiere. Mișcarea de avans este realizată prin supraînălțarea dinților *h*. Ultimii dinți ai broșei au profilul dorit al piesei prelucrate. Procesul de prelucrare este finalizat dintr-o singură trecere a sculei de broşat, piesa fiind complet prelucrată.

Piese tipice: profile interioare, suprafeţe plane exterioare

Domeniu de aplicare: producţia de serie mijlocie şi serie mare

Broşele se caracterizează printr-o geometrie complicată a părții active, ceea ce permite prelucrarea dintr-o singură trecere. Durata prelucrării este semnificativ mai scurtă comparativ cu alte procese de aşchiere, motiv pentru care broşarea se recomandă în cazul producției de masă.

Vitezele de așchiere specifice broșării se situează în general în domeniul $v_c=1m/min$ până la $v_c=15m/min$. În cazul broșării de mare viteză, viteza de așchiere poate ajunge până la $v_c=50$ m/min.

3.5.1 Räumverfahren

Je nach Art der zu erzeugenden Werkstückfläche lässt sich das Räumen in Plan-, Rund-, Schraub-, Profil- und Formräumen unterteilen, wie aus Abb. 3.36 hervorgeht. Weiterhin kann je nach Lage der zu bearbeitenden Werkstückflächen zwischen Außenräumen und Innenräumen unterschieden werden. Das Außenräumen ist vorwiegend beim Plan- und Profilräumen gebräuchlich.

3.5.1 Procedee de broşare

În funcție de tipul suprafeței prelucrate procesele de broşare pot fi clasificate în următoarele categorii: broşare plană, broşare rotundă, broşare filete şi broşare profilată (Fig. **3.36**). După amplasarea suprafeței prelucrate se disting procedee de broşare exterioară interioară. În principiu broşarea exterioară se referă la prelucrarea suprafețelor plane și a celor profilate.

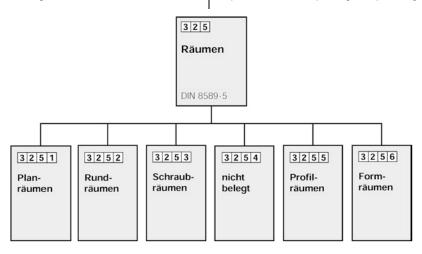


Abb. 3.36 Einteilung der Räumverfahren (nach DIN 8589-5) / Clasificarea procedeelor de broşare

Das Profilräumen wird zum Herstellen von Außenprofilen komplizierten Innenund angewandt. Einige typische Profile für das Außen und Innenräumen zeigt Abb. 3.37.

Broşarea profilată este utilizată pentru prelucrarea unor profile complexe interioare și exterioare. Câteva profile tipice pentru broşarea exterioară şi interioară sunt prezentate în figura 3.37.

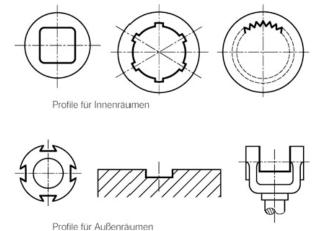


Abb. 3.37 Herstellbare Profile beim Außen- und Innenräumen / Brosare profile interioare sau exterioare [WES 10] Beim Räumen von ebenen und kreiszylindrischen Flächen oder Profilen entsprechend Abb. 3.38 führt das Werkzeug oder das Werkstück eine geradlinige Schnittbewegung aus.

La broşarea suprafețelor plane sau cilindrice sau a suprafețelor profilate, scula sau semifabricatul execută o mișcare liniară, așa cum se arată în figura 3.38.

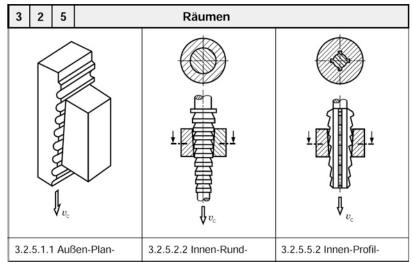


Abb. 3.38 Plan-, Rund- und Profilräumverfahren / Procedee de broşare plană, cilindrică, profilată [WES 10]

Wenn der geradlinigen Schnittbewegung zusätzlich Drehbewegung eine des Werkstücks oder Werkzeugs überlagert wird, lassen sich schraubenförmige Flächen fertigen. Das Erzeugen einer Formfläche ist mit einer gesteuerten, kreisförmigen Schnittbewegung möglich. Formräumverfahren sind das Schwenkräumen (ohne Werkstückbewegung) und das Drehräumen (mit rotierender Werkstückbewegung).

3.5.2 Räumwerkzeuge

Innenräumwerkzeuge sind meist einteilia ausgeführt und werden bevorzugt aus Schnellarbeitsstahl hergestellt. Bei der Bearbeitung von Grauguss werden auch mit Hartmetallschneiden bestückte Räumwerkzeuge eingesetzt. Bei größeren zu räumenden Volumen der Zahnungsteil auch aus auswechselbaren Räumbuchsen bestehen.

Außenräumwerkzeuge sind besonders bei schwierigen Werkstückformen aus mehreren Zahnungsteilabschnitten zusammengesetzt. Sie lassen sich dadurch leichter herstellen, nachschleifen.

Den Aufbau eines Innenräumwerkzeugs zeigt Abb. 3.39. Es besteht aus Schaft, Aufnahme, Zahnungsteil, Führungsstück und Endstück. Am Schaft wird das Werkzeug eingespannt, damit es

Dacă peste mişcarea de translaţie se suprapune o mişcare de rotaţie a piesei sau a sculei, pot fi prelucrate suprafeţe elicoidale. Prelucrare unei suprafeţe profilate complexe este posibilă printr-o mişcare de aşchiere circulară controlată. Procedeele de broşare a suprafeţelor profilate se realizează fie fără deplasarea piesei sau cu rotirea piesei.

3.5.2 Scule de broşat

Sculele pentru broşarea interioară sunt de obicei concepute dintr-o singură bucată şi sunt de preferință produse din oțel rapid. În procesul de prelucrare a fontei cenuşii, se folosesc şi broşe din carburi metalice. În cazul în care se impune broşarea unor volume mai mari de material, este posibil ca zona cu dinți a broşei poate fi realizată din mai multe părți interschimbabile.

Sculele pentru broşarea exterioară sunt compuse din mai multe secțiuni, în special în cazul unor semifabricate cu forme dificil de prelucrat. Prin urmare, acestea sunt mai uşor de realizat, finisat.

Figura 3.39 prezintă construcţia unei scule broşat interior. Se compune din coadă, partea de fixare, partea dinţată şi partea de ghidare. Scula se fixează pe coadă astfel încât să poată fi trasă prin

durch das Werkstück gezogen werden kann. Der Aufnahme- oder Einführungsteil hat die Aufgabe, die Werkstücke zu zentrieren. piesa de prelucrat. Părțile de fixare şi dirijare au sarcina de centrare a pieselor.

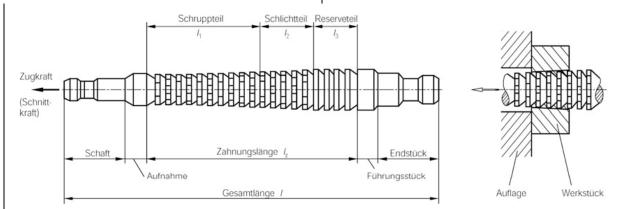


Abb. 3.39 Aufbau eines Innenräumwerkzeugs / Construcția unei broșe pentru prelucrări interioare [GYE 91]

Die Zahnungslänge setzt sich Schrupp-, aus Schlichtzusammen. und Reserveteil die nacheinander zum Eingriff kommen. Die Reservezahnung dient zur Kompensation der durch Nachschleifen bewirkten Maßänderungen (Kalibrieren). Die Schneidengeometrie eines Räumwerkzeugs ist nach DIN 1416 Abhängigkeit von der Zahnteilung t festgelegt. Abbildung 3.40 zeigt hierzu Einzelheiten.

Lungimea pe care sunt amplasați dinții are mai multe zone, fiind alcătuită din: zona dinților de degroșare, zona dinților de finisare și zona dinților de rezervă (calibrare), care sunt amplasate și intră în așchiere progresiv, una după alta. Zona dinților de rezervă este utilizată pentru a compensa modificările dimensionale cauzate de reascuţire (calibrarea). Geometria broșelor este definită conform DIN 1416 în funcție de pasul dinților *t.* **Figura 3.40** prezintă detalii ale configurației unei broșe.

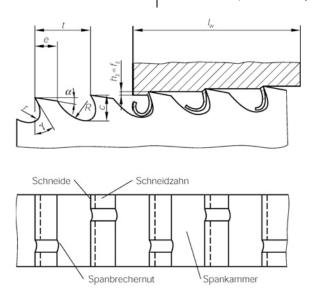


Abb. 3.40 Eingriffsverhältnisse und Schneidengeometrie beim Räumen (nach DIN 1416): α Freiwinkel, γ Spanwinkel, c Spankammertiefe, e Zahnrücken, t Zahnteilung, R; r Spanflächenradien, h_z Spanungsdicke je Zahn, l_w Spanungslänge / Aşchierea şi geometria tăişului la broşare [WES 10]

Das Spanraumvolumen der Spankammer ist so zu bemessen, dass diese den Span während des Schnitts aufnehmen kann. Die Größe der Volumul spaţiilor dintre dinţi trebuie să fie dimensionat astfel încât să poată înmagazina aşchiile în timpul prelucrării. Dimensiunea spaţiului

Spankammer ist abhängig von der Spanungsdicke h_z , die beim Räumen dem Vorschub je Zahn f_z entspricht, der Spanungs- bzw. Werkstücklänge I_w und der Spanraumzahl R.

Die Spanraumzahl ist werkstückstoffabhängig. Als vorteilhaft haben sich für die Spanraumzahl *R* beim Räumen für spröde, bröckelndeWerkstückstoffe Werte von 3 bis 6 und für zähe, langspanende Werkstückstoffe, Werte von 4 bis 8 erwiesen. Die Angaben beziehen sich auf das Profilräumen. Die unteren Werte gelten für das Schruppen, die oberen für das Schlichten.

Die Zahnteilung **t** kann nach der empirischen Gleichung ermittelt werden.

$$t = (2.5 \text{ bis } 3) \cdot \sqrt{h \, l_{\text{w}} \, R}$$
 in mm (3.11)

Beim Schruppen und Schlichten ergeben sich aufgrund unterschiedlich anfallenden der Spanmengen auch variierende Zahnteilungen. Damit für die jeweilige Bearbeitungsaufgabe günstige Spanformen zu erhalten sind, werden in die einzelnen Schneiden Spanbrechernuten eingebracht. Die Anordnung der aufeinanderfolgenden Schneiden bezeichnet man als Zahnstaffelung. Nach DIN 1415 lassen sich verschiedene Staffelungsarten definieren, wie aus Abb. 3.41 hervorgeht.

dintre dinţi depinde de grosimea aşchiei h_z , care la broşare depinde de avansul pe dinte f_z , lungimea piesei de prelucrat I_w şi numărul spaţiilor dintre dinţi R.

Numărul de spaţii dintre dinţi depinde de materialul semifabricatului. S-a stabilit că este eficient un număr de 3-6 la prelucrarea pieselor din materiale fragile şi valori de la 4 la 8 pentru piesele din materiale tenace, care formează cu aşchii lungi. Datele se referă la broşarea profilată. Valorile mai mici corespund degroşării, iar cele superioare pentru finisare.

Pasul dinţilor **t** poate fi determinat conform ecuaţiei empirice.

$$t = (2,5 \text{ bis } 3) \cdot \sqrt{h \, l_{\text{w}} \, R} \quad \text{in mm}$$
 (3.11)

Datorită volumului diferit de așchii rezultate, rezultă paşi diferiți ai dinților de degroșare și finisare. Pentru a obține forme favorabile ale așchiilor pentru fiecare prelucrare, sunt prevăzute pe muchiile așchietoare ale fiecărui dinte canale de rupere a așchiilor.

Amplasarea tăişurilor dinţilor succesivi este definită prin supraînălţare. În conformitate cu DIN 1415, pot fi definite diferite tipuri de decalare, aşa cum se arată în figura 3.41.

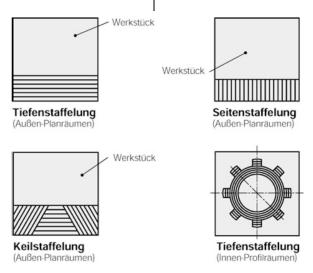


Abb. 3.41 Staffelungsarten und Zerspanschemata beim Räumen (nach DIN 1415) / Divizarea adaosului de prelucrare la broşare

Bei der *Tiefenstaffelung* dringen die Schneiden senkrecht zu der zu fertigendenWerkstückfläche in ganzer Schneidenbreite in den Werkstückstoff ein und spanen diesen bei geringen Spanungsdicken ab.

Bei der *Seitenstaffelung* dringen die Schneiden parallel (tangential) zu der zu fertigenden Werkstückfläche in den Werkstückstoff ein und spanen diesen streifenweise bei großer Spanungsdicke ab.

3.6 Auswahl spanender Fertigungsverfahren

Die Auswahl von Fertigungsverfahren wird von den geometrischen und technologischen Merkmalen und Kenngrößen einer Bearbeitungsaufgabe bestimmt. Exemplarisch seien diese für wellenförmige Bauteile betrachtet, die mit 75% einen erheblichen Anteil des Werkstückspektrums darstellen, und anhand eines Beispiels aus der Großserienfertigung beurteilt.

Ausgangspunkt sind zunächst die werkstückseitigen Fertigungsanforderungen. Wellenförmige Bauteile werden beschrieben durch Werkstückkontur (Komplexteil), die fertigenden Teilformelemente, die Abmessungen von Rohund Fertigteil und den hieraus abgeleiteten geometrischen und technologischen Kenngrößen sowie den formelementspezifischen Oberflächenmerkmalen, dem Toleranzen und Werkstückstoff und den verlangten Stoffeigenschaften, Abb. 3.43.

În cazul decalării pe adâncime, muchiile aşchietoare pătrund în material perpendicular pe suprafaţa piesei, pe întreaga lăţime a muchiei aşchietoare şi cu grosimi mici ale aşchiilor.

În cazul decalării laterale, muchiile așchietoare pătrund paralel (tangenţial) cu suprafaţa piesei în materialul şi se prelucrează o grosime mare a așchiei.

3.6 Selectarea proceselor de prelucrare

Selecţia proceselor de prelucrare este determinată de caracteristicile şi parametrii geometrici şi tehnologici ai unei suprafeţe. Un exemplu poate fi cazul pieselor tip arbore, care reprezintă o parte considerabilă a spectrului pieselor de prelucrat (aproximaty 75%). Această categorie de piese este analizată printr-un exemplu din producţia de serie.

Un prim aspect vizează cerinţele referitoare la piesele de prelucrat. Piesele tip arbore sunt descrise prin contur (piesă complexă), suprafeţele componente ale piesei, dimensiunile semifabricatului şi ale piesei finite şi caracteristicile geometrice şi tehnologice derivate din acestea, precum şi toleranţe, caracteristicile de suprafaţă, materialul piesei şi proprietăţile materialelor auxiliare necesare, Fig. 3.43.

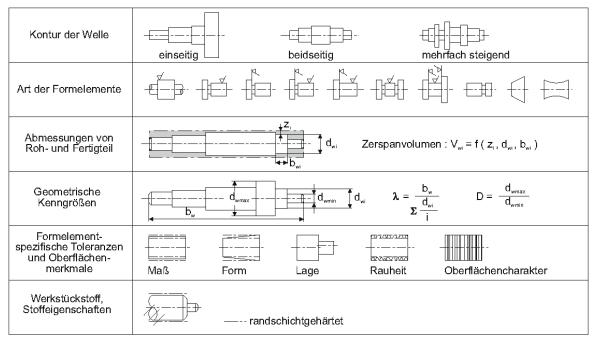


Abb. 3.43 Auswahl spangebender Fertigungsverfahren abhängig von der Werkstückkontur, den Formelementen, dem Zerspanvolumen und der Oberflächengüte / Alegerea proceselor de fabricaţie în funcţie de conturul piesei, formă, volumul aşchiilor îndepărtat şi calitatea suprafeţelor [WES 10]

Technologische Merkmale, die die Auswahl spangebender Fertigungsverfahren bestimmen, betreffen die Art des Rohteils, die realisierbaren Zeitspanvolumina, die Spanbildung und Zerspankräfte, den Verschleiß, die Temperatur, Oberflächengüte und die Einhaltung vorgegebener Maß-, Form- und Lagegenauigkeiten, Abb. 3.44.

Die Einhaltung der verlangten Werkstückqualität und die damit verbundene Prozess-Sicherheit ist besonders für die Serienfertigung ein entscheidendes Beurteilungskriterium. So werden beispielsweise beim messgesteuerten Drehen kleinerer Werkstückdurchmesser Maß- und Formgenauigkeiten von IT 8 bis IT 7 problemlos eingehalten.

Anhand eines typischen Bearbeitungsbeispiels aus der Großserienfertigung für die Automobilindustrie wird deutlich, wie die Varianz von Werkstückkontur und die formelementbezogenen Konstruktionsmerkmale wichtige geometrische und technologische Kenngrößen für die Verfahrensauswahl bestimmen, Abb. 3.45.

Caracteristicile tehnologice care determină alegerea proceselor de fabricație sunt: tipul semifabricatului, volumul de așchii îndepărtat în unitatea de timp, formarea așchiei și forțele de așchiere, uzura sculei, temperatura, calitatea suprafeței și respectarea preciziei dimensionale, de formă și de poziție impuse, Fig. 3.44.

Respectarea calității piesei şi siguranța procesului este un criteriu decisiv pentru evaluarea proceselor de prelucrare, în special pentru producția de serie. De exemplu, precizia dimensională şi de formă corespunzătoare claselor IT 8 la IT 7 sunt uşor la strunjirea diametrelor mici ale pieselor.

Folosind un exemplu tipic de procesare din producţia de serie mare pentru industria de automobile, devine clar modul în care variaţia contururilor pieselor de prelucrat şi a caracteristicilor de proiectare legate de forma geometrică, determină parametrii geometrici şi tehnologici importanţi pentru selectarea proceselor de prelucrare, Fig.3.45.

So sind z. B. das Verhältnis der Bearbeitungszugaben Z oder der Stabilitätsgrad λ wichtige Kenngrößen, die die Auswahl von Fertigungsverfahren beeinflussen.

De exemplu, raportul adaosurilor de prelucrare min şi max Z sau gradul de stabilitate λ sunt parametri importanţi care influenţează alegerea proceselor de prelucrare.

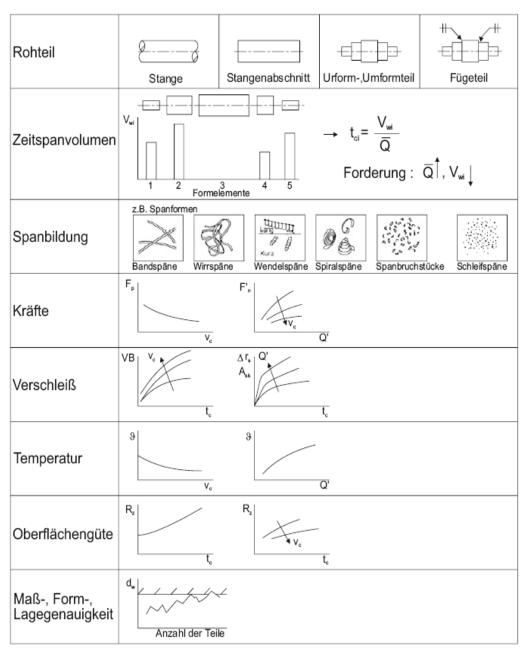
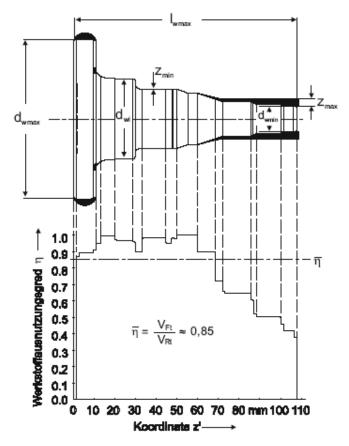


Abb. 3.44 Technologiebezogene Auswahlkriterien beim Spanen wellenförmiger Teile, wie z. B. Zeitspanvolumen, Spanbildung, Zerspankräfte sowie Oberflächengüte und Maß-, Form- und Lagegenauigkeit [SCH 18]



Geometrische und technologische Kenngrößen:

Mittl. Werkstoffausnutzungsgrad $\overline{\eta}_i = \frac{V_{Ri_i}}{V_{Rb}} \approx 0.85$

Durchmesserverhältnis
$$D = \frac{d_{wmax}}{d_{wmin}} \approx 5.6$$

Verhältnis der Bearbeitungszugaben $Z = \frac{Z_{max}}{Z_{min}}$ ≈ 26,6

Längenverhältnis
$$\frac{l_{wmax}}{d_{max}}$$
 ≈ 1,4

Stabilitätsgrad
$$\lambda = \frac{I_{wmax}}{\sum \frac{d_{w_i}}{i}} \approx 3.2$$

Abb. 3.45 Bearbeitungsbeispiel aus der Automobilindustrie: Einfluss der Werkstückkontur auf die geometrischen und technologischen Kenngrößen / Exemplu de prelucrare din industria de automobile [SCH 18]

Die Anforderungen an die Fertigung für diese Bearbeitungsaufgabe sind in Abb. 3.46 den jeweiligen Formelementen zugeordnet. Neben der Beurteilung anwendbarer Fertigungsverfahren gestattet die formelementbezogene Analyse der Fertigungsanforderungen eine Überprüfung von Gestaltungsbereichen hinsichtlich ihrer Fertigungsgerechtheit.

Können z.B. Formelemente wie Einstiche oder Fasen vereinheitlicht werden oder gar entfallen?

Cerințele de fabricație pentru procesarea acestui reper sunt asociate elementelor sale geometrice Figura 3.46. Pe lângă evaluarea proceselor de fabricație aplicabile, analiza în funcție de formă a cerințelor de prelucrare permite o revizuire a configurației geometrice a superafețelor în ceea ce privește fiabilitatea lor în fabricație.

De exemplu, suprafețe profilate ca degajările sau teşiturile, ar putea fi uniformizate sau chiar eliminate? Este posibil ca volumele de materiale

Können abzutrennende Zerspanvolumina durch konstruktive Maßnahmen reduziert oder Forderungen an die Werkstückgenauigkeit weiter minimiert bzw. vereinheitlicht werden?

care urmează să fie așchiate să fie reduse prin măsuri constructive sau cerințele privind precizia pieselor de prelucrat pot fi diminuate sau uniformizate?

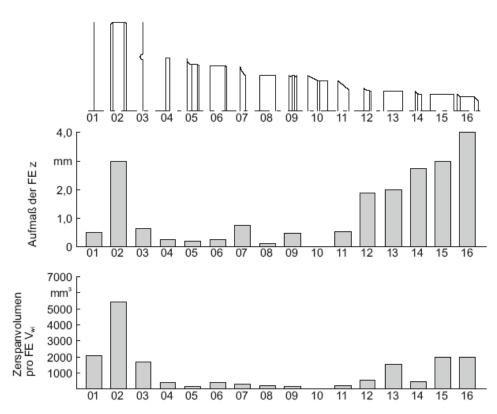


Abb. 3.46 Fertigungsanforderungen für verschiedene Formelemente, gemäß Beispiel in Abb. 3.45 [SCH 18]

In Weiterführung der auf das Formelement bezogenen Betrachtungsweise lassen sich alle nach DIN 8580 bekannten Fertigungsverfahren, die geeignet sind, die geometrischen und technologischen Fertigungsanforderungen zu erfüllen, in einer Verfahrensmatrix darstellen, wie sie in Abb. 3.47 dargestellt ist.

Sie zeigt die Verfahrensalternativen, die in einer ersten Schätzung zusammenhängende Konturbereiche (Formelementkomplexe) erstellen können und eine minimale Anzahl von Fertigungsverfahren zum Erzeugen der gesamten Werkstückkontur benötigen.

Procesele de fabricaţie cunoscute conform DIN 8580, care sunt adecvate pentru îndeplinirea cerinţelor de fabricaţie geometrică şi tehnologică, pot fi reprezentate într-o matrice, aşa cum se arată în figura 3.47.

Acesta matrice prezintă alternativele de procedee care permit prelucrarea într-o primă estimare a suprafeţelor profilate (complex de suprafeţe) şi necesită un număr minim de faze de prelucrare pentru generarea întregului contur al piesei de prelucrat.

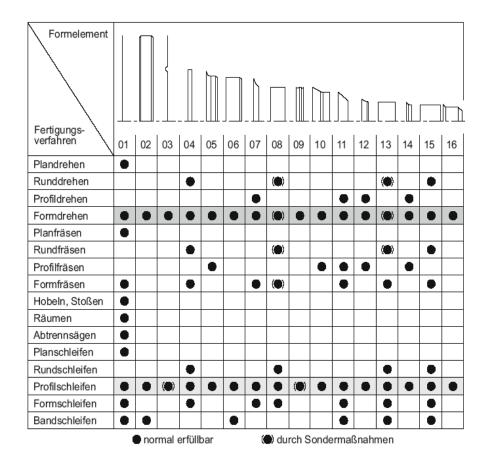


Abb. 3.47 Verfahrensmatrix für die Abschätzung zusammenhängender Konturbereiche (Formelementkomplexe) zwecks Minimierung der Anzahl von Fertigungsverfahren zum Erzeugen der gesamten Werkstückkontur. Im vorliegenden Fall sind das die Fertigungsverfahren Formdrehen und Profilschleifen / Matricea proceselor [SCH 18]

vorliegenden die Im Fall sind das Fertigungsverfahren Formdrehen und Profilschleifen. Abb.3.47. Für beide Verfahrensalternativen ließe sich nun eine feinere die Produktivität Unterteilung nach den bestimmenden Faktoren Zeiten, Kosten, Qualität, Prozess-Sicherheit sowie Umweltverträglichkeit optimierte Fertigungsfolge ermitteln.

În cazul de față, acestea sunt procesul de strunjire profilată și rectificare profilată prin copiere, Fig.3.47. Pentru ambele alternative de proces, o subclasificare mai exactă a fazelor de prelucrare ar putea bazată ре factorii ca: timpul (productivitatea), costurile, calitatea, siguranța procesului compatibilitatea mediul înconjurător.

KAPITEL 4.

Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden

Die Bezeichnung "Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden" soll darauf hinweisen, dass einerseits die Schneidengeometrie bei der Herstellung der Werkzeuge nicht fest vorgegeben werden kann und andererseits die Werkzeuge mehrere Schneiden gleichzeitig zum Einsatz bringen.

Die Anordnung der Schneiden und die für die Zerspanung wichtigen Winkel an den einzelnen Schneiden sind also nicht bekannt.

Als Schneidwerkstoff werden verschiedene Hartstoffe in Kornform mit Durchmessern im Bereich von 0,5 bis 350 µm eingesetzt. Diese sog. Schneidkörner können ie nach Bearbeitungsverfahren in gebundener oder loser Form eingesetzt werden. Zu den gebundenen Werkzeugen gehören Schleifscheiben, Schleifbänder und Honsteine.

Die **losen Schneidkörner** werden beim **Läppen** und **Polieren** als **Suspension** eingesetzt. Untersuchungen der Topografie an Schleifscheiben und Honsteinen ergaben, dass der Großteil der Schneidkörner vorwiegend negative Spanwinkel aufweist.

Aufgrund der geometrischen Ausbildung der Werkzeuge und der verwendeten Kinematik ergeben sich vier Wirkprinzipien der Schneidkörner an der Werkstückoberfläche (Abb. **4.1).** Das Wirkprinzip bestimmt die spätere Oberflächentextur des Werkstücks.

Beim **Schleifen** werden die Schneiden auf einer fest vorgegebenen Bahn durch den Werkstoff geführt, woraus sich **geradlinig angeordnete Schnittspuren** ergeben. Die Schneiden haben (auf ihre Bahnkurve

CAPITOLUL 4.

Aşchierea cu scule cu muchii aşchietoare nedefinite

Noţiunea de "aşchiere cu scule cu muchii aşchietoare nedefinite" indică faptul că, pe de o parte, geometria muchiei aşchietoare nu poate fi precizată la producerea sculelor şi, pe de altă parte, mai multe muchii aşchietoare se găsesc simultan în aşchiere.

Dispunerea tăişurilor şi unghiurile care definesc geometria sculei nu sunt cunoscute pentru fiecare muchie aşchietoare.

Ca materialele de scule sunt utilizate diverse materiale dure sub formă de granule cu diametre cuprinse între 0,5-350 µm. Aceste granule abrazive pot fi utilizate în formă compactă sau în stare liberă, în funcţie de procedeul de prelucrare. Granulele abrazive în formp compactă includ discurile abrazive, benzi abrazive şi baretele de honuire.

Granulele abrazive în stare liberă sunt folosite sub formă de **suspensii** la procesele de lepuire şi lustruire. Studiile privind topografia corpurilor abrazive şi a barelelor de honuit au arătat că majoritatea granulelor abrazive au predominant unghiuri de degajare negative.

Datorită configurației geometrice a sculelor şi cinematicii folosite, patru mecanisme de lucru ale granulelor abrazive se manifestă pe suprafaţa piesei de prelucrat (Fig. 4.1). Mecanismul de acţiune determină textura ulterioară a suprafaţei piesei.

La **rectificare**, muchiile așchietoare sunt ghidate prin material pe o traiectorie fixă predeterminată, rezultând **urme dispuse liniar**. Muchiile așchietoare (în raport cu traiectoria lor curbilinie) bezogen) nur einen kurzen Kontakt mit dem Werkstoff und sind sonst nicht im Schnitteinsatz.

Sind die Schneiden ständig im Eingriff und werden ebenso zielgerichtet geführt, dann wird von **Honen** gesprochen. au doar un contact scurt cu semifabricatul, iar în rest nu se găsesc în așchiere.

În situația în care granulele abrazive sunt permanent în contact cu semifabricatul și sunt ghidate în aceeași direcţie,se vorbeşte despre procesul de **honuire**.

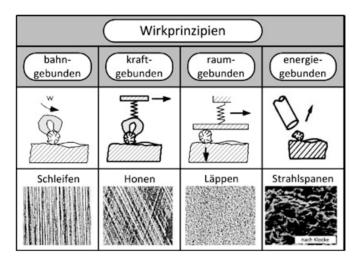


Abb. 4.1 Kinematisches Wirkprinzip und Oberflächenausbildung beim Schleifen, Honen, Läppen und Strahlspanen / Mecanismul cinematic şi formarea suprafeţei la rectificare, honuire, lepuire şi prelucrare cu fascicul abraziv [WES 10]

Wegen des ständigen Anpressdrucks, der für die Zerspanung eine wichtige Einflussgröße darstellt, wird das Wirkprinzip als kraftgebunden bezeichnet. Aufgrund der zeitgleichen Überlagerung einer rotatorischen und translatorischen Schnittbewegung der Schneidkörner entstehen sich kreuzende, geradlinige Schnittspuren auf der Werkstückoberfläche.

Das **Läppen** zählt zu den raumgebundenen Verfahren. Hier können sich die Schneidkörner zwischen der Andruckplatte und dem Werkstück unter Druckbelastung beliebig bewegen. Die Schneidkörner können eine rollende oder auch ziehende bzw. schiebende Bewegung durchführen.

Die Druckquotienten und die Bewegung von Werkstück und Andruckplatte sowie die Werkstoffpaarung zwischen Werkstück, Andruckplatte und Schneidkorn entscheiden, wie sich die Schneidkörner vorwiegend bewegen. Wenn es sich um eine vorwiegend rollende Bewegung der Schneidkörner handelt, entsteht eine matte Oberfläche mit sehr kleinen Eindrücken.

Datorită presiunii de contact constante, care este un factor important de influență pentru prelucrare, principiul de acțiune este descris ca fiind legat de forță. Datorită suprapunerii simultane a unei mişcări de așchiere rotative și translaționale a granulelor abrazive, se formează urme intersectate drepte (striații), pe suprafața piesei de prelucrat.

Lepuirea este un procedeu de așchiere la care granulele abrazive se pot deplasa liber între placa de presiune și piesa de prelucrat. Granulele abrazive pot efectua o mișcare de rulare, tragere sau împingere.

Coeficienţii de presiune, mişcarea semifabricatului şi a plăcii de presiune, precum şi cuplul de materiale piesă-placă de presiune- material abraziv determină predominant modul în care se deplasează granulele abrazive. Dacă predominant este realizată o mişcare de rulare granulelor abrazive, rezultă o suprafaţă mată cu urme foarte vagi.

Neben der Zerspanung an der Oberfläche tritt dabei auch eine Randzonenverfestigung am Werkstück ein. Ein Läppprozess mit einer Korngröße kleiner 3 µm wird auch als Polieren bezeichnet. Der Begriff Polieren ist nicht genormt.

Zu den energiegebundenen Wirkprinzipien gehört das **Strahlspanen**, bei dem die Schneidkörner mit einer großen Geschwindigkeit auf die Werkstückoberfläche geströmt werden. Dies ergibt eine ähnliche Oberflächenstruktur wie beim Läppen, jedoch ist der Ebenheitsfehler erheblich größer.

3.1 Schleifen

In vielen Anwendungsfällen ist **Schleifen** das **letzte Bearbeitungsverfahren** in der Prozesskette. In diesen Fällen wird durch das Schleifen die Werkstückqualität am Werkstück erzeugt. Heutige Schleifverfahren verfügen über eine große Anwendungsbreite.

Es gibt kaum einen Werkstoff, der nicht durch Schleifen zu bearbeiten wäre. Während früher ausschließlich gehärtete Werkstoffe geschliffen wurden, so ist es heute auch möglich, weiche und lang spanende Werkstoffe zu bearbeiten. Das Schleifen besitzt fertigungstechnische Vorteile gegenüber anderen Fertigungsverfahren, wenn geometrische Genauigkeit und feinste Oberflächenzustände (Rauheit, Randzonenzustand usw.) gefordert sind.

Der Werkstoff hohen wird mit sehr Schnittgeschwindigkeiten zerspant. Der Schnittgeschwindigkeitsbereich für die konventionellen Schleifscheiben umfasst 20 - 80 m/s. Mit hochharten Schleifscheiben werden Schnittgeschwindigkeiten bis etwa 300 gefahren. Für m/s die meisten Anwendungsfälle werden aber 200 m/s nicht überschritten, weil sich keine nennenswerten fertigungstechnischen Vorteile mehr ergeben in Bezug auf den maschinellen Aufwand, der dafür erforderlich ist.

Pe lângă așchiere, pe suprafaţa piesei se produce şi o durificare a stratului superficial de material. Un procedeu de lepuire, utilizand un material abraziv cu o **granulaţie mai mică de 3** µm, este denumit **lustruire**. Procedeul de lustruire nu este standardizat.

Un procedeu care se bazează pe mecanismul de operare legat de trandferul de energie este finisarea cu fascicul abraziv, în care granulele abrazive sunt dirijate pe suprafața piesei de prelucrat cu o viteză mare. Acest lucru oferă o structură de suprafață similară lepuirii, dar eroarea de planeitate este semnificativ mai mare.

3.3 Rectificarea

În multe situații practice, rectificarea este **ultimul proces** din lanțul de procesare, prin care se obține calitatea impusă piesei. Metodele de rectificare au în prezent o gamă largă de aplicații.

Nu există aproape nici un material care nu poate fi prelucrat prin rectificare. Dacă în trecut doar materialele dure puteau fi rectificate, acum este posibilă şi prelucrarea materialelor moi şi ductile. Rectificarea are avantaje faţă de alte procese de prelucrare, atunci când sunt necesare o precizie geometrică bună şi condiţii de suprafaţă (rugozitate, starea stratului superficial al materialului etc.).

Materialul este prelucrat cu viteze foarte mari. Viteza de așchiere pentru corpurile abrazive convenţionale este de aproximativ 20 - 80 m/s. Cu așa-numitele corpuri abrazive foarte dure, rectificarea poate fi realizată cu viteze de așchiere de până la aproximativ 300 m/s. Cu toate acestea, pentru cele mai multe aplicţii, viteza de 200 m/s nu este depășită, deoarece nu sunt obţinute avantaje tehnologice semnificative în ceea ce priveşte efortul mecanic necesar.

Der Energiebedarf ist beim Schleifen höher als bei vielen anderen Zerspanprozessen. Dabei wird nur ein geringer Anteil der Schnittleistung für die Zerspanung eingesetzt, der Rest wird durch Reibung in Wärme umgewandelt. Aus diesem Grund ist für das Schleifen eine effektive Kühlung der Kontaktzone erforderlich. Bisherige Versuche zu Alternativen, wie Minimalmengenschmierung oder gar trocken schleifen, waren bisher nicht erfolgreich.

Vom Prinzip ist es möglich, mit einer Minimalmengenschmierung zu schleifen, dabei bleibt aber das Zeitspanvolumen deutlich unter den bisher erreichten Werten. woraus unwirtschaftliche Schleifbearbeitung resultiert. Ohne Schleifprozesses wirkungsvolle Kühlung des besteht die Gefahr, dass die Werkstücke thermisch geschädigt werden.

Die heutigen Schleifmaschinen erlauben in vielen Fällen eine Komplettbearbeitung der Werkstücke in einer Aufspannung, so dass Nebenzeiten reduziert und Umspannfehler vermieden werden können. Dies und die hohe Leistungsfähigkeit moderner Schleifprozesse bei Erfüllung der Qualitätsanforderungen führen zu einer hohen Wirtschaftlichkeit des Schleifens mit geringen Fertigungszeiten und einer hohen Ausbringung an Werkstücken.

Ohne die Schleifscheiben auf der Maschine zu konditionieren sollte allerdings nicht mit dem Schleifen begonnen werden. Diese Vorbereitung der Schleifscheiben sorgt für den erforderlichen Rundlauf, das Profil und die gewünschte Schnittfähigkeit der Schleifscheiben. Durch die Konditioniermöglichkeit auf der Maschine lässt sich die Profilveränderung durch den Schleifscheibenverschleiß einfach korrigieren.

Abweichungen vom optimalen Schleifprozess werden teilweise durch Sensoren oder Messverfahren erkannt, um frühzeitig reagieren zu können und Ausschuss sowie Nacharbeit zu vermeiden.

Consumul de energie este mai mare în timpul rectificării decât în cazul multor altor procese de prelucrare. Numai o mică parte din puterea de așchiere este utilizată pentru prelucrare, restul este transformat în căldură prin frecare. Din acest motiv, răcirea eficientă a zonei de contact este necesară pentru rectificare. Încercările de implementare a rectificării cu ungere și răcire minimală sau uscată s-au dovedit ineficiente.

În principiu, este posibil să se realizeze rectificarea cu cantitate minimă de lubrifianţi, dar volumul de aşchii îndepărtat în unitatea de timp rămâne în mod clar sub valorile realizabile în condiţii normale, ceea ce duce la realizarea ineficientă a prelucrării. Fără răcirea eficientă în timpul procesului de rectificare există riscul ca semifabricatele să fie deteriorate.

În prezent maşinile de rectificat permit în multe cazuri o prelucrare completă a pieselor dintr-o prindere, astfel încât să se reducă timpii auxiliari de prelucrare și să se evite erorile de fixare. Acest aspect și performanțele mari ale proceselor de rectificare moderne, atunci când cerințele de calitate sunt îndeplinite, au ca rezultat o eficiență ridicată a rectificării, cu timpi de producție scurți și o productivitate ridicată.

Cu toate acestea, nu se recomandă începerea operaţiei de rectificare fără corectarea în prealabil a corpurilor abrazive. Pregătirea corpurilor abrazive asigură centrarea necesară, profilul şi capacitatea de aşchiere a corpurilor abrazive. În funcție de sculele şi procedeul de rectificare selectate, trebuie să fie aleasă și metoda corectă. Datorită posibilităţii de îndreptare pe maşina de rectificat, profilul modificat prin uzură al corpului abraziv poate fi ușor corectat.

Abaterile de la procesul optim de rectificare sunt detectate parţial de senzori sau prin metode de măsurare, pentru a putea reacţiona la timp şi pentru a evita apariţia rebuturilor şi necesitatea reprocesării pieselor.

4.1.1 Kinematik und Kennwerte des Schleifens

Die Schnittgeschwindigkeit ist eine Überlagerung von Schleifscheiben-Umfangsgeschwindigkeit und Vorschubgeschwindigkeit des Werkstücks. Dabei können das Schleifwerkzeug und das Werkstück rotatorische und/oder translatorische Bewegungen durchführen.

Wenn es sich nicht um spezielle Verfahren, wie z.B. das Schnellhubschleifen handelt, dann ist die Schleifscheiben-Umfangsgeschwindigkeit deutlich größer als die Werkstückvorschub-geschwindigkeit, so dass die Schnittgeschwin-digkeit v_c normalerweise mit der Schleifscheiben-Umfangsgeschwindigkeit v_s gleich gesetzt wird:

$$v_{\rm c} = v_{\rm s} = d_{\rm s} \cdot \pi \cdot n_{\rm s} \tag{4.1}$$

mit d_s = Schleifscheibendurchmesser, n_s = Schleifscheibendrehzahl.

Die Vorschubbewegung ist je nach Schleifverfahren translatorisch (Planschleifen) oder eine Kombination aus translatorischer und rotatorischer Bewegung des Werkstücks oder des Werkzeugs (Innenrundoder Außenrundschleifen). Die Vorschubgeschwindigkeit wird mit dem Index "f" gekennzeichnet und erhält weitere Indizes, je nach Bewegungskomponente (Tischvorschubgeschwindigkeit v_{ft} , Werkstückgeschwindigkeit v_{fw} oder radiale Einstechgeschwindigkeit v_{fr}).

Eine sehr wichtige Kenngröße zur Beurteilung des Schleifprozesses ist das Zeitspanvolumen Q_W :

$$Q_{\rm W} = v_{\rm ft} \cdot A_{\rm D} \quad (4.2)$$

mit v_{ft} =Vorschubgeschwindigkeit, in Umfangsrichtung der Schleifscheibe wirkend, A_D = Spanungsquerschnitt der Schleifscheibe.

Für das Flachschleifen ist $v_{\rm ft}$ die Tischvorschubgeschwindigkeit und für das Rundschleifen die Umfangsgeschwindigkeit des Werkstücks $v_{\rm w}$. Der Spanungsquerschnitt $A_{\rm D}$

4.1.1 Cinematica și mărimile caracteristice ale rectificării

Viteza de așchiere rezultă printr-o suprapunere a vitezei periferice a corpului abraziv și a vitezei de avans a semifabricatului, scula și semifabricatul putând executa o mișcare de rotație și / sau translație.

Cu excepţia unor procedee de rectificare speciale, viteza periferică a discului abraziv este semnificativ mai mare decât viteza de avans a semifabricatului, astfel încât viteza de aşchiere v_c este în mod normal echivalentă cu viteza periferică a corpului abraziv v_s :

$$v_{\rm c} = v_{\rm s} = d_{\rm s} \cdot \pi \cdot n_{\rm s} \tag{4.1}$$

unde d_s = diametrul corpului abraziv n_s = turația sculei.

Mişcarea de avans depinde de procedeul de rectificare, fiind transversală (la rectificarea plană) sau o combinație a mişcării de translație şi rotație a semifabricatului sau a sculei (la rectificarea cilindrică interioară sau exterioară).

Viteza de avans este dată de indicele "f" şi alte indicatori suplimentari în funcţie de componenta de mişcare (de exemplu, viteza de avans a mesei v_{ft} , viteza piesei v_{fw} sau viteza de avans radial v_{fr}).

O caracteristică foarte importantă pentru evaluarea procesului de rectificare este volumul de așchii îndepărtat în unitatea de timp Q_w :

$$Q_{\rm W} = v_{\rm ft} \cdot A_{\rm D} \quad (4.2)$$

cu v_{ft} =viteza de avans, acţionând în direcţia periferică a corpului abraziv, A_D = secţiunea transversală a aşchiei discului abraziv.

Pentru rectificarea plană, viteza de avans a mesei și pentru rectificarea rotundă a vitezei periferice a piesei de prelucrat v_w. **Secțiunea transversală** a errechnet sich aus der **Zustelltiefe** a_e und der **Zustellbreite** a_p :

$$A_{\rm D} = a_{\rm e} \cdot a_{\rm p} \ . \tag{4.3}$$

Häufig wird das Zeitspanvolumen auf **1** mm der Zustellbreite bezogen. Daraus ergibt sich das sogenannte bezogene Zeitspanvolumen Q'_w :

$$Q_{\mathrm{w}}' = rac{Q_{\mathrm{w}}}{a_{\mathrm{p}}}$$
 bzw.
$$Q_{\mathrm{w}}' = a_{\mathrm{e}} \cdot v_{\mathrm{f}} \, . \tag{4.4}$$

Die Größe der Späne beim Schleifen kann rechnerisch ermittelt werden. Es handelt sich dabei natürlich nur um einen Mittelwert, der aber zur Interpretation der Zerspanungsvorgänge herangezogen wird. Für keramische Werkstoffe darf z.B. die äquivalente Spandicke einen werkstoffabhängigen kritischen Wert nicht überschreiten.

Die äquivalente Spandicke (auch der mittlerer Spanquerschnitt genannt) berechnet sich aus dem bezogenen Zeitspanvolumen und der Schnittgeschwindigkeit:

$$h_{\rm eq} = \frac{Q'_{\rm w}}{v_{\rm c}} \ .$$
 (4.5)

Je nach Schleifverfahren stellen sich unterschiedlich große Kontaktlängen zwischen der Schleifscheibe und dem Werkstück ein (Abb. 4.2).

așchiei A_D se calculează în funcție de adâncimea de așchiere a_e și de lățimea de așchiere a_p :

$$A_{\rm D} = a_{\rm e} \cdot a_{\rm p} \ . \tag{4.3}$$

Volumul de așchii îndepărtat în unitatea de timp este adesea raportat la o lăţime de așchiere de 1 mm. De aici rezultă volumul de așchii specific Q'_w :

$$Q_{
m w}'=rac{Q_{
m w}}{a_{
m p}}$$
 bzw.
$$Q_{
m w}'=a_{
m e}\cdot v_{
m f} \ . \eqno(4.4)$$

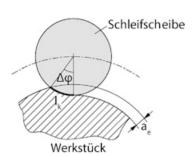
Dimensiunea așchiilor rezultate în timpul rectificării poate fi determinată prin calcul. Aceasta este, desigur, doar o valoare medie, folosită pentru interpretarea proceselor de prelucrare. Pentru materiale ceramice, de ex. grosimea echivalentă a așchiei nu poate depăși o valoare critică dependentă de material.

Grosimea echivalentă a așchiei (numită şi secţiunea medie a așchiei) se calculează pornind de la volumul specific de așchii îndepărtat în unitatea de timp și viteza de așchiere:

$$h_{\rm eq} = \frac{Q'_{\rm w}}{v_{\rm c}} \ .$$
 (4.5)

În funcție de procedeul de rectificare, lungimea de contact dintre corpul abraziv şi semifabricat este diferită (Fig. 4.2).

Außenrundschleifen



<u>Planschleifen</u>

Innenrundschleifen

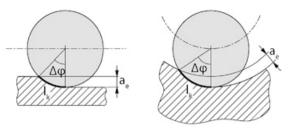


Abb. 4.2 Kontaktlängen beim Rund- und Planschleifen / Lungimile de contact la rectificarea cilindrică și plană [SCH 18]

Je größer die Kontaktlänge und damit der Umschlingungswinkel ist, desto schlechter sind die Bedingungen für eine effiziente Kühlschmierstoffzufuhr und desto höher ist damit die Gefahr der thermischen Überlastung des Werkstücks. Die Kontaktlänge lässt sich aus der Zustellung und dem äquivalenten Werkstückdurchmesser, der mit folgender Näherungsgleichung berechnen:

$$l_{eq} = \sqrt{a_e \cdot d_{eq}} \tag{4.6}$$

Durch den äquivalenten Schleifscheibendurchmesser d_{eq} lassen sich die Schleifverfahren untereinander vergleichen und die Kontaktlänge für die Verfahren leicht berechnen:

$$d_{\rm eq} = \frac{d_{\rm s} \cdot d_{\rm w}}{d_{\rm w} \pm d_{\rm s}} \tag{4.7}$$

mit d_s =Schleifscheibendurchmesser, d_w =Werkstückdurchmesser.

Für das Außenrundschleifen ist (+) und für das Innenrundschleifen das negative Vorzeichen (-) zu verwenden. Für das Planschleifen ist der äquivalente Schleifscheibendurchmesser gleich dem realen Schleifscheibendurchmesser.

Die Kontaktbogenlänge (Abb. 4.2) wird sehr stark durch die Krümmungsquotienten der Schleifscheibe und des Werkstücks beeinflusst und ist für das Außenrundschleifen am kleinsten, nimmt über dem Planschleifen zu und erreicht für das Innrundschleifen den größten Wert.

Die Schneidkörner nehmen bei der Herstellung der Schleifwerkzeuge eine beliebige Position in der Bindung ein. Dennoch ist davon auszugehen, dass die Spanwinkel vorwiegend negativ sind. Die Eindringtiefe des Schneidkorns beträgt abhängig von der Körnung (je nach Einstellparameter) nur einige zehntel Mikrometer (Abb. 4.3).

Aufgrund der Wirkkräfte ergibt sich zu Beginn des Schnittvorgangs eine elastische Verformung an der Werkstückoberfläche, die sich dann zu einer Cu cât lungimea de contact este mai mare şi deci şi unghiul de înfăşurare, cu atât sunt mai nefavorabile condiţiile de acces eficient al lubrifiantului în zona de prelucrare şi cu atât este mai mare riscul suprasolicitării termice a semifabricatului. Lungimea de contact poate fi calculată în funcţie de adâncimea de aşchiere şi diametrul echivalent al semifabricatului, care se calculează folosind următoarea relaţie de aproximare:

$$l_{eq} = \sqrt{a_e \cdot d_{eq}} \tag{4.6}$$

Prin intermediul diametrului echivalent al corpului abraziv d_{eq} , procedeele de rectificare pot fi comparate, iar lungimea de contact poate fi ușor calculată:

$$d_{\rm eq} = \frac{d_{\rm s} \cdot d_{\rm w}}{d_{\rm w} \pm d_{\rm s}} \tag{4.7}$$

cu d_s = diametrul corpului abraziv, d_w = diametrul semifabricatului.

Semnul (+) se utilizează pentru rectificarea exterioară iar semnul (-) pentru rectificarea interioară. Pentru rectificarea plană, diametrul echivalent al corpului abraziv este egal cu diametrul real al sculei.

Lungimea arcului de contact (Fig. 4.2) este foarte influențată de coeficienții de curbură ai corpului abraziv şi ai piesei, având cea mai mică valoare pentru rectificarea exterioară, creşte la rectificarea plană şi atinge cea mai mare valoare pentru rectificarea interioară.

La fabricarea corpurilor abrazive, granulele abrazive au poziții oarecare în liant. Cu toate acestea, se presupune că unghiurile de degajare sunt predominant negative. Adâncimea de penetrare a granulelor abrazive este de doar câteva zecimi de micrometru, în funcție de granulație (Fig. 4.3).

Din cauza acţiunii forţelor de prelucrare, aşchierea începe cu o deformare elastică a suprafeţei semifabricatului, care apoi se transformă într-o

plastischen Umformung mit Grataufwürfen wandelt. Ab einer bestimmten Grenzspandicke werden die Festigkeitswerte im Werkstoff überschritten und es kommt zum sogenannten Scheren desWerkstoffs mit der Ausbildung eines Spans.

In **Abb. 4.3** wird nur das Schneidkorn gezeigt, so dass der Einfluss der Bindung hier nicht deutlich hervortritt. Die Körner sind etwa 2/3 ihres Durchmessers tief in der Bindung gefasst, so dass auch ein Kontakt zwischen Bindung und Werkstück entsteht, der zu der schon erwähnten Reibung beim Schleifen führt.

deformaţie plastică. De la o anumită grosime limită, rezistenţa materialului este depăşită şi apare forfecarea materialului, însoţită de formarea aşchiei.

În figura 4.3 este prezentată doar o singură granulă abrazivă, neglijându-se astfel influența liantului. Pe aproximativ 2/3 din diametrul lor, granulele se găsesc în liant, astfel că în timpul prelucrării se produce şi un contact între liant şi semifabricat, ceea ce conduce la frecarea intensă deja menționată.

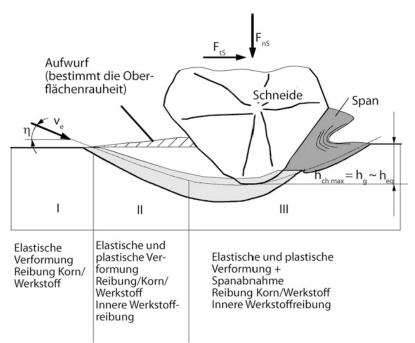


Abb. 4.3 Spanbildung beim Schleifen (nach König) / Formarea aşchiei la rectificare [WES 10]

Die Schneidkörner befinden sich nicht alle auf demselben Flugkreis zur Drehachse der Schleifscheibe. so dass aufgrund der Schleifscheibentopografie ganz unterschiedliche Schneidenpositionen vorliegen (Abb. 4.4). Jedes einzelne Schneidkorn wird nun auf der Schnittbahn durch den Werkstoff geführt und zerspant unterschiedlich bezüglich der Schnitttiefe und der Schnittbreite.

Granulele abrazive nu sunt amplasate toate pe aceeaşi traiectorie circulară în raport cu axa de rotație a sculei, astfel încât datorită topografiei corpului abraziv sunt disponibile poziții de așchiere foarte diferite (Figura 4.4). Fiecare granulă abrazivă este ghidată individual de-a lungul traseului de așchiere prin material și așchiază diferit în funcție de adâncimea și lățimea de așchiere.

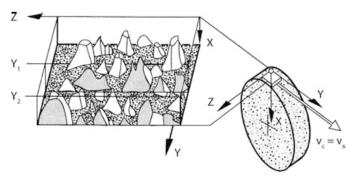


Abb. 4.4 Prinzipielle Schleifscheibentopografie (nach Saljé) / Topografia discurilor abrazive [WES 10]

Dies führt je nach Belastung zu unterschiedlichen Verschleißmechanismen, wie der Schneidkornabflachung, der Schneidkornsplitterung und dem Schneidkorn-ausbruch. Die Schleifscheibentopografie ändert sich ständig und somit unterliegt auch die erzeugte Werkstückrautiefe einer zeitlichen Veränderung.

4.1.2 Aufbau der Schleifwerkzeuge

Die Schleifscheiben können je nach Schneidkorn in konventionelle und hochharte Schleifscheiben eingeteilt werden. Zu den konventionellen Schneidkörnern zählen verschiedene Arten von Elektrokorund und Siliziumkarbid. Als hochharte Schneidstoffe werden natürliche und synthetische Diamanten und kubisch kristallines Bornitrid (CBN) bezeichnet.

Der konventionelle Schleifscheibenaufbau besteht einem Dreistoffsystem: Schneidkorn, der Bindung und den Poren. Die ihren Schneidkörner müssen von Werkstoffkennwerten (Härte und Zähigkeit) in der Lage sein, den Werkstückstoff zu zerspanen. Die Bindung hat die Aufgabe, die Schneidkörner zu halten und zu stützen. Die Poren sollen die Schleifspäne aufnehmen und aus der Kontaktzone heraus transportieren sowie den Kühlschmierstoff in die Kontaktzone hinein befördern.

Die hochharten Schleifscheiben besitzen einen Grundkörper aus Keramik, Kunstharz oder Metall, auf dem Schleifsegmente mit CBN oder Diamant aufgeklebt werden. Die Segmente mit

În funcţie de solicitările care apar, se produc diferite mecanisme de uzură, cum ar fi aplatizarea granulelor abrazive, fragmentarea sau ruperea acestora. Topografia discului de rectificare se schimbă în mod constant, astfel încât rugozitatea piesei este se mofidică în timpul procesului.

4.1.2 Construcția corpurilor abrazive

În funcţie de tipul granulelor abrazive din care sunt realizate, corpurile abrazive pot fi clasificare în convenţionale şi foarte dure. Corpurile abrazive convenţionale includ diverse tipuri de corindon şi carbură de siliciu. Diamantele naturale şi sintetice şi nitrura cubică cristalină de bor (CBN) definesc sculele de rectificare cu duritate ridicată.

Din punct de vedere al conţinutului, corpurile abrazive convenţionale constau din trei elemente: material abraziv, liant şi pori. Granulele abrazive prin caracterisiticile lor (duritate şi tenacitate) trebuie să poată prelucra semifabricatul. Liantul are sarcina de a susţine şi de a menţine coeziunea granulelor abrazive. Porii au rolul de a prelua așchiile rezultate, să le îndepărteze din zona de contact şi să transporte lichidul de răcire în zona de așchiere.

Sculele abrazive cu duritate mare au bază din răşină, ceramică sau metal, pe care se lipesc segmente de rectificare din *CBN* sau *diamant*. Segmentele din materiale ceramice au pori; lianții

keramischer Bindung verfügen über Poren; die Kunstharzbindungen besitzen keine Poren und müssen daher vor dem Schleifeinsatz geschärft werden. Die galvanischen Bindungen halten nur eine einzige Schneidkornlage und lassen sich nur begrenzt konditionieren.

Konventionelle Schleifscheiben arbeiten teilweise im sog. **Selbstschärfbereich**, bei dem die Körner kontinuierlich splittern oder ausbrechen, um ihr Schneidvermögen beizubehalten. Für die hochharten Schleifscheiben wird dies vermieden, weil die Schneidkornkosten deutlich höher sind.

Schneidstoffe und Bindung

Die heute vorwiegend **eingesetzten Schneidstoffe** sind *Edelkorund (Elektrokorund), Siliziumkarbid, kubisches Bornitrid (CBN)* sowie *synthetischer und natürlicher Diamant.* Dabei ist der Diamant der härteste Schneidstoff, gefolgt von CBN, Silizumkarbid und Edelkorund als weichster dieser Schneidstoffe.

Der Elektrokorund wird mit zunehmendem Reinheitsgehalt als *Normalkorund*, und *Edelkorund* (weiß oder rosa) bezeichnet.

Das Siliziumkarbid ist härter und scharfkantiger als Korund und wird für die *Hartmetall-, Keramik- und Glasbearbeitung* eingesetzt.

Das kubisch kristalline Bornitrid (CBN) wird trotz seines höheren Preises insbesondere beim Hochgeschwindigkeitsschleifen mehr und mehr eingesetzt. Es ist zwar nicht so hart wie Diamant, jedoch lassen sich mit CBN nahezu alle Werkstoffe problemlos schleifen. Die einzige Ausnahme bilden die Nickel-, Titan- und Kobaltbasislegierungen wegen des hohen abrasiven Verschleißes der Körner.

Diamantschneidkörner eignen sich hervorragend für die Schleifbearbeitung von nichteisenhaltigen Werkstoffen. Aufgrund der hohen chemischen Affinität des Kohlenstoffs zum Eisen in Stahlwerkstoffen kommt es zu einem starken din răşini sintetice nu au pori şi, prin urmare, trebuie ascuţite înainte de rectificare. Lianţii galvanici constau doar dintr-un singur strat de granule abrazive, acest tip de scule putând fi corectat doar în anumite limite.

Corpurile abrazive convenţionale funcţionează parţial în aşa-numita zonă de **autoascuţire**, în care în mod continuu granulele sunt fisurate sau rupte pentru ca scula să-şi menţină capacitatea de aşchiere. Acest lucru este evitat pentru corpurile abrazive dure, deoarece costurile acestor materiale abrazive sunt semnificativ mai mari.

Materiale abrazive şi lianţi

Materialele abrazive utilizate în prezent sunt corindon (alumină topită), carbură de siliciu, nitrură cubică de bor (CBN), precum şi diamante sintetice şi naturale. Diamantul este cel mai dur material urmat de CBN, carbura de siliciu, iar corindonul este cel mai moale dintre aceste materiale.

Electrocorindonul este desemnat cu o puritate mai mare ca corindonul standard şi corindonul **nobil** (alb sau roz).

Carbura de siliciu este mai dură și cu muchii mai ascuţite decât corindonul, fiind utilizată pentru prelucrarea metalelor dure, materialelor ceramice și a sticlei.

În ciuda preţului său superior, **nitrura cubică cristalină de bor (CBN)** este folosită din ce în ce mai mult la rectificarea rapidă. Deşi nu este la fel de dură ca diamantul, aproape toate materialele pot fi ușor rectificate cu CBN. Singura excepție sunt aliajele de Ni, Ti şi Co, datorită uzurii abrazive intense a granulelor.

Granulele abrazive din diamant sunt ideale pentru rectificarea materialelor neferoase. Datorită afinității chimice ridicate a carbonului cu fierul din oțeluri, se produce o uzură chimică puternică. Ar trebui să fie luată în considerare și reducerea

chemischen Verschleiß. Dazu ist noch der starke Rückgang der Härte ab Temperaturen von ca. 800°C zu berücksichtigen. Typische Einsatzgebiete für Diamantschneidkörner sind Schleifaufgaben an Gestein, Keramik, Glas sowie speziellen Kunststoffen und Aluminiumlegierungen.

Die Bindungen stellen das Gerüst des Schleifkörpers dar. Sie halten die Schneidkörner in Position und stellen je nach Bindungstyp mehr oder weniger Poren zum Kühlschmierstoff- und Spänetransport zur Verfügung. Es wird in anorganische und organische Bindungen unterteilt.

Zu den anorganischen Bindungen zählen die keramische und die metallische Bindung. Kunstharz und Gummibindungen sind typische Vertreter organischer Bindungen.

Bestandteile *keramischer Bindungen* sind **Ton, Kaolin** und **Quarz.** Schleifscheiben mit keramischer Bindung sind spröde.

Metallische Bindungen sind entweder gesintert und bestehen aus Bronze, Stahl oder Hartmetall oder sie können auch durch einen galvanischen Abscheidungsprozess aufgebracht werden. Metallische Bindungen lassen sich schwerer konditionieren und müssen nach der Herstellung des Profils oft noch geschärft werden.

Gummibindungen aus synthetischem Kautschuk sind nachgiebiger als Kunstharzbindungen, jedoch dürfen sie nicht zu hohen Schleiftemperaturen ausgesetzt werden. Sie werden deshalb für Schlichtschleifen eingesetzt.

accentuată a durității la temperaturi de cca. **800 °C.** Domeniile tipice de aplicare pentru granulele abrazive din diamant sunt rectificarea pieselor din roci, ceramică, sticlă, precum şi materiale plastice speciale și aliaje de aluminiu.

Lianţii reprezintă elementul structural de bază al corpurilor de rectificat. Ei menţin granulele în corpul abraziv şi creează mai mulţi sau mai puţini pori pentru transportul lichidului de aşchiere şi al aşchiilor. Se diferenţiază lianţi organici şi anorganici.

Lianţii anorganici includ materialele **ceramice şi metalele**. **Răşinile sintetice şi cauciucul** sunt reprezentanţi tipici ai lianţilor organici.

Componentele *lianţilor ceramici* sunt argila, caolinul şi cuarţul. Discurile abrazive cu liant ceramic sunt fragile.

Lianţii metalici sunt obtinuţi fie prin sinterizare (bronz, oţel sau metale dure), fie printr-un proces de depunere galvanică. Corpurile abrazive cu lianţi metalici pot fi corectate greu şi de multe ori trebuie să fie suplimentar ascuţite după realizarea profilului.

Lianţii din cauciuc, realizaţi din cauciuc sintetic, sunt mai convenabili decât lianţii din răşină, dar nu trebuie expuşi la temperaturi de rectificare ridicate. Prin urmare, corpurile abrazive cu lianţi din cauciuc sunt utilizate pentru rectificarea de finisare.

F 400 x 100 x 127 DIN 69 126 A-60-K-8-V45

Randform	F
Außendurchmesser	400
Breite	100
Bohrungsdurchmesser	127
Schleifmittel	Α

Körnung	60
Härtegrad	К
Gefüge	8
Bindung	V
zul. Umfangsgeschw.	45

Schleifmitte	ı
Korund	A
Siliciumcarbid	С

Körnung								
grob	6	8		24				
mittel	30	36		60				
fein	70	80		180				
sehr fein	220	280	-	1200				

Härtegrat						
äußerst weich	Α	В	С	D		
sehr weich	Ε	F	G			
weich	Н	1	J	K		
mittel	L	М	Ν	0		
hart	Р	Q	R	S		
sehr hart	Т	U	٧	W		
äußerst hart	Х	Υ	Z			

							G	efüg	е				
0	1	2	3	4	5	6	7(8 9	10	11	12	13	14
				٠,									A
				ı			0	ffen	es G	iefü	ge		_>
	1	_	ge	sc	hle	nse	en	es G	efü	ge.			V
	٠,		9,	- 3.6	****	0.00	,,,,,	030		P.	_		

Bindungstyp					
٧	Keramische Bindung				
S	Silicatbindung				
R	Gummibindung				
RF	Gummibindung faserstoffverstärkt				
В	Kunstharzbindung				
BF	Kunstharzbindung faserstoffverstärkt				
E	Schellackbindung				
м	Magnesitbindung				

Abb. 4.5 Schleifscheibenspezifikation nach DIN ISO 525 für konventionelle Schleifscheiben / Specificaţii tehnice pentru corpurile abrazive convenţionale [TOE 11]

Aus der Bezeichnung können die Abmessungen, die Schneidkornart, die Härte, das Gefüge, die Bindungsart und die zulässige Umfangsgeschwindigkeit entnommen werden. Die grundsätzlichen Bezeichnungen sind im Abb. 4.5 zusammengestellt.

Die Kennzeichnung für hochharte Schleifscheiben unterscheidet sich in einigen Punkten von der konventioneller Schleifscheiben, Abb. 4.6.

Din codul de descriere al corpurilor abrazive rezultă dimensiunile, tipul granulelor abrazive, duritatea, structura, tipul liantului şi viteza periferică admisă. Descrierea generică este prezentată în figura 4.5.

Marcajul pentru corpurile abrazive dure diferă în unele privințe față de corpurile abrazive convenţionale, **Fig. 4.6**.

1A1-500-15-2-305-B 151-KSS-TYB-V240

Kornart	В
Bohrungsdurchmesser	305
Belagshöhe	2
Belagsbreite	15
Außendurchmesser	500
Schleifscheibenform	1A1

Korngröße	151
Bindungstyp	KSS
Bindungshärte	Т
Einsatzgebiet	Y
Grundkörper	В
Konzentration	V240

Kornart	
Diamant	D
CBN	В

Bindungshärte	
sehr hart	Т
hart	R
mittel	N
weich	1

		Korngrö	iße	
46	91	181	356	711
54	107	213	426	851
64	126	251	501	1001
76	151	301	601	1181

Grundkörper	
Aluminum	A
Kunstharz	В

	Bin	dungstyp
_	BZ	Bronze
ner	G	Galv. Metall
Diamant	M	Sintermetall
٥	K	Kunstharz
	GSS	Galv. Metall
z	KSS	Kunstharz
CBN	MSS	Sintermetall
	VSS	Keramik

	Konzentratio	n
	Bezeichnung	Kt/cm ³
Bezugssystem I	C 25	1,1
	C 30	1,65
	C 50	2,2
	C 75	3,3
	C 100	4,4
	C 125	5,5
	C 135	6,0
	C 150	6,6
	Bezeichnung	Vol. %
Bgs. II	V 120	12
	V180	18
	V240	24

Abb. 4.6 Schleifscheibenspezifikation nach DIN ISO 6104 für hochharte CBN- und Diamantschleifscheiben / Specificaţii tehnice ale corpurilor abrazive dure [TOE 11]

• Schleifscheibenverschleiß

Die Schleifscheibentopografie verändert sich durch die Beanspruchung beim Schleifen. Dabei sind die Einstellbedingungen wie das Zeitspanvolumen, die Schnittgeschwindigkeit, die Zustelltiefe und der Vorschub maßgeblich für den späteren Schleifscheibenverschleiß.

Generell nimmt der Schleifscheibenverschleiß mit höherem Zeitspanungsvolumen zu. Es ist wichtig, die Konditionierbedingungen so zu wählen, dass die Einschleifzeit möglichst gering ist und somit die richtige Rautiefe gleich beim ersten Werkstück erzielt wird. Zu jeder Schleifbelastung passt eine Wirktopografie der Schleifscheibe, die sich über einen langen Zeitraum immer wieder regeneriert.

• Uzura corpurilor abrazive

Topografia corpurilor abrazive se modifică din cauza solicitărilor care apar în timpul rectificării. Condiţiile de prelucrare, cum ar fi volumul de aşchii îndepărtat în unitatea de timp, viteza de aşchiere, adâncimea de aşchiere şi avansul, sunt decisive pentru uzura ulterioară sculei.

În general, uzura copurilor abrazive creşte odată cu volumul de așchii. Este important să se selecteze condițiile de corectare a sculelor, astfel încât timpul de rodaj să fie cât mai scurt și să se obțină rugozitatea dorită încă de la prima piesă prelucrată. Pentru fiecare prelucrare este specifică o anumită topografie a corpului abraziv, care se reface după un anumit interval de timp.

Diesen Zustand nennt man **Selbstschärfeffekt**. Für einfache Profilgeometrien ist dieser Zustand erwünscht. Beim Profilschleifen kann jedoch sehr schnell ein Formfehler entstehen, weshalb dort der Selbstschärfeffekt gering gehalten werden muss.

Generell wird bei Schleifscheiben zwischen Makround Mikroverschleiß unterschieden. Der Makroverschleiß beinhaltet den Radialverschleiß und den Kantenverschleiß und damit die Form und Profilgenauigkeit der Schleifscheibe. Makroverschleiß der Schleifscheibe führt also zu Profilfehlern und Maßabweichungen am Werkstück und Rundlaufabweichungen an der Schleifscheibe (Abb. 4.8).

Acest fenomen se numește efect de auto-ascuţire. Pentru geometrii simple ale profilului aceasta stare este de dorit. Cu toate acestea, o eroare de formă poate apărea foarte repede în timpul rectificării profilelor, motiv pentru care efectul de auto-ascuţire trebuie menţinut la un nivel scăzut în aceste situaţii.

În general la discurile abrazive, se face distincţie între macro şi micro uzură. Macro-uzura include uzura radială şi uzura muchiilor care influenţează precizia de formă şi a profilului discului abraziv. Macro-uzura corpului abraziv conduce deci la erori de profil şi la abateri dimensionale ale piesei, precum şi la abateri de circularilate ale sculei (Fig. 4.8).

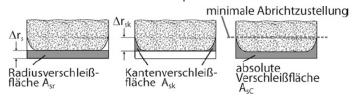


Abb. 4.8 Makroverschleiß der Schleifscheibe / Macro uzura discurilor abrazive (CIRP Keynote STC-G 2011)

Neben Makroverschleiß unterlieat Schleifscheibe auch einem Mikroverschleiß, der sich auf die Schnittfähigkeit der Schleifscheibe auswirkt. Es werden vier Mikroverschleißmechanismen unterschieden, zwei Mechanismen des Kornverschleißes und zwei des verschleißes. Kornverschleiß tritt aufgrund der Reibung zwischen Korn und Werkstück Schleifprozess auf. Je nach Kornspezifikation und Prozessparametern überwiegt der abrasive Verschleiß, der durch Mikrobrüche im Korn und einer daraus resultierenden Kornanflachung charakterisiert ist oder Makrobrüche, durch die neue Schneidkanten entstehen (Abb. 4.9).

Pe lângă macro uzură, scula este de asemenea supusă unei micro uzuri, ceea ce afectează capacitatea de așchiere a corpului abraziv. Se disting patru mecanisme de producere a micro-uzurii, două mecanisme de uzură a granulelor abrazive și două de uzură a lianţilor. Uzura granulelor abrazive se datorează fricţiunii dintre acestea şi semifabricat în timpul procesului de rectificare. În funcţie de caracteristicile granulelor şi de parametrii de proces, uzura abrazivă, caracterizată prin micro-fisuri ale grăunţilor abrazivi şi aplatizarea muchiilor acestora sau macro-fracturi, care au ca rezultat muchii așchietoare noi (Fig. 4.9)

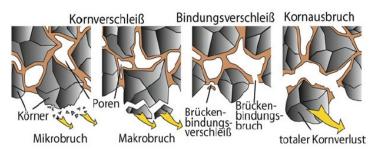


Abb. 4.9 Mikroverschleißmechanismen / Mecanisme de producere a uzurii corpurilor abrazive (CIRP Keynote STC-G 2011)

Alle Verschleißmechanismen treten im Prozess parallel auf. Daher sollten Schleifscheibe und Prozessparameter so ausgewählt werden, dass der Verschleiß möglichst minimiert wird. Insbesondere Anwendungen, die hei eine sehr hohe Profilgenauigkeit erfordern, sollen härtere Schleifscheiben verwendet werden, die eine höhere Verschleißbeständigkeit aufweisen.

Das **Verschleißverhalten** der Schleifscheiben wird über den **Verschleißquotienten** G, der sich aus zerspantem Werkstückvolumen V_w und Schleifscheibenverschleißvolumen V_s zusammensetzt, definiert:

$$G = \frac{V_{\rm w}(t)}{V_{\rm s}(t)} = \frac{\text{zerspantes Werkstoffvolumen}}{\text{Scheibenverschleißvolumen}}$$
(4.9)

Der Verschleißquotient liegt im Bereich von *G*= 20–60 bei Edelkorund und Siliziumkarbid und bei **über** 500 für hochharte Schleifscheiben.

• Konditionieren von Schleifwerkzeugen

Die Aufgabe des Konditionierens ist, dem Schleifwerkzeug die für das Schleifen erforderliche Profilgenauigkeit und Schnittfähigkeit wiederzugeben. Es wird unterteilt in Abrichten und Reinigen der Schleifscheibe. Das Abrichten umfasst sowohl das Profilieren, als auch das Schärfen der Schleifscheibe. Das Profilieren beinhaltet die Herstellung der Makrogeometrie und des Profils in axialer und radialer Richtung.

Neben Formfehlern wird so auch der rundlauffehler reduziert. Schärfen ist erforderlich, um die Mikrogeometrie der Schleifscheibe an den Prozess Toate mecanismele de uzură apar simultan în proces. Prin urmare, corpul abraziv şi parametrii de proces trebuie selectați astfel încât uzura să fie minimizată cât mai mult posibil. În special în aplicațiile care necesită o precizie foarte bună a profilului, trebuie utilizate discuri abrazive are au o rezistență mai mare la uzură.

Comportamentul la uzură al sculelor abrazive este definit de raţia G, care este determinată de raportul dintre volumul de material aşchiat de pe semifabricat V_w şi volumul de material pierdut de pe sculă V_s :

$$G = \frac{V_{\rm w}(t)}{V_{\rm s}(t)} = \frac{{\rm zerspantes~Werkstoffvolumen}}{{\rm Scheibenverschleißvolumen}} \ . \eqno(4.9)$$

Raţia G se situează în intervalul G = 20-60 pentru corindon şi carbura de siliciu şi **peste 500** pentru corpurile abrazive dure.

• Corecţia corpurilor abrazive

Corecţia corpurilor abrazive are drept scop asigurarea profilului sculei şi a proprietăţilor aşchietoare ale acesteia. Procesul are două etape: îndreptare şi curăţare. Îndreptarea include atât *profilarea* cât şi ascuţirea corpului abraziv. Profilarea implică producerea macrogeometriei şi a profilului sculei în direcţie axială şi radială.

Pe lângă erorile de formă se reduce și bătaia

anzupassen. Dies erfolgt, indem die Bindung zurückgesetzt wird, so dass verschlissene Körner entfernt und neue Schneidkanten freigelegt werden. *Die Reinigung* der Schleifscheibe hat die Aufgabe, Zusetzungen der Schleifscheibe durch Späne zu entfernen, ohne die Bindung und die Schneidkörner zu beeinflussen (Abb. 4.10, Abb. 4.11).

radială a sculei abrazive. Ascuţirea este necesară pentru a se asigura microgeometria corpului abraziv corespunzătoare procesului. Acest lucru se face, astfel încât granulele abrazive uzate să fie îndepărtate şi muchii aschietoare noi să intre în așchiere. *Curăţarea* corpului abraziv are rolul de a înlătura așchiile impregnate pe sculă, fără a afecta liantul şi granulele abrazive (Fig. 4.10, Fig. 4.11).



Abb. 4.10 Konditionieren / Corecţia corpurilor abrasive (CIRP Keynote STC-G 2011)

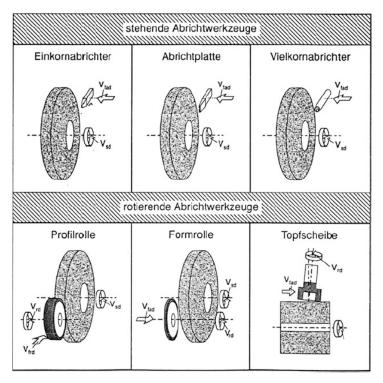


Abb. 4.11 Kinematik häufig eingesetzter Abrichtverfahren / Cinematica proceselor de corecție a corpurilor abrazive [WES 10]

Bei den stehenden Abrichtwerkzeugen werden Einkornabrichter, Abrichtplatten und Vielkornabrichter unterschieden (Abb. 4.12).

Ca instrumente pentru corectarea corpurilor abrazive se utilizează: vârfuri sau plăcuţe de diamant (Fig.4.12).



Abb. 4.12 Übersicht stehender Abrichtwerkzeuge (1 Abrichtrad, 2 Abrichtrolle, 3 Abrichtigel, 4 Abrichtplatte) / Instrumente pentru corectarea corpurilor abrazive [Weinz GmbH & Co]

Schleiftemperatur und Kühlung

Beim Schleifen tritt ein hoher Anteil an Reibung zwischen den Körnern und dem Werkstück, der Bindung und dem Werkstück sowie innere Reibung im Werkstück auf. Daher werden bis zu 90% der Leistung P_c , die für das Schleifen benötigt werden, in Wärme umgewandelt. Ein großer Teil dieser Energie fließt in das Werkstück und kann so zu Gefügeumwandlungen und thermischen Schädigungen führen. Daher sollte ein möglichst hoher Anteil der Wärme über den Kühlschmierstoff und die Späne abgeführt werden.

Insbesondere beim Tiefschleifen mit hohen Zustellungen besteht die Gefahr der thermischen Schädigung. Wird mit identischem bezogenen Zeitspanvolumen im Pendelschliff mit geringen Zustellungen geschliffen, ist die Temperatur zwar ebenfalls hoch, aber die Dauer der Wärmeeinwirkung ist deutlich geringer und damit auch die thermische Belastung des Werkstücks. Eine thermische Schädigung des Werkstücks kann bereits aufgetreten sein, ohne dass es zu Brandflecken kommt, die optisch erfasst werden können.

Je nach Anwendungsfall werden als Kühlschmierstoffe meist Mineralöl oder Öl-in-Wasser-Emulsionen oder Lösungen auf Wasserbasis eingesetzt. Die Hauptaufgaben des Kühlschmierstoffs sind:

• Reduktion der Reibung zwischen Korn und

• Temperatura de rectificare și răcirea

În timpul rectificării, se produce o frecare intensă între granule și piesă, liant și piesă, precum și frecare internă în semifabricat. Prin urmare, până la 90% din puterea necesară pentru rectificare P_c este transformată în căldură. O mare parte din această energie este acumulată în piesă și poate duce la modificări structurale și deteriorări termice. Prin urmare, cea mai mare parte din căldură ar trebui să fie disipată prin intermediul lichidelor de așchiere sau să fie preluată de așchii.

În special la rectificarea dintr-o singură trecere, când adâncimea de așchiere este mare, există pericolul de deteriorare termică. Dacă același volum de material se îndepărtează prin rectificare din mai multe treceri, temperatura este de asemenea ridicată, dar durata efectului termic este semnificativ mai mică la fel ca și solicitarea termică a piesei. O deteriorare termică a piesei poate să se producă fără apariția unor arsuri pe suprafața prelucrată, care pot fi detectate optic.

În funcție de aplicație sunt utilizate ca lichide ungere și răcire, uleiurile minerale sau emulsiile ulei-în-apă sau soluțiile pe bază de apă. Principalele sarcini ale lichidului de așchiere sunt:

 reducerea frecării între granulele abrazive şi piesă, Werkstück.

- · Späneabfuhr,
- · Werkstückkühlung,
- · Schleifscheibenreinigung,
- Korrosionsschutz.

Durch eine Reduktion der Reibung werden die Schleifkraft und die Schleiftemperatur reduziert. Dies führt auch zu einem geringeren Werkzeugverschleiß und es können zudem geringere Rauheiten erzielt werden. Die höchste Reibungsreduktion wird bei Einsatz von Öl erreicht, sind auch die Schleiftemperaturen geringer, obwohl Emulsion eine höhere Kühlwirkung hat (Abb. 4.19).

- · îndepărtarea așchiilor.
- · răcirea piesei,
- · curăţarea corpului abraziv,
- protecţia împotriva coroziunii.

Prin reducerea frecării, forța de rectificare şi temperatura de rectificare sunt reduse. Acest lucru conduce, de asemenea, la o uzură mai redusă a sculei şi, de asemenea, la o rugozitate mai mică. Cea mai mare reducere a frecării este obținută prin utilizarea uleiului, ceea ce înseamnă că temperaturile de rectificare sunt de asemenea mai mici, deşi emulsiile au un efect de răcire mai mare (Fig. 4.19).

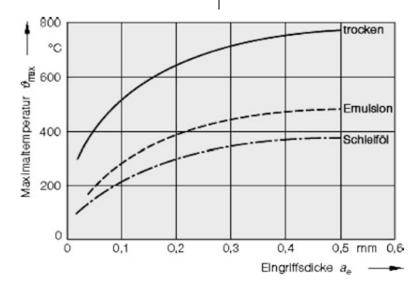


Abb. 4.19 Maximale Schleiftemperatur in Abhängigkeit von der Zustelltiefe und verschiedenen Kühlungsarten (nach König) / Temperatura de rectificare în funcție de metoda de răcire și adâncimea de așchiere [KOE 07]

4.1.4 Schleifverfahren

Die Schleifverfahren mit rotierendem Werkzeug wurden in der DIN 8589-1 zusammengestellt. Es kann in Rund- und Planschleifen sowie in Außenund Innenschleifen unterschieden werden. In Kombination mit der Relativbewegung zwischen Spindelachse und Schleifscheibe ergeben sich die Verfahrensbezeichnungen (Abb. 4.21). Beim Seitenschleifen bildet die Planseite der Schleifscheibe mit dem Werkstück die Kontaktzone. In diesem Fall ist es besonders schwierig, das Kühlmittel in den gesamten Kontaktbereich zu

4.1.4 Procedee de rectificare

Metodele de rectificare cu scule rotative au fost clasificate în DIN 8589-1. Se pot distinge următoarele procedee: rectificare rotundă și rectificare plană, dar și rectificare exterioară respectiv rectificare interioară. În funcție de mișcarea relativă dintre axul arborelui și corpul abraziv, se face o altă clasificare, așa cum este prezentat în figura 4.21. În cazul rectificării laterale, partea plană a sculei intră în contact cu piesa, fiind deosebit de dificil ca lichidul de răcire să ajungă în întreaga zonă de contact. Acest proces de

fördern. Dieses Schleifverfahren wird auf Maschinen mit vorwiegend vertikaler Spindelanordnung durchgeführt.

rectificare se realizează predominant pe maşini rectificat cu ax vertical.

	Außenrund-	Innenrund-	Plan-	Dreh-
Umfangs- Querschleifen	bs vir	a _p v _y v _s	a _e a _p v	Vfr Vs bs ap
Umfangs- Längsschleifen	a _e v _s v _{fr}	v _s v _{fa} a _e v _f a	b _s v _s 0	b _s v _{ta} a _e
Seiten- Querschleifen	b _s v _f ?		a _p	V _s a _p
Seiten- Längsschleifen	v _{ft} v _{fa}	© W F 382-69-00	a _p O vs	V _s a _p V _w

Abb. 4.21 Einteilung und Bewegungsabläufe der Schleifverfahren / Clasificarea procedeelor de rectificare [WES 10]

Die Schnittgeschwindigkeit wird bei allen Verfahren durch die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe bestimmt. Die Vorschub-geschwindigkeiten können sowohl auf der Werkstückseite als auch auf der Schleifscheibenseite liegen. Je nach Schleifaufgabe werden sowohl kontinuierliche als auch diskontinuierliche Vorschubbewegungen durch-geführt.

Planschleifen

Von den Planschleifverfahren werden hier das Längs-Umfangs-Planschleifen und das Längs-Seiten-Planschleifen näher vorgestellt (Abb. 4.21).

Die Vorschubbewegung ist beim Längs-Umfangs-Planschleifen translatorisch und kann sowohl durch die Schleifscheibe als auch durch das Werkstück ausgeführt werden. In den meisten Fällen erfolgt Viteza de așchiere este determinată de viteza periferică a discului de rectificat la toate procedeele de rectificare. Vitezele de avans și mișcările de avans corespunzătoare pot fi realizate atât de piesă cât și de scula abrazivă.

În funcție de metoda de rectificare, mișcările de avans pot fi atât continue cât și discontinue.

• Rectificarea plană

Dintre procedeele de rectificare plană sunt prezentate mai detalit rectificarea cu suprafaţa periferică a corpului abraziv şi avans longitudinal şi rectificarea plană cu partea frontală a corpului abraziv şi avans longitudinal (Fig. 4.21).

La rectificarea cu avans longitudinal şi partea periferică a discului abraziv, mişcarea de avans este o mişcare de translaţie şi poate fi executată atât de sculă cât şi de piesă. În cele mai multe cazuri, se

dies über die Tischbewegung der Schleifmaschine und damit über das Werkstück.

Das Längs-Seiten-Planschleifen kann mit oder rotatorischer translatorischer Vorschubbewegung durchgeführt werden. Beide Möglich-Längstischbewegung und Rundtischkeiten. bewegung, stehen maschinenseitig zur Verfügung. Längs-Umfangs-Planschleifen, Beim nach Drehrichtung der Schleifscheibe zur Tischvorschubgeschwindigkeit wird im Gegenlauf oder im Gleichlauf geschliffen.

Es gibt widersprüchliche Empfehlungen zum Einsatz von *Gegen-* oder *Gleichlaufschleifen*. Überwiegend wird das Schruppschleifen im Gegenlauf und das Schlichtschleifen im Gleichlauf ausgeführt.

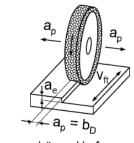
realizeaza prin mişcarea mesei maşinii de rectificat, pe care este fixată piesa.

La rectificarea cu partea laterală a corpului abraziv și avans longitudinal mișcarea de avans poate fi o mișcare de translaţie sau rotaţie. Ambele posibilităţi de mişcare sunt asigurate de masa longitudinală sau rotativă a mașinii de rectificat.

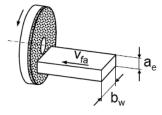
La rectificarea cu partea periferică a sculei şi avans longitudinal, în funcție de direcția de rotație a corpului abraziv în raport cu direcția mişcării de a avans a mesei mașinii se disting: rectificarea in sensul avansului, respectiv rectificare în sens invers avansului.

Există recomandări contradictorii cu privire la utilizarea rectificării în sensul sau invers avansului. În cele mai multe situații rectificarea de degroșare se realizează în sens invers avansului, iar rectificarea de finisare în sensul avansului.

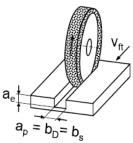
Planschleifen



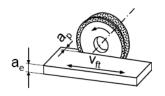
Längs-Umfangs-Planschleifen (Pendelschleifen)



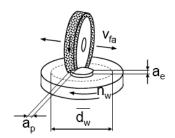
Quer-Seiten Planschleifen



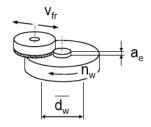
Längs-Umfangs-Planschleifen (Tiefschleifen)



Längs-Seiten-Planschleifen



Quer-Umfangs-Planschleifen mit kreisförmiger Vorschubbewegung



Quer-Seiten-Planschleifen mit kreisförmiger Vorschubbewegung

• Rundschleifen zwischen Spitzen

Das Außenrundschleifen wird unterteilt in:

Rectificarea cilindrică între varfuri

Procedeele de rectificare cilindrică exterioară:

- Längs-Umfangs-Außen-Rundschleifen,
- Quer- Umfangs-Außen-Rundschleifen,
- Längs-Seiten- Außen-Rundschleifen und
- · Quer-Seiten-Außen- Rundschleifen,

wobei die beiden ersten am häufigsten verwendet werden.

Beim Längs-Umfangs-Außen-Rundschleifen erfolgt zunächst die Zustellung a_e der Schleifscheibe und anschließend eine Längsbewegung der Schleifscheibe parallel zur Werkstückachse. Die Zustellung erfolgt entweder an beiden Seiten nach jedem Hub oder an einer Seite nach jedem Doppelhub.

die Um Formgenauigkeit der Kanten des Werkstücks gewährleisten. sollte die Schleifscheibe an jeder Seite überlaufen. Am Ende des Schleifprozesses erfolgen mehrere Leerhübe ohne Zustellung beim sog. Ausfunken, um den Rundlauf des Werkstücks zu verbessern. Häufig wird das Verfahren auch als Längsschleifen bezeichnet.

Beim Quer-Umfangs-Außen-Rundschleifen, auch bezeichnet als Einstechschleifen, erfolgt eine der kontinuierliche. radiale Zustellung Schleifscheibe ohne Längsvorschub. In diesem Verfahren können auch (über den Einsatz profilierter Schleifscheiben) Profile dem Werkstückumfang erzeugt werden. Zudem können über einen Satz von Schleifscheiben mehrere Umfangsflächen parallel bearbeitet werden. Bei langen Werkstücken erfolgt eine Abstützung durch Lünetten, um Formfehler durch Ausbiegungen zu vermeiden. Um die Prozessdauer zu verkürzen, kann das Schruppen in mehreren Quer-Umfangs-Außen-Rundschleifprozessen ausgeführt werden und das Schlichten als Längs-Umfangs-Außen-Rundschleifprozess.

- cu partea periferică a discului abraziv şi avans longitudinal
- cu partea periferică a discului abraziv şi avans transversal
- cu partea frontală a discului abraziv şi avans longitudinal
- cu partea frontală a discului abraziv şi avans transversal

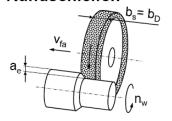
primele două fiind cel mai frecvent utilizate.

În cazul **rectificării cilindrice exterioare cu partea periferică a discului abraziv și avans longitudinal** se reglează mai întâi adâncimea de așchiere a sculei a_e (avansul transversal) și apoi mișcarea de avans longitudinală sculei, paralelă cu axa piesei. Avansul transversal se realizează fie la sfârșitul fiecărei curse sau după fiecare cursă dublă.

Pentru a asigura precizia formei muchiilor piesei, corpul abraziv trebuie să depășească extremitatea semifabricatului la fiecare capăt de cursă. La sfârșitul procesului de rectificare se efectuează mai multe curse în gol, fără avans transversal, așanumitele treceri de scânteiere, pentru a îmbunătăți concentricitatea piesei. Procesul este adesea denumit rectificare longitudinală.

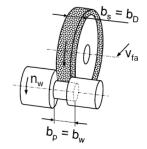
În cazul rectificării cilindrice exterioare cu partea periferică a corpului abraziv și avans trasversal, avansul este continuu pe direcție radială, fără deplasare pe direcție longitudinală. Prin acest procedeu pot fi prelucrate suprafete profilate (utilizând corpuri abrazive profilate). În plus, pot fi prelucrate simultan mai multe suprafete de revoluție prin utilizarea unui set (pachet) de corpuri abrazive. În cazul pieselor lungi, sprijinul suplimentar este asigurat prin intermediul unor suporturi fixe (lunete) pentru a evita deformarea semifabricatului. Pentru creșterea productivității, se poare realiza degrosarea din mai multe treceri cu avans de pătrundere iar finisarea cu avans longitudinal.

Rundschleifen

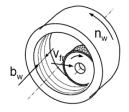


Längs-Umfangs-Außen-Rundschleifen

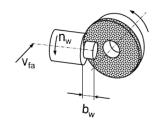
Längs-Umfangs-Innen-Rundschleifen



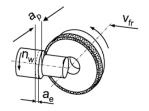
Quer-Umfangs-Außen-Rundschleifen



Quer-Umfangs-Innen-Rundschleifen



Quer-Seiten-Außen-Rundschleifen



Längs-Seiten-Außen-Rundschleifen

Beim Innenrundschleifen werden das Längs-Umfangs-Innenrundschleifen und das Quer-Umfangs-Innen-Rundschleifen unterschieden. Am häufigsten werden zylindrische oder kegelige Bohrungen geschliffen.

Verfahren sind prinzipiell äquivalent zum Außenrundschleifen. Allerdings kann nur mit geringeren Vorschüben gearbeitet werden. Ein Problem des Innenrundschleifens ist die große zwischen Schleifscheibe Kontaktlänge und Werkstück, die zu einer gesteigerten Gefahr der thermischen Schädigung des Werkstücks führt.

Zudem ist die Zuführung des Kühlschmierstoffs erschwert. Die Schleifscheibe zum Innenrundschleifen ist in der Regel auf einem Dorn befestigt, der aufgrund seiner Auskraglänge und des geringen Durchmessers nur eine geringe Steifigkeit aufweist. Daher erfolgt durch die Prozesskräfte eine Ausbiegung des Schleifdorns, die zu Form- und Maßfehlern führen kann. Üblicherweise sollten die Durchmesser von Schleifscheibe d_s und Werkstück d_w den Quotienten ds/dw = 0,65 - 0,75 aufweisen.

În cazul rectificării cilindrice interioare, se disting rectificarea cilindrică interioară cu partea periferică a sculei și avans longitudinal și rectificarea cilindrică interioară cu partea periferică a sculei și avans longitudinal. Suprafețele rectificate cel mai frecvent sunt găurile cilindrice sau conice.

Procedeele sunt practic echivalente cu cele de la prelucrările exterioare. Cu toate acestea, la prelucrările interioare avansurile de lucru sunt mai mici. O problemă care apare la rectificarea interioară este lungimea mare de contact dintre corpul abraziv şi semifabricat, ceea ce duce la un risc crescut de deteriorare termică a piesei.

Mai mult, dirijarea lichidului de așchiere este mai dificilă. Discurile abrazive pentru rectificarea interioară sunt în general montate pe un dorn, care are o rigiditate scăzută datorită lungimii sale mari și a diametrului mic. Are loc o deviere a dornului din cauza forțelor de așchiere, ceea ce duce la apariția unor erori de formă și dimensionale. De obicei, raportul diametrelor sculei d_s și al piesei d_w ar trebui să fie d_s/d_w = 0,65-0,75.

Spitzenlosschleifen

Das Spitzenlosschleifen eignet sich sehr gut für die Massenfertigung, da hohe Zerspanraten und große Stückzahlen bei geringen Durchlaufzeiten erreicht werden. Beim Spitzenlosschleifen ist das Werkstück sondern nicht gespannt, liegt auf einer Auflageschiene. Es wird dann zwischen Auflageschiene, Schleifscheibe und Regelscheibe geführt.

Der Abstand zwischen der Schleifscheibe und der Regelscheibe, die im Gleichlauf rotieren, bestimmt den Werkstückdurchmesser. Die Regelscheibe weist eine zylindrische Form für das Quer-Umfangs-Schleifen und eine hyperbolische Form für das Durchlaufschleifen auf. Sie besteht in der Regel aus Hartgummi oder Kunstharz.

Das Durchlaufschleifen kann nur für glatte, zylindrische Werkstücke eingesetzt werden. Das Quer-Umfangs-Spitzenlos-Schleifen wird eingesetzt, wenn angestuften oder profilierten Werkstücke gefertigt werden sollen.

Für das Durchlaufschleifen ist die Regelscheibe schräg gestellt, so dass eine Axialkraft resultiert, durch die das Werkstück nach vorne geführt wird. Der Winkel der Schrägstellung bestimmt daher die Durchlaufgeschwindigkeit. Die Regelscheibe rotiert etwas langsamer als die Schleifscheibe und bremst das Werkstück damit ab. so dass eine Spanabnahme entsteht. Beim Quer-Umfangs-Spitzenlosschleifen ist das Werkstück kürzer als die Schleifscheibenbreite und die Regelscheibe führt neben der Rotation auch noch eine Zustellbewegung aus (Abb. 4.24).

Beim Quer-Umfangs-Spitzenlosschleifen ist das Werkstück kürzer als die Schleifscheibenbreite und die Regelscheibe führt neben der Rotation auch noch eine Zustellbewegung aus.

• Rectificarea fără centre

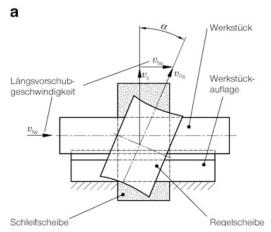
Rectificarea fără centre este un procedeu specific pentru producția de masă, deoarece se lucrează cu viteze mari, un număr mare de piese putând fi realizate într-un timp scurt. În timpul prelucrării semifabricatul nu este fixat, ci doar sprijinit cu o riglă de susţinere. Acesta este apoi ghidat între riglă, discul abraziv şi discul conducător.

Distanța dintre discul de rectificat și conducător, care se rotesc în acelasi sens, determină diametrul piesei de prelucrat. Discul conducător are formă cilindrică pentru rectificarea cu avans transversal și o formă hiperbolică pentru rectificarea cu avans longitudinal. Se confectionează, în general, din cauciuc dur sau rășină sintetică.

Rectificarea fără centre cu avans longitudinal poate fi utilizată numai pentru *piese cilindrice netede*. Rectificarea fără centre cu partea periferică a corpului abraziv și avans transversal este utilizată atunci când urmează să fie prelucrate *piese cilindrice în trepte* sau *profilate*.

La rectificarea fără centre cu avans longitudinal, axa de rotație a discului conducător este înclinată astfel încât rezultă o componentă axială a forței, care asigură avansul axial al semifabricatului. Unghiul de înclinare al axei discului conducător determină, prin urmare, viteza de transfer a piesei printre cele două discuri. Discul conducător se rotește mai încet decât discul abraziv și frânează piesa astfel încât să se realizeze îndepărtarea materialului sub formă de așchii (Fig. 4.24).

La rectificarea fără centre cu avans transversal, piesa este mai scurtă decât lăţimea discului abraziv şi discul conducător realizează pe lângă mişcarea de rotaţie şi o mişcare de avans transversal.



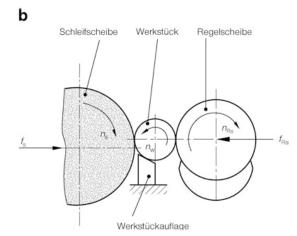


Abb. 4.24 Spitzenloses Außenrundschleifen, **a** Seitenansicht, **b** Ansicht in Achsenrichtung / Rectificarea fără centre cu avans longitudinal [WES 10]

Das Spitzenlosschleifen ist besonders dann von Vorteil, wenn lange, zylindrische Bauteile zu fertigen sind, da auch ohne Einsatz von Lünetten keine Durchbiegung des Werkstücks erfolgt. Zudem entfällt das Einspannen und Zentrieren der Bauteile.

Wälzschleifen

Oberflächenrauheit und geometrische Genauigkeit werden für die Herstellung von Zahnrädern nur durch die Schleifbearbeitung erreicht. Dabei ist das Wälzschleifen die effektivste Schleifbearbeitung von größeren gerad- und schrägverzahnten Außenstirnrädern. Das Schleifscheibenprofil besitzt das Negativprofil des Werkstücks. Während des Schleifens wälzt das Schleifscheibenprofil auf der Werkstückoberfläche ab (Abb. 4.25). (Mehr zu diesem Thema im nächsten Studiumsemester).

Rectificarea fără centre este deosebit de avantajoasă atunci când se prelucrează arbori netezi lungi, deoarece chiar şi fără utilizarea de lunete nu se produce o deformare a piesei. În plus, se elimină fixarea şi centrarea semifabricatelor

• Rectificarea prin rulare

Rugozitatea suprafețelor și precizia geometrică a roților dințate pot fi obținute doar prin rectificare. Rectificarea prin rulare este metoda cea mai eficientă pentru finisarea angrenajelor exterioare cu dinți drepți și înclinați. Profilul corpului abraziv are profilul negativ al piesei. În timpul rectificării, profilul corpului abraziv rulează pe suprafața piesei de prelucrat (Fig. 4.25). (Mai multe detalii, în semestrul următor).

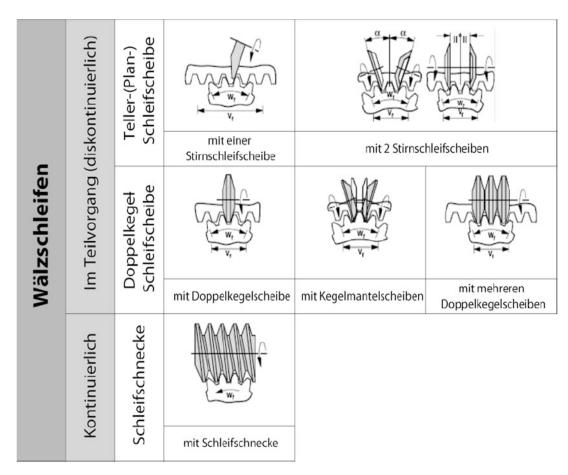


Abb. 4.25 Wälzschleifen / Rectificarea roţilor dinţate [WES 10]

Profilschleifen

Profilschleifen Für wird das der vor Schleifbearbeitung Negativprofil das die Schleifscheibe durch Profilabrichten eingebracht. Dies kann mit Formdiamanten, Diamantformrollen Diamantprofilrollen erfolgen. Besitzt die Schleifscheibe schon das Negativprofil des Werkstücks, dann wird noch nur eine Vorschubbewegung bei der eigentlichen Schleifbearbeitung benötigt.

Wenn der Profilradius durch den Schleifscheibenverschleiß seine geforderte Kontur verliert, dann muss wieder profiliert werden.

Schleifscheiben CBNmit oder Diamantschneidkörnern können das Profil länger halten als konventionelle Schleifscheiben. Allerdings müssen die hochharten Schleifscheiben konditionierbar sein. weil sonst der einmal verschlissene Profilradius nicht mehr regeneriert

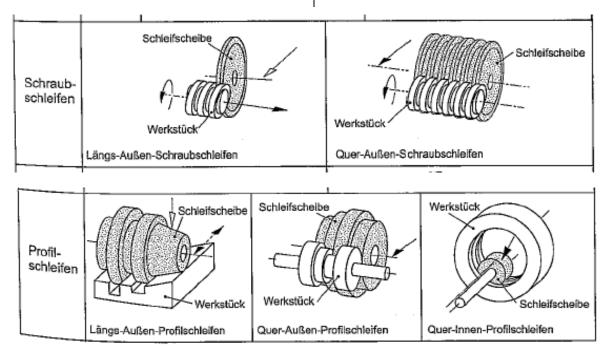
• Rectificarea suprafeţelor profilate

Pentru rectificarea suprafeţelor profilate, profilul negativ este reprodus pe corpul abraziv prin profilarea acestuia înaintea procesului de rectificare. Acest lucru se poate face cu vârfuri de diamant, role de modelare din diamant şi role de profilare din diamant. Dacă corpul abraziv are deja profilul negativ al piesei de prelucrat, mai este necesară o singură mişcare de avans în timpul procesului de rectificare real.

Dacă corpul abraziv îşi pierde conturul corect din cauza uzurii, atunci scula trebuie să fie profilată din nou.

Discurile abrazive din CBN sau diamant pot să îşi menţină profilul un timp mai îndelungat decât corpurile abrazive convenţionale. Cu toate acestea, corpurile abrazive cu duritate mare trebuie să permită corecţia deoarece, în caz contrar, raza profilului nu poate fi regenerată în

werden kann. Das Profilschleifen kann auf Planschleifmaschinen sowohl im Pendelschliff als auch im Tiefschliff erfolgen [WES 10]. urma uzării. Rectificarea profilelor poate fi efectuată pe maşinile de rectificat plan atât prin procedeul de rectificare în mai multe treceri cât şi dintr-o singură trecere [WES 10]



Tiefschleifen

Der Tiefschliff erfolgt mit der gesamten Profiltiefe und einer langsamen Vorschubgeschwindigkeit. Dabei entstehen je nach Zeitspanvolumen sehr hohe Schleifkräfte. Eine gute Kühlung ist erforderlich, damit kein Schleifbrand auf dem Werkstück entsteht. Für die Endbearbeitung kann der letzte Schliff auch mit einer geringen Zustellung und einer hohen Tischvorschubgeschwindigkeit erfolgen.

Gerade das Tiefschleifen kann z.B. Substituierend für das Fräsen eingesetzt werden. Der Einsatz von CBNund Diamantschleifscheiben beim Tiefschleifen erweitert das Anwendungsgebiet für Massenfertigung hochwertiger technisch Werkstücke. Das Tiefschleifen hat insbesondere beim Schleifen von Profilen als gängiges Verfahren etabliert.

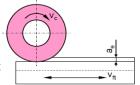
• Rectificarea dintr-o singură trecere

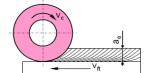
În cazul acestui procedeu întregul adaos de prelucrare se îndepărtează într-o singură trecere a corpului abraziv, cu viteze de avans mici. În funcție de volumul de așchii îndepărtat în unitatea de timp, se produc forțe foarte mari de rectificare. Este necesară o răcire intensă, astfel încât să nu apară arsuri pe suprafaţa piesei. Trecerea finală poate fi realizată cu o adâncime de așchiere redusă și cu o viteză mare de avans a mesei.

Rectificarea dintr-o singură trecere poate, de exemplu, să înlocuiască frezarea. Utilizarea discurilor abrazive din *CBN şi diamant* pentru rectificarea dintr-o singură trecere extinde domeniul de aplicare al acestui procedeu pentru producţia de masă a pieselor de înaltă calitate. Rectificarea într-o singură trecere a devenit o metodă comună, în special în cazul rectificării profilurilor [KOE 07].

Verfahrensvarianten beim Planschleifen

Verfahrensvergleich





Vorteile des Pendelschleifens:

- geringere Temperaturen
- · geringere Schleifkräfte

Vorteile des Tiefschleifens:

- · bessere Oberflächengüten
- · kürzere Schleifzeiten
- geringerer Schleifscheibenverschleiß

Pendelschleifen		Tiefschleifen
größer	mittlere Spanungsdicke	kleiner
kleiner	mittlere Spanungslänge	größer
kleiner	mittlere Schleiftemperatur	größer
kleiner	Schleifkräfte	größer
kleiner	vertikale Formabweichung	größer
größer	Rautiefe	kleiner
größer	Kantenverschleiß	kleiner

4.2 Honen

Honen ist Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden. Die vielschneidigen Werkzeuge führen eine aus zwei Komponenten bestehende Schnittbewegung aus.

Beim Honen wird mit einem Werkzeug aus gebundenem Korn unter ständiger Flächenberührung Werkstückstoff zerspant. Das Honen dient der Endbearbeitung von meist zylinderförmigen Innen- und Außenflächen und ist aufgrund des hohen Traganteils der gehonten Oberflächen sowie der erreichbaren Maß- und Formgenauigkeiten besonders für tribologisch stark beanspruchte Bauteile oder Flächen mit Dichtungsfunktion geeignet.

Die Hauptanwendungsfälle liegen daher im Motorenbau und der Fertigung von Lager und Hydraulikkomponenten (Einsatzbereich: Klein- und Großserienfertigung). Durch die Verwendung verschiedener Schneid- und Kühlschmierstoffe sind fast alle technisch relevanten Werkstoffe heutzutage honbar. Bearbeitbar sind u.a. Stahl (weich und gehärtet), Gusseisen, Bronze, Messing, Glas, Graphit.

4.2 Honuirea

Honuirea este un proces de așchiere cu scule cu muchii așchietoare nedefinite. Prelucrarea se face cu scule multităiş (barete abrazive), care realizează o mișcare de așchiere cu două componente.

La honuire excesul de material de pe semifabricat este îndepărtat cu ajutorul unor scule abrazive aflate în contact permanent cu suprafata de prelucrat. Honuirea se aplică pentru suprafinisarea suprafețelor interioare și exterioare, în principal cilindrice și este adecvată datorită portanței mari a și a preciziilor dimensionale și de suprafetelor formă mari realizabile în special pentru componentele foarte solicitate din punct de vedere tribologic sau suprafețele cu funcție de etanșare.

Principalele aplicaţii sunt, prin urmare, în construcţia motoarelor şi producţia de lagăre şi de componente hidraulice (Domenii de aplicare: fabricaţie de serie mică şi masă). Prin utilizarea diferitelor lichide de răcire, în prezent aproape toate materialele relevante din punct de vedere tehnic pot fi prelucrate prin honuire. Sunt prelucrabile prin acest procedeu oţeluri (moi sau dure), fonte, bronz, alamă, sticlă, grafit.

Beim Honen sind alle Werkzeuge gleichzeitig im Eingriff. Infolge der ziehenden und drehenden Bewegungen zwischen Honsteinen und Werkstück weisen die gehonten Flächen kreuzende Bearbeitungsriefen auf und sind matt bis glänzend. Durch die niedrigen Schnittgeschwindigkeiten, bis ca. 30 m/min, findet nur eine geringe Randzonenerwärmung statt. Das Honen wird meist zum Fertigbearbeiten von einzelnen Funktionsflächen am Werkstück verwendet. Die Werkstücke sollen möalichst formgenau und mit geringen Bearbeitungszugaben (0,05-0,1 mm) vorbearbeitet werden.

Honen dient zur Verbesserung (bzw. Änderung) von:

• Form, •Maßgenauigkeit und • Oberflächengüte
des Werkstücks unter ständiger Flächenberührung
des Werkzeugs. Es wird im allgemeinen im
Anschluss an eine vorhergehende Feinbearbeitung
zur Endbearbeitung angewandt.

Ziel: Verbesserung der Rauheit, der Rundheit, Zylindrizitätskorrektur, Maßkorrektur, Beseitigung der thermisch oder mechanisch beeinflußter Randzonen.

4.2.1 Kinematik beim Honen

Die Kinematik des Honverfahrens setzt sich aus einer axialen, einer tangentialen und einer radialen Komponente zusammen. Die axiale Komponente verläuft oszillierend und wird durch gleichmäßige Hub- und Senkbewegungen des Werkzeugs erreicht. Die tangentiale Bewegungskomponente resultiert aus der gleichmäßigen Werkzeugrotation.

In radialer Richtung erfolgt die kraft- oder weggebundene Zustellung des Werkzeugs auf das Werkstück. Anhand der Kinematik lässt sich das Honen in *Außenrund-, Innenrund- und Planhonen* (auch als Flachhonen bezeichnet) unterteilen, Abb. 4.26.

La honuire toate sculele se găsesc simultan în așchiere. Ca urmare a mișcărilor de rotație și translație între baretele abrazive și semifabricat apar striații încrucișate pe suprafața prelucrată, care poate fi de la **mată** până la **lucioasă**.

Datorită vitezelor de așchiere mici de până la 30 m/min are loc doar o încălzire superficială a materialului. Honuirea este cel mai frecvent utilizată ca operație finală de prelucrare a unor suprafețe funcționale ale semifabricatului. Semifabricatele trebuie să fie prelucrate în prealabil și aduse la o formă precisă cu adaosuri de prelucrare mici (0,05-0,1 mm).

Honuirea se aplică în scopul îmbunătăţirii (modificării): • formei, • preciziei dimensionale, • calităţii suprafeţei prelucrate în urma contactului continuu cu semifabricatul. Se aplică ca prelucrare finală după finisare.

Scop: îmbunătăţirea rugozităţii, circularităţii, corectarea cilindricităţii, îmbunătăţirea preciziei dimensionale, eliminarea stratului superficial de material afectat termic sau mecanic.

4.2.1 Cinematica procesului de honuire

Cinematica procesului de honuire are 3 componente: axială, tangenţială şi radială. Componenta axială este oscilantă fiind realizată prin mişcări uniforme de ridicare şi coborâre ale sculei. Componenta tangenţială rezultă din rotirea uniformă a sculei.

În direcţie radială, avansul sculei se realizează prin presiune sau prin deplasarea semifabricatului. Din punct de vedere cinematic, procedeele de honuire pot fi clasificate în: honuire cilindrică exterioară, honuire cilindrică interioară şi honuire plană, Fig. 4.26.

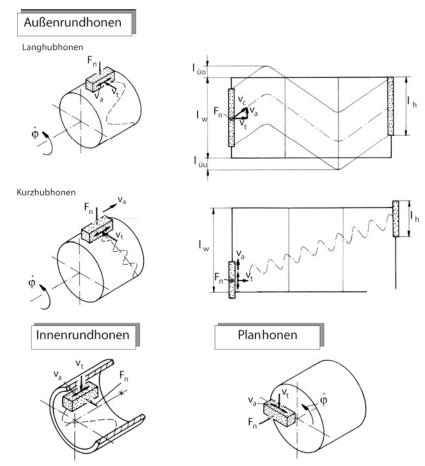


Abb. 4.26 Kinematik und Verfahren beim Honen / Cinematica procesului şi procedee de honuire [WES 10]

Nach der Länge der Hubbewegung werden auch das Langhub- und das Kurzhubhonen unterschieden.

Beim Langhubhonen führt das Werkzeug die erforderliche Rotations- und Translationsbewegung aus. Die dabei entstehenden Riefen sind erwünscht, da sie das Haften eines Schmierfilms begünstigen.

Beim Kurzhubhonen (Feinhonen, Superfinishen) wird der rotierenden und translatorischen Bewegung noch eine Schwingbewegung mit *Frequenzen bis* **250 Hz** und *geringer Amplitude* überlagert. Mit dem Kurzhubhonen werden z.B. Gleitlagerzapfen, Dichtflächen und Wälzlagerteile bearbeitet.

Die weiterführenden Betrachtungen beziehen sich auf das Langhub-Innenrundhonen.

În funcție de lungimea cursei mişcării oscilatorii pe direcție axială, se disting, de asemenea două procedee, **honuirea** și **vibrohonuirea**.

La **honuirea** propriu-zisă scula execută cele două mişcări de rotaţie şi de translaţie. Striaţiile care rezultă sunt utile, favorizând o mai bună aderare a filmului de ulei.

La vibrohonuire (honuire fină, superfinisare) peste mişcarea clasică de roto-translaţie a sculei se suprapune o mişcare vibratorie cu *amplitudine mică* şi *frecvenţă mare (până la 250 Hz)*. Prin acest procedeu se prelucrează de ex. fusurile lagărelor de alunecare, suprafeţe de etanşare şi componente ale lagărelor de rostogolire.

Explicaţiile următoare se referă la metoda de honuire cilindrică interioară.

Viteza de așchiere rezultantă se obține din

Die resultierende Schnittgeschwindigkeit ergibt sich aus dem Betrag der Vektorsumme der einzelnen Geschwindigkeitskomponenten, wobei die radiale Vorschubgeschwindigkeit im Vergleich zu den anderen Komponenten vernachlässigt werden kann (Abb. 4.26):

$$v_{\rm c} = \sqrt{v_{\rm a}^2 + v_{\rm t}^2}$$
 (4.20)

Durch die oszillierende Hubbewegung und die gleichmäßige Rotation entstehen auf der Werkstückoberfläche die für das Honen charakteristischen kreuzförmigen Riefen. Der Kreuzungswinkel ("Honwinkel") α ist von der axialen und tangentialen Geschwindigkeit abhängig:

$$\alpha = 2 \arctan \frac{v_a}{v_t} . \tag{4.21}$$

combinarea vectorială a componentelor vitezei, în care viteza de avans radială poate fi neglijată în raport cu celelalte componente (Fig. 4.26):

$$v_{\rm c} = \sqrt{v_{\rm a}^2 + v_{\rm t}^2} \ .$$
 (4.20)

Datorită mişcării oscilante axiale şi a rotaţiei uniforme se formează pe suprafaţa urme intersectate (striaţii) caracteristice prelucrării prin honuire. Unghiul de intersecţie ("unghiul de honuire") α depinde de vitezele axială şi tangenţială:

$$\alpha = 2 \arctan \frac{v_{\rm a}}{v_{\rm t}} \,. \tag{4.21}$$

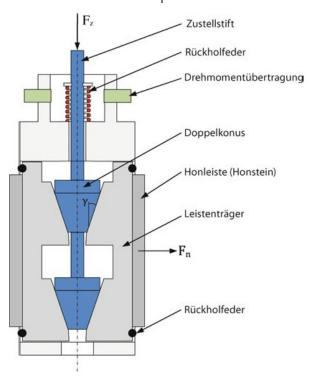


Abb. 4.28 Schnittdarstellung eines Honwerkzeugs zur Bohrungsbearbeitung / Cap de honuit pentru prelucrarea alezajelor [SCH 18]

Für die Aufbringung der Zustellkraft werden kraftund formschlüssige Zustellsysteme eingesetzt (Abb. 4.29). Bei der kraftabhängigen Zustellung wird ein Kolben mit der Kolbenfläche A_k mit einem Zustelldruck p_z beaufschlagt. Pentru aplicarea forței de avans, se folosesc sisteme de presare prin forță și formă (Fig. 4.29). În cazul presării prin forță, un piston este acționat de suprafața A_k cu o presiune p_z .

Die formschlüssige Zustellung erfolgt durch die Umsetzung des Zustellmoments \textit{M}_{z} eines Schrittmotors über ein Gewindegetriebe und wird auch als elektro-mechanische Zustellung bezeichnet.

Presiunea prin formă se efectuează prin transformarea cuplului de avans M_z al unui motor pas cu pas printr-o transmisie filetată fiind, menționată ca acționare electromecanică.

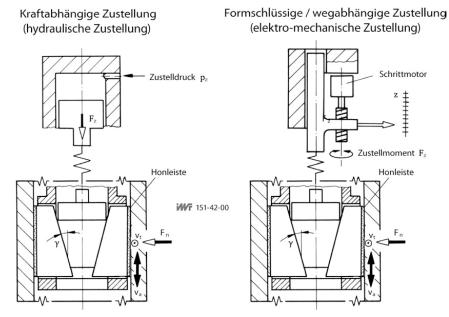


Abb. 4.29 Kraft- und formschlüssige Zustellsysteme / Sisteme de presiune prin forţă şi formă [TOE 11]

4.2.2 Werkzeuge beim Honen

Die beim Honen eingesetztenWerkzeuge können in aufweitbare (Durchmesser von ca. 5 mm bis 1000 mm) und nicht aufweitbare Werkzeuge (Durchmesser kleiner 5 mm) unterteilt werden. Bei den aufweitbaren Werkzeugen findet während des Zerspanvorgangs eine kontinuierliche Aufweitung statt, bis der Solldurchmesser der Bohrung erreicht ist. Je nach Bohrungsdurchmesser können Werkzeuge mit einer oder mit mehreren Schneidleisten (vgl. Abb. 4.30) zum Einsatz kommen.

Bei kleineren Bohrungen kommt oft das sog. Dornhonen zum Einsatz. Hierbei wird ein vollflächig mit Schneidbelag besetztes Werkzeug, das eine konische Schneidenzone und eine auf den Solldurchmesser eingestellte zylindrische Kalibrierzone aufweist eingesetzt, Abb. 4.30. Da sich der auftretende Schneidbelagverschleiß direkt auf das Endmaß der Bohrung auswirkt, weisen Dornhonwerkzeuge oft einen Aufweite-

4.2.2 Scule pentru honuit

Sculele utilizate pentru honuire pot fi împărţite în scule expandabile (cu diametre cuprinse între 5-1000 mm) şi ne-expandabile (diametru mai mic de 5 mm). În cazul sculelor extensibile, are loc o expansiune continuă în timpul procesului de aşchiere până la atingerea diametrului dorit al găurii. În funcţie de diametrul găurii, pot fi utilizate unelte cu una sau mai multe barete abrazive (vezi Fig. 4.30).

Pentru prelucrarea găurilor mai mici este adesea folosit procedeul de honuire cu dorn. În acest caz, se foloseşte o sculă cu o zonă de aşchiere conică şi o zonă de calibrare cilindrică ajustată la diametrul dorit, Fig. 4.30. Deoarece uzura sculei afectează în mod direct dimensiunea finală a găurii, sculele de honuit tip dornuri au adesea un mecanism de expandare pentru compensarea uzurii. În cazul honuirii cu dorn, scula efectuează

mechanismus auf. Beim Dornhonen führt das Werkzeug nur wenige Doppelhübe aus, da der Hauptanteil der Zerspanungsarbeit bereits beim ersten Abwärtshub geleistet wird.

numai câteva curse duble, deoarece partea principală a prelucrării este deja efectuată în timpul primei curse a sculei.

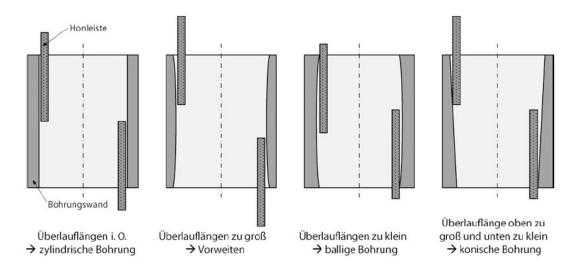


Abb. 4.30 Einfluss des Honleistenüberlaufs auf die Bohrungsform / Influenţa lungimii cursei axiale asupra preciziei de formă [WES 10]

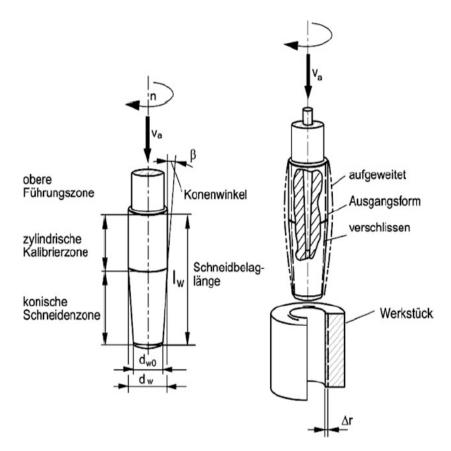


Abb. 4.31 Prinzipieller Aufbau eines Dornhonwerkzeugs mit konischer Schneidenzone / Construcţia unui dorn de honuit [WES 10]

Die beim Honen verwendeten Schneidstoffe sind (wie auch beim Schleifen), *Aluminiumoxid (Korund – Al₂O₃), Siliziumkarbid (SiC), kubisches Bornitrid (CBN) und Diamant.* Ebenfalls analog zum Schleifen kommen keramische Bindungen und pulvermetallurgisch oder galvanisch hergestellte metallische Bindungen zum Einsatz. Die auftretenden Verschleißformen bei metallischer Bindung können in Bindungs- und Kornverschleiß unterteilt werden, *Abb. 4.32.*

Materialele de scule utilizate în procesul de honuire sunt (ca și la rectificare) alumină (corindon Al_2O_3), carbură de siliciu (SiC), nitrură de bor cubică (CBN) și diamant. Similar cu rectificarea, sunt utilizați lianții ceramici și cei obținuți prin metalurgia pulberilor sau depunere galvanică. Tipurile de uzură care apar în cazul lianților metalici pot fi clasificate în: uzura liantului și uzura granulelor abrazive, **Fig. 4.32.**

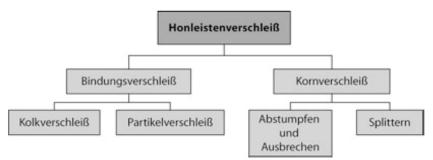


Abb. 4.32 Verschleißmechanismen an Honleisten / Mecanisme de uzură a baretelor de honuit

Durch die richtige Abstimmung von Schneidstoff und Bindungshärte kann ein Selbstschärfeffekt der Honleisten erzielt werden, wodurch die Schneideigenschaften der Honleiste über die gesamte Standzeit konstant bleiben. In diesem Fall wird ein Schneidkorn solange in der Bindung gehalten, bis es abgestumpft ist und durch die steigende Schnittkraft am Korn aus der Bindung bricht.

Dadurch kommen neue Schneidkörner zum Einsatz. Für die Schruppbearbeitung werden häufig Schneidkörner mit starker Splitterneigung eingesetzt, da durch die Kornsplitterung viele scharfe Schneidkanten am Korn vorhanden sind und sich dadurch ein hohes Zeitspanvolumen erzielen lässt.

4.2.3 Honprozess

Beim Honen werden hohe Anforderungen an die Prozesssicherheit gestellt. Ausschuss ist daher mit hohen Kosten verbunden, weil gehonte Oberflächen meist Funktionsoberflächen darstellen. So können Efectul de auto-ascuţire al baretelor abrazive de honuit poate fi asigurat prin alegerea corectă a materialului abraziv şi a durităţii liantului, astfel încât proprietăţile aşchietoare ale baretelor să rămână constante pe întreaga durată de utilizare. În acest caz, o granulă abrazivă este menţinută în liant până când îşi pierde proprietăţile aşchietoare şi se desprinde datorită forţelor mari de aşchiere. Astfel, noi granule abrazive intră în aşchiere. Pentru prelucrări de degroşare, se folosesc adesea materiale abrazive cu o tendinţă mare de rupere, deoarece oferă multe muchii ascuţite şi permite astfel îndepărtarea unui volum mare de aşchii în unitatea de timp.

4.2.3 Procesul de honuire

Atunci când se realizează o prelucrare prin honuire, se impun cerințe ridicate în ceea ce priveşte fiabilitatea şi siguranța procesului. Prin urmare, orice rebut este asociat unor costuri ridicate,

Fehler in der Prozessführung beim Honen der Zylinderlaufbahnen von Verbrennungsmotoren z.B. zu unzulässig hohem Ölverbrauch oder schlimmstenfalls sogar zu Motorschäden führen.

Daher ist das Wissen um die Einflüsse einzelner Störgrößen Prozesseingangsund auf Honergebnis von besonderer Bedeutung. Für die wirtschaftliche Bewertung des Verfahrens sind zudem die Auswirkungen einzelner Größen z.B. auf Honzeit (erreichbare Taktzeit) und den Honleistenverschleiß zu bewerten. Die Eingangsgrößen des Honprozesses können nach Einstellgrößen, Werkzeugeigenschaften, Werkstückeigenschaften und Kühlschmierung unterteilt werden (Abb. 4.33).

deoarece de cele mai multe ori suprafeţele honuite sunt de cele mai multe ori suprafeţe funcţionale. Astfel, erorile de proces în timpul honurii cilindrilor motoarelor cu combustie, poate duce la un consum inadmisibil de mare de ulei sau, în cel mai rău caz, chiar la deteriorarea motorului.

Prin urmare, informaţiile despre influenţa diferiţilor parametrii şi variabile perturbatoare asupra rezultatelor obţinute prin honuire sunt deosebit de importante. Pentru evaluarea eficienţei economice a procesului de honuire,trebuie analizat timpul de prelucrare (durata ciclului realizabil) şi uzura baretelor de honuire. Parametrii de intrare ai procesului de honuire pot fi împărţiţi în variabilele de reglare, proprietăţi ale sculelor, proprietăţi ale semifabricatelor şi condiţii de ungere şi răcire (Fig. 4.33).

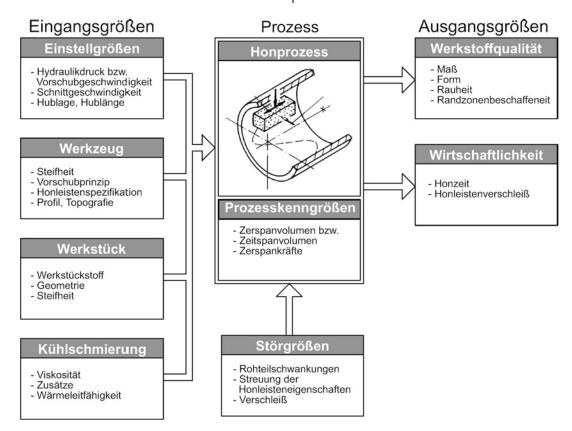


Abb. 4.33 Systemdarstellung des Honprozesses (nach v. See) / Reprezentarea procesului de honuire ca sistem [WES 10]

Die ebenfalls steigenden Zerspanungskräfte bewirken eine zunehmende elastische Verformung des Werkstücks während der Bearbeitung, was zu Forțele de așchiere mari determină o deformare elastică proporțională a semifabricatului în timpul prelucrării, ceea ce duce la o precizie de formă și

einer verringerten Form- und Maßgenauigkeit führt. Neben den Maschineneinstellgrößen wird der Honprozess maßgeblich durch das verwendete Honwerkzeug beeinflusst. Sowohl die konstruktiven Eigenschaften, wie die Zustellkraftübersetzung durch den Konuswinkel oder Reibungsverluste durch die mechanischen Kraftübertragungselemente, als auch die Beschaffenheit der Honleiste wirken sich auf das Honergebnis aus.

Neben der bereits erwähnten Selbstschärfung müssen die Honleisten eine auf den zu honenden Bohrungsdurchmesser abgerichtete Geometrie aufweisen, um die geforderte Maß- und Formgenauigkeit zu erzielen.

Das Werkstück beeinflusst den Honprozess in erster Linie durch die Härte der zu honenden Fläche. Mit zunehmender Härte sinkt die Korneindringtiefe bei gegebenem Honleistenanpressdruck. In der Folge nehmen das erzielbare Zeitspanvolumen und die Rauheit der gehonten Oberfläche ab. Durch die Geometrie und die damit verbundenen lokalen Nachgiebigkeiten des Werkstücks können über die Bearbeitungsfläche unterschiedliche Anteile zerspankraftbedingter elastischer Verformungen während des Honens auftreten. Mögliche Folgen sind Maß-und Formfehler des gehontenWerkstücks.

Des Weiteren kann das Honergebnis auch durch die Eigenschaften des eingesetzten Kühlschmierstoffs beeinflusst werden. Verwendet werden sowohl wasserbasierte Emulsionen als auch spezielle Honöle. Da die Schnittgeschwindigkeiten beim Honen im Vergleich zum Schleifen sehr gering sind, spielt die Kühlfunktion eine untergeordnete Rolle. Die Hauptaufgabe des Kühlschmierstoffes besteht somit in der Schmierung und der Späneabfuhr, um ein Zusetzen der Honleiste mit Honspänen zu verhindern.

Durch die Verwendung höherviskoser Öle bildet sich ein dickerer Schmierfilm zwischen Werkstück und Honleiste, wodurch die Korneindringtiefe dimensională reduse. Pe lângă parametrii de reglaj ai mașinii, procesul de honuire este influenţat decisiv de sculele folosite. Atât caracteristicile de proiectare, cum ar fi presiunea creată de unghiul conului capului de honuit sau pierderile prin frecare, prin elementele de transmisie a puterii mecanice, precum şi natura baretelor abrazive afectează rezultatul procesului de honuire.

Pe lângă mecanismul de auto-ascuţire baretele menţionate mai sus trebuie să aibă o goemetrie adaptată diametrului alezajului prelucrat, astfel încât să se poată obţine precizie dimensională şi de formă dorite.

Semifabricatul influențează în principal procesul de honuire prin duritatea suprafeței care urmează să fie prelucrată. Pe măsură ce crește duritatea, adâncimea de penetrare a granulelor abrazive scade pentru o aceeași presiune a capului de honuit. Ca urmare, volumul de așchii realizabil scade și rugozitatea suprafeței se înrăutățește. Datorită geometriei și configurației locale a piesei, pot apărea deformări elastice induse de forțele de prelucrare în timpul procesului. Consecințele posibile sunt erorile dimensionale și de formă ale piesei.

Rezultatul procesului de honuire poate fi, de asemenea, influenţat de proprietăţile lichidului de aşchiere folosit. Sunt utilizate atât emulsii pe bază de apă, cât şi uleiuri speciale de honuit. Deoarece vitezele de aşchiere în timpul honuirii sunt foarte scăzute în comparăţie cu rectificarea, funcţia de răcire joacă un rol mai puţin important. Sarcina principală a lichidului de aşchiere este de a lubrifia şi de a îndepărta aşchiile, pentru a preveni impregnarea aschiilor pe baretele abrazive.

Prin utilizarea unor uleiuri cu viscozitate ridicată se formează un film de lubrifiant mai gros între piesă şi piatra de honuit, prin care adâncimea de penetrare

abnehmen. Emulsionen kommen häufig in der Großserienfertigung zum Einsatz. Zu den wichtigsten Störgrößen zählen Rauheits- und Aufmaßschwankungen des Rohteils.

4.3 Läppen

Bei Werkstücken, an die höchste Anforderungen hinsichtlich Oberflächenqualität sowie Form und Maßgenauigkeit gestellt werden, wird in der Regel das **Läppen** oder immer häufiger auch das Feinschleifen mit Läppkinematik eingesetzt.

4.3.1 Grundlagen

Läppen ist ein Spanen mit losem (in einer Flüssigkeit oder Paste) verteiltem Korn (Läppgemisch). Das wird auf einem meist formtragenden Gegenstück (Läppwerkzeug) möglichst ungerichteten Schneidbahnen der einzelnen Körner geführt.

Läppen ist ein Fein- und Feinstbearbeitungsverfahren, bei dem

- hohe Oberflächengüten (bis 0,1 μm)
- extreme Formgenauigkeiten
- enge Maßtoleranzen (bis IT 1)

unabhängig von der Werkstoffhärte erreicht werden können.

Beim Läppen werden im Gegensatz zum Schleifen und Honen die Schneiden von losen Körnern gebildet. Der Werkstoffabtrag erfolgt durch zwei gleichzeitig ablaufende Vorgänge (Abb. 3.34):

- Spanprozess durch Relativbewegung zwischen Läppplatte (mit eingedrückten Läppkörnern) und Werkstück,
- Verfestigungsprozess an der Werkstückoberfläche durch Rollbewegung beweglicher Läppkörner zwischen Läppplatte und

a granulelor abrazive se micşorează. Emulsiile sunt adesea folosite pe scară largă în producția de serie mare şi masă. Cele mai importante perturbări care pot interveni în procesul de honuire includ fluctuațiile excesive dimensionale şi de rugozitate ale semifabricatului.

4.3 Lepuirea

Lepuirea este prevăzută pentru prelucrarea pieselor cu cele mai înalte cerințe în ceea ce privește calitatea suprafeței și precizia dimensională și de formă.

4.3.1 Noțiuni de bază

Lepuirea este procesul de așchiere cu scule așchietoare cu muchii nedefinite, care utilizează granule abrazive în stare liberă (amestec de lepuire sub formă de suspensie sau pastă). Acesta se depune pe o piesă complementară (scula de lepuit) pe direcția de așchiere neorientată a granulelor.

Lepuirea este o **prelucrare fină** sau **ultrafină** prin care se pot obţine:

- foarte bună calitate a suprafeței (<0,1 μm)
- foarte bună precizie a formei,
- toleranţe dimensionale mici (< IT 1)

independent de duritatea semifabricatului.

Spre deosebire de rectificare şi honuire la lepuire muchiile aşchietoare sunt materializate de granulele abrazive aflate în suspensie sau sub formă de pastă. Îndepărtarea materialului de pe semifabricat se produce prin două mecanisme care se desfășoară simultan (Fig. 3.34):

- proces de aşchiere prin deplasarea relativă între placa de lepuit (pe care sunt presate granulele abrazive),
- procesul de durificare a suprafeţei semifabricatului prin mişcarea de rulare (rostogolire) a granulelor abrazive aflate între

Werkstück.

Dabei drücken sich einzelne Kornspitzen in Werkstück und Läppwerkzeug ein und hinterlassen kraterförmige, ungerichtete Bearbeitungsspuren und Mikrorisse.

placa de lepuit și semifabricat.

Astfel vârfurile fiecărei granule se presează în semifabricat şi scula de lepuit şi creează urme (striaţii) sub formă de cratere neorientate şi microfisuri.

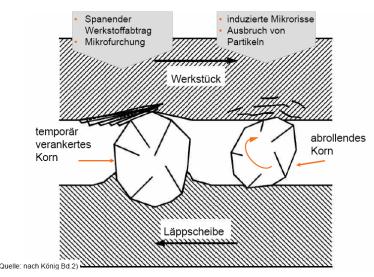


Abb. 4.34 Materialabtragmechanismen beim Läppen / Mecanisme de îndepărtare a materialului la lepuire [WES 10]

Beim Läppen wird im Gegensatz zum Honen und Schleifen mit losem Korn gearbeitet. Es können nahezu alle Werkstoffe bearbeitet werden, z.B. alle Metalle, Keramiken, Gläser, Halbleiter und Kunststoffe, aber auch andere Stoffe wie z.B. Grafit. Die Voraussetzung für die Bearbeitungsfähigkeit ist ein homogenes Gefüge.

Zudem dürfen sich die Werkstoffe nicht durch ihr Eigengewicht oder eine Belastung elastisch oder plastisch verformen. Die beim Läppen erreichbaren Qualitäten liegen bei einem arithmetischen Mittenrauwert Ra=0,02 bis 16 μm , einer Planparallelität zwischen 1 bis 2 μm und einem Ebenheitsfehler unter 0,6 μm .

Hauptvorteile des Verfahrens sind die Werkstückbearbeitung ohne Einspannung, die Möglichkeit auch kleinste Bauteile mit einer Dicke unter *0,1mm* zu fertigen sowie die Vermeidung von Wärme- und Spannungsverzug an der geläppten Oberfläche.

În cazul lepuirii, spre deosebire de honuire şi rectificare materialul abraziv utilizat este în stare liberă. Aproape toate materialele pot fi prelucrate prin lepuire: toate metalele, ceramică, sticlă, semiconductori și materiale plastice, dar şi alte substanţe, cum ar fi grafitul. Premisa pentru prelucrabilitate este o structură omogenă.

Mai mult, nu se acceptă ca materialele să se deformeze elastic sau plastic sub acţiunea propriei greutăţi sau a altor solicitări. Calitatea realizabilă prin procesul de lepuire este $Ra=0,02-16 \ \mu m$, un paralelism între $1-2 \ \mu m$ şi o eroare a planeităţii mai mică de $0,6 \ \mu m$.

Principalele avantaje ale procesului constau în faptul că prelucrarea piesei se face fără fixarea acesteia, posibilitatea de a prelucra piese mici cu grosime **sub 0,1 mm** precum şi prevenirea producerii căldurii şi tensionarea suprafeţei. prelucrate.

Beim Läppen treten zwei parallele **Mechanismen** auf, die zur Entfernung von Werkstückstoff führen. Das Läppkorn wird in einer Flüssigkeit oder Paste in den Arbeitsspalt zwischen Werkstück und Werkzeug gebracht. Hier wird ein Teil der Körner im Werkzeug eingebettet. Das wirkt ähnlich wie gebundene Körner. Es kommt zu einer Spanbildung am Werkstück.

Die restlichen Körner rollen zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück ab. Dabei drücken sie sich so in das Werkstück ein, dass eine Kraterstruktur entsteht. Dies ist mit einer ständigen plastischen Verformung des Werkstücks verbunden, wodurch die Werkstückrandzone bis zu einer Tiefe von 4 bis 24 µm verfestigt wird.

Die Einteilung der Läppverfahren in Planläppen, Rundläppen, Schraubläppen şi Profilläppen erfolgt nach DIN 8589. Zusätzlich existieren Sonderläppverfahren, durch die jedoch nur die Oberflächenqualität verbessert werden kann, während dieMaß- und Formgenauigkeit nicht beeinflusst wird. Am häufigsten werden die Verfahren Planläppen, Außenrundläppen mit Linienberührung und Innenrundläppen eingesetzt.

4.3.2 Einfluss von Prozesskenngrößen auf das Läppergebnis

Neben der Läppscheibe, dem Läppmittel und dem Werkstückstoff wird das Läppergebnis auch durch die an der Maschine einstellbaren Prozesskenngrößen Läppdruck und Läppdauer beeinflusst. Mit steigender Läppgeschwindigkeit steigt auch die Zerspanrate. Aufgrund des Einsatzes von losem Korn führt eine überhöhte Drehzahl jedoch dazu, dass das Läppkorn durch die Zentrifugalkraft aus dem Arbeitsspalt gefördert wird. Daher sollte die Läppgeschwindigkeit zwischen 0,1-0,5 m/s liegen.

Läppkorn und Läppflüssigkeit bilden das Läppmittel, das einen Läppfilm zwischen Werkzeug und Werkstück erzeugt. Dieser hat die Aufgabe, În cazul lepuirii, apar simultan două **mecanisme** care conduc la îndepărtarea materialului. Granulele abrazive de lepuit sunt plasate în spațiul de lucru dintre piesa de prelucrat și sculă sub forma unui lichid sau a unei paste. O parte dintre granulele abrazive se impregnează în sculă și acţionează similar corpurilor abrazive, conducând la formarea așchiilor.

Restul granulelor rulează între sculă și piesa de prelucrat. Se presează în piesa de prelucrat astfel încât să se formeze o structură craterială. Acest lucru este asociat cu o deformare plastică permanentă a piesei, stratul superficial al materialului piesei se ecruisează o adâncime de 4-24 µm.

Clasificarea procedeelor se face astfel: *lepuire plană, lepuire cilindrică, lepuire filete* și *lepuire profilată,* conform DIN 8589. În plus există procedee speciale de lepuire prin care se îmbunătățește doar calitatea suprafeței, în timp ce precizia de formă și dimensională nu sunt afectată. Cele mai frecvent utilizate metode sunt *lepuirea plană, lepuirea cilindrică exterioară cu contact liniar* și *lepuirea cilindrică interioară*.

4.3.2 Influenţa parametrilor procesului asupra rezultatului procesului de lepuire

Pe lângă discul de lepuit, agentul de lepuire şi semifabricat, rezultatul procesului de lepuire este de asemenea influențat de parametrii de proces, care pot fi reglați la maşină, presiunea de lepuire şi timpul de prelucrare. Pe măsură ce viteza de lepuire creşte, creşte de asemenea viteza de rata de aşchiere. Datorită utilizării granulelor abrazive în stare liberă, o viteză de rotație excesivă conduce la îndepărtarea acestora din spațiul de lucru prin forța centrifugă. Prin urmare, viteza de lepuire recomandată variază între 0,1-0,5 m/s.

Mediul de lepuire este format de materialul abraziv şi lichidul de lepuit, care formează o peliculă între sculă şi piesa de prelucrat. Acesta are sarcina de a neue Läppkörner in den Prozess zu führen. Höhere Läppdrücke führen dazu, dass die Läppkörner ständig splittern und somit neue Schneiden entstehen. Darüber hinaus bestimmen der Mischungsquotient von Läppkorn und Läppflüssigkeit sowie die zugeführte Menge an Läppmittel das Zerspanverhalten. Das Mischungsverhältnis sollte etwa zwischen 150 und 200 g/l betragen. Ein zu dicker Läppfilm bei kleinen würde Werkstoffzerspanung Körnungen eine verhindern, so dass hier eine dünnflüssigere Läppsuspension erforderlich ist.

Am häufigsten werden Läppkörner mit einem mittleren Korndurchmesser unter 20 µm eingesetzt. Es existieren jedoch auch Körnungen zwischen 0,1 μm für feinste Oberflächen und bis zu 150 μm für die Schruppbearbeitung. Um die Gefahr der Kratzerbildung zu senken. sollten die Korndurchmesser innerhalb einer Korngröße möglichst identisch sein.

aduce permanent noi granule abrazive în proces. Presiunile mari exercitate asupra mediului de lepuire determină apariţia unor noi muchii aşchietoare. În plus, raportul de amestecare al granulelor şi lichidului de lepuit, precum şi cantitatea de mediu de lepuire alimentat în zona de prelucrare determină comportamentul de aşchiere. Raportul de amestecare trebuie să fie între 150 şi 200 g/l. Un film de mediu de lepuire prea dens, cu granulaţie mică, ar împiedica aşchierea materialului, astfel încât este necesară doar o suspensie cu densitate redusă.

Cel mai frecvent sunt utilizate granulele cu diametru mediu **sub 20 µm.** Cu toate acestea, există și granule de între 0,1 µm pentru cele mai fine suprafețe până la 150 µm pentru prelucrări de degroșare. Pentru a reduce riscul de apariție a zgârieturilor pe suprafața prelucrată, diametrele granulelor trebuie să fie pe cât posibil identice.

Tab. 4.4 Günstige Kombinationen von Läpppulver und Werkstückstoff (nach Wolters und Klocke) /Combinaţii recomandate de materiale abrazive şi semifabricate

Läppkornspezifikation	Bearbeiteter Werkstoff	
Korund	Weiche Stähle, Leicht- und Buntmetalle (Kupfer, Bronze), Grafit, Halbleiterwerk- stoffe (Silzium, Germanium), Grauguss	
Siliziumkarbid	Vergütete und legierte Stähle, Grauguss, Glas, Porzellan	
Borkarbid	Hartmetalle, technische Keramiken	
Diamant	Hartmetalle, technische Keramiken	

Abhängig vom zu bearbeitenden Werkstoff werden meist *Siliziumkarbid* oder *Edelkorund* als Kornwerkstoff eingesetzt, aber auch Diamant und Bornitrid finden Anwendung, wenn harte Werkstoffe wie Keramiken oder Hartmetall bearbeitet werden sollen (Tab. 4.4).

Insbesondere bei weichen Werkstoffen führen große Läppkörner und höhere Läppdrücke zu

În funcție de materialul care urmează să fie prelucrat, carbura de siliciu sau corindonul nobil sunt utilizate în general ca materiale abrazive la lepuire, dar se utilizează, de asemenea, diamant și nitrură de bor atunci când se prelucrează materiale dure, cum ar fi materiale ceramice sau metalele dure, (Tab. 4.4).

În special la lepuirea materialelor moi, granulele

großen Riefen und tiefen Eindrücken auf der Oberfläche und damit auch zu einer höheren Rauheit (Abb. 4.35).

de lepuit mari şi presiunile ridicate duc la apariţia unor striaţii şi urme adânci pe suprafaţă, deci la o rugozitate mai mare (Fig. 4.35).

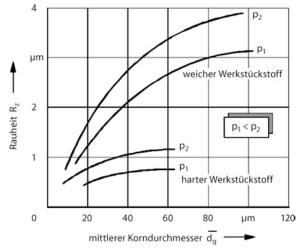


Abb. 4.35 Rauheit in Abhängigkeit vom Läppdruck und mittleren Korndurchmesser (nach Lichtenberg) / Variaţia rugozităţii in funcţie de presiunea de lepuire şi diametrul mediu al granulelor

Das Zeitspanvolumen lässt sich zudem über eine Erhöhung der Kornkonzentration steigern, da immer mehr Körner am Läppprozess beteiligt werden. Ist die Zahl der Läppkörner hingegen zu hoch, so hindern sich die Körner gegenseitig an ihrer Bewegung und das Zeitspanvolumen sinkt (Abb. 4.36).

Volumul de așchii îndepărtat poate fi mărit printr-o creștere a concentrației granulelor abrazive, deoarece tot mai multe granule sunt implicate în procesul de așchiere. Dacă, numărul de granule este prea mare, acestea interferează și volumul de material așchiat scade (Fig.4.36).

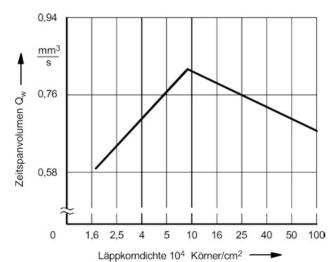


Abb. 4.36 Einfluss der Läppkorndichte auf das Zeitspanvolumen (nach Lichtenberg) / Influenţa densităţii granulelor asupra volumului de aşchii îndepărtat

In der Praxis werden meist Läppscheiben mit einer Härte zwischen **140–220 HB** eingesetzt, da diese einen geringen Formverschleiß aufweisen.

În practică sunt de obicei folosite discuri de lepuire cu o duritate cuprinsă între *140 și 220 HB*, deoarece acestea au o rezistență mai mare la uzură.

4.3.3 Läppverfahren

4.3.3 Procedee de lepuire

Planläppen

Am häufigsten wird das Läppen ebener Bauteile auf Ein- und Zweischeibenmaschinen durchgeführt. Dabei liegen die Werkstücke in sog. Käfigen, die wiederum von Laufringen gehalten werden, die wie die Planeten eines Planetengetriebes um das Zentrum Läppscheibe der abrollen. Bei Einscheibenmaschinen erfolgt der Antrieb meist über Reibungskopplung. Die Drehbewegung der Läppscheibe Laufringe bewirkt, dass die kontinuierlich abgerichtet wird und daher plan bleibt. Um den erforderlichen Läppdruck aufzubringen, werden die Werkstücke über Gewichte oder eine pneumatisch arbeitende Belastungseinheit belastet (Abb. 4.37).

Lepuire plană

Lepuirea suprafeţelor plane este cel mai frecvent efectuată pe maşini cu un singur disc sau cu două discuri. Piesele de prelucrat sunt ampalsate în aşa-numitele cuşti, care, la rândul lor, sunt ţinute de căi de rulare şi se rostogolesc în jurul centrului discului de presiune. În cazul maşinilor cu un singur disc, mecanismul este acţionat de obicei prin cuplul de frecare. Mişcarea rotativă a inelelor de rulare face ca discul de presiune să fie îndreptat în mod continuu şi, prin urmare, rămâne plat. Pentru a aplica presiunea de lepuire necesară, semifabricatele sunt încărcate cu greutăţi sau presate printr-un sistem pneumatic de încărcare (Fig.4.37).

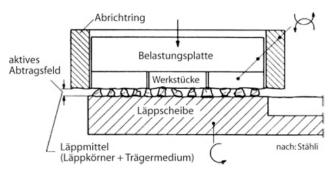


Abb. 4.37 Prinzip des Läppens / Principiul procesului de lepuire [WES 10]

Die Zweischeibenmaschinen haben den Vorteil, beide Seiten der Werkstücke dass parallel bearbeitet werden. Die Läuferringe haben hierbei einen Zahnkranz, der an einem äußeren Zahnkranz abrollt von einem inneren Zahnkranz angetrieben wird. Wie auch beim Einscheibenergeben sich hierdurch zykloidische Bahnformen der Werkstücke (Abb. 4.38).

Maşinile de lepuit cu două discuri au avantajul că ambele părți ale pieselor sunt prelucrate în paralel. În acest caz, inelele rotorului au coroană dinţată, care se roteşte pe un coroană exterioară dinţată. Ca şi în cazul sistemului cu un singur disc, se obţin, forme cicloide ale traiectoriilor pieselor de prelucrat (Fig.4.38).

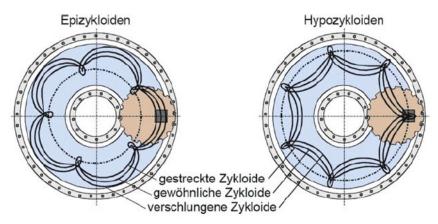


Abb. 4.38 Bahnkurven der Werkstücke beim Läppen (nach Ardelt) / Traiectoria pieselor la lepuire [TOE 11]

Die Drehrichtung und Rotationsgeschwindigkeit der Läuferringe müssen daher so an die Läppscheibengeschwindigkeit angepasst werden, dass ein möglichst gleichmäßiger Läppscheibenverschleiß auftritt und die Läppscheiben eben bleiben. So kann gewährleistet werden, dass die Werkstücke eine hohe Planparallelität und Maßgenauigkeit aufweisen.

Rundläppen

Das Außenrundläppen wird äquivalent zum Planläppen auf Zweischeibenmaschinen durchgeführt, wobei mehrereWerkstücke zeitgleich bearbeitet werden. Auch hier erfolgt die Führung der Werkstücke über Käfige, die in den Laufringen liegen.

Beim Innenrundläppen kann der Durchmesser des Läppwerkzeugs wie beim Honen über einen Kegel innerhalb eines begrenzten Bereichs eingestellt werden. Auch die Kinematik besteht wie beim Honen aus einer Überlagerung einer Drehbewegung mit einer Oszillation in axialer Richtung.

Das sogenannte Läppgemisch wird zwischen die Berührungsflächen von Werkstück und dem formübertragenden Werkzeug gebracht.

Durch die ungeordneten Schneidbahnen der einzelnen Körner besitzen geläppte Oberflächen ungerichtete Bearbeitungsspuren. Direcţia de rotaţie şi viteza de rotaţie a inelului rotor trebuie, prin urmare, să fie adaptate la viteza discului de lepuit astfel încât uzura discului să fie cât mai uniformă posibil şi discul de lepuit să rămână plat. Astfel se asigură că piesele de prelucrat au un paralelism ridicat şi o precizie dimensională bună.

• Lepuirea cilindrică

Lepuirea cilindrică exterioară se efectuează în acelaşi mod ca şi lepuirea plană pe maşinile cu două discuri, în care mai multe semifabricate sunt prelucrate simultan. Şi aici, piesele de prelucrat sunt ghidate prin intermediul unor cuşti care se află pe canalele de rulare.

La lepuirea interioară, diametrul sculei poate fi reglat prin intermediul unui ax conic în anumite limite, ca și la honuire. Cinematica constă, ca la honuire, din suprapunerea unei mişcări de rotaţie cu o mişcare rectilinie-alternativă pe direcţie axială.

Așa numitul amestec de lepuire este pus între suprafețele de contact ale semifabricatului și plăcii de lepuit. Prin mișcări de așchiere neregulate fiecare granulă abrazivă participă la lepuirea suprafeței prin crearea unor urme pe diferite direcții.

• Innenrundläppen

Es ist das Läppen von Bohrungen mittels Läpphülsen, die eine Dreh- und Hubbewegung ausführen. Typische Beispiele für dieses Verfahren sind Bauteile wie Einspritzpumpenteile oder Hydraulikzylinder (Abb. 4.39)

Das Läppmittel (eine Mischung aus Läppflüssigkeit und Läppmittel) muss vor allem druck- und verschleißfest sein. Die Korngröße liegt zwischen 5 und 100 µm. Als Läppflüssigkeiten haben sich Wasser mit 2-3 % Läppkonzentrat, Gemische aus Öl, Petroleum oder anderen Beimengungen bewährt. Ihre Aufgabe ist es, für den Späneabtransport und für Kühlung zu sorgen.

 Formläppen. Das Werkzeug weisst die entsprechende Negativgestallt der herzustellenden Form auf. Dabei steht meist die Verringerung eines Formfehlers im Vordergrund.

• Lepuirea cilindrică interioară

Permite prelucrarea a alezajelor cu ajutorul unor manşoane de lepuit, care execută o mişcare de rotaţie şi o cursă longitudinală intermitentă. Exemple tipice de piese care se prelucrează prin acest procedeu sunt componentele pompelor de injecţie sau cilindrii hidraulici (Fig. 4.39).

Amestecul de lepuit (un amestec de lichid şi material abraziv) trebuie să fie rezistent la presiune şi uzură. Dimensiunile granulelor abrazive variază între 5 și 100 µm. Ca lichide de lepuire se recomandă apă cu 2-3% concentrat de lepuire, amestec de ulei, petrol sau alţi aditivi. Rolul lor este transport al aşchiilor şi de a asigură răcirea zonei de aşchiere.

 Lepuirea profilată. Scula are forma complementară a suprafeţei piesei care se prelucrează. În acest caz primordială este reducerea erorilor de formă.

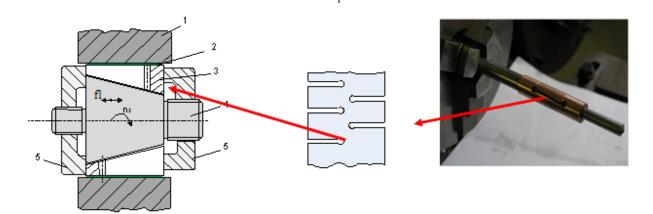


Abb.4.39 Innerundläppen / Lepuirea cilindrică interioară [GYE 91]

KAPITEL 5.

Trockenbearbeitung und Minimalmengekühlschmierung

Moderne Fertigungsverfahren stellen ununterbrochenen den Kostendruck und hohe Qualitätserwartungen gegenüber. Konkurrierend zu bleiben muss eine Firma:

- Kostenverminderungsgelegenheiten in der Produktion fortwährend kennzeichnen,
- die ökonomische Gelegenheiten ausnutzen und
- ununterbrochen Produktionsprozesse verbessern.

Seit dem Anfang voriges Jahrhunderts sind die innerhalb der Fertigungsverfahren auftreten Umweltproblemen systematisch und wissenschaftlich analysiert gewesen. In vielen Fällen ist es versucht worden, um eine maximale Leistungsfähigkeit in Verbindung mit ökonomischen Herstellungszuständen zu erzielen.

Die Herstellung eines Produktes, indem es Prozessmaterialien, Energie und Rohstoffen hinzufügt, läuft unvermeidlich in Konflikt mit Argumenten über die resultierenden Umweltbelastungen (Abb. 5.1).

Auf der Suche nach Lösungen, um Bearbeitungsprozesse zu verbessern, versucht man die erzielen minimale Umweltverschmutzung in Verbindung mit den verwendbaren Technologien zu erlauben.

CAPITOUL 5.

Prelucrarea uscată şi tehnica de aşchiere cu ungere şi răcire minimală

Procesele de fabricaţie moderne se confruntă neîntrerupt cu presiunea costurilor şi cu cerinţele de calitate. Pentru a rămâne competitivă o companie trebuie să:

- Identifice constant posibilitățile/oportunitățile de reducere a costurilor de producție,
- Utilizeze oportunitățile economice,
- Îmbunătăţească neîncetat procesele de productie.

De la începutul secolului XIX problemele ecologice apărute în cadrul proceselor de fabricaţie au fost sistematic şi ştiinţific analizate. În multe cazuri s-a încercat obţinerea unei eficienţe maxime corelată cu cerinţele economice.

Fabricaţia unui produs în care este inclus consumul de material, energie, materii prime se desfăşoară inevitabil în conflict cu poluarea mediului înconjurător (Fig. 5.1).

În căutarea soluțiilor de îmbunătățire a proceselor de fabricație se încearcă asigurarea unui poluări minimale a mediului înconjurător în corelație cu tehnologiile utilizate.

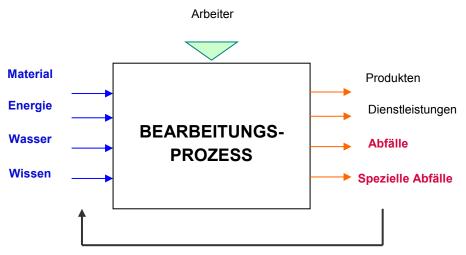


Abb. 5.1 Eingang- und Ausgangparameter / Parametrii de intrare şi ieşire [ROS 00]

Von den zahlreichen Produktionsverfahren lasst sich diese Vorlesung auf den Zerspanung konzentrieren. Das Werkzeug, das Werkstück, die Prozessmaterialien und die Energie werden als Prozesseingang Variablen betrachtet. Einerseits ergibt der Arbeitsprozess ein Produkt, das die erforderten Eigenschaften zeigt, die in Qualität, ökonomischer Leistungsfähigkeit und Recycling ausgedrückt werden. Anderseits ergibt der Prozess die Abfälle und Emissionen.

Din numeroasele procese de fabricație existente, cursul se concentrează în continuare asupra proceselor de așchiere. În acest caz scula, semifabricatul, materialele auxiliare ale procesului și energia sunt considerate variabile de intrare ale procesului. Pe de o parte, procesul de lucru conduce la obţinerea unui caracteristici corespunzătoare, produs cu exprimate prin calitate, eficiență și reciclabilitate. Pe de altă parte în urma procesului rezultă, de asemenea, deseuri și emisii.

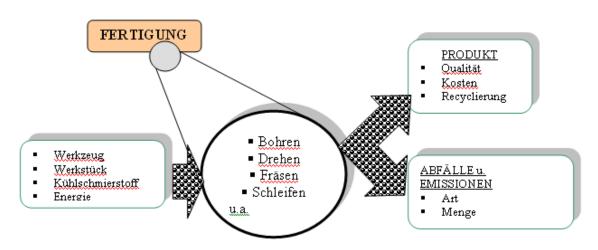


Abb. 5.2 Fertigungprozess / Procesul de fabricație [FRA 08]

Im Maschinenbau heutzutage entstehen die größten Probleme als Ergebnis dem Gebrauch der

În prezent în construcția de mașini apar numeroase probleme legate de consumul de Kühlschmierstoffen. Mit der Verwendung von Kühlschmierstoffe als Hilfsstoff in der Zerspantechnik sind die Kosten und Probleme der Vermeidung von Gesundheitsschädigungen und Umweltbelastungen verbunden.

Steigende Kosten für Abfallentsorgung jedoch zwingen jetzt alle Firmen, die Kühlschmierungsstrategien einzuführen, die angepasst werden, um ihrer eigenen Herstellungsstruktur zu entsprechen.

Analyse der Beschädigungsfaktoren im Bereich der Maschinenbauindustrie und dank den erhaltenen Ergebnissen, ermutigt man den Einsatz der modernen umweltfreundlichen Spanmethoden in der Praxis.

Beim Einsatz von HSS-Werkzeugen wurde früher vor allem eine Wasser-in-Öl-Emulsion oder Schneidöle verwendet. Bei der Verwendung von modernen Hartmetallwerkzeugen mit neuen Verschleißschutzschichten wird mit sehr hohen Schnittgeschwindigkeiten zerspant, was bewirkt, dass in der Schnittzone Temperaturen bis 900 C° auftreten.

Eingesetzte Kühlmittel würden, auf Grund der hohen Umfangsgeschwindigkeit der Schneide, nicht bis in die Schnittzone vordringen und somit nur die nicht im Eingriff befindlichen Schneiden kühlen. Die thermische Wechselbelastung der Scheiden würde verstärkt, was sich negativ auf die Standzeit auswirken würde. Deshalb geht der Trend in Richtung **Trockenbearbeitung**.

5.1 Trockenbearbeitung

Eine Lösungstechnologie bezüglich der Kühlschmierung, die Kosteneinsparungslichide de aşchiere. Utilizarea lichidelor de ungere şi răcire în procesele de aşchiere este corelată cu o serie de costuri şi probleme legate de poluarea mediului şi probleme de sănătate.

Costurile tot mai ridicate pentru tratarea deșeurilor obligă toate firmele să utilizeze acele lichide de așchiere care corespund structurii de fabricație a companiilor respective.

Analiza factorilor poluanţi în domeniul industriei construcţiilor de maşini şi rezultatele obţinute încurajează implementarea metodelor ecologice de aşchiere în practică.

În cazul utilizării sculelor din oţel rapid se utilizau emulsii pe bază de apă şi ulei sau uleiuri de aşchiere. Odată cu utilizarea în practică a sculelor din carburi metalice cu acoperiri metalice rezistente la uzură este posibilă aşchierea cu viteze foarte mari, ceea ce face ca temperaturile în zona de aşchiere să ajungă până la 900°C.

Din cauza vitezelor periferice foarte mari ale tăişurilor sculei, mediile de ungere şi răcire nu pătrund până în zona de contact dintre sculă şi semifabricat asigurând răcirea doar a muchiilor așchietoare neantrenate în așchiere. Solicitările termice oscilante alte muchiilor așchietoare se intensifică având un efect negativ asupra durabilității sculelor. Din acest motiv tendinţa este de implementare a așchierii uscate.

5.1 Prelucrarea uscată (PU)

O tehnică care rezolvă problema lichidelor de așchiere și rezolvă problema economiei

gelegenheiten darstellt. ist die Trockenbearbeitung. Die Beseitigung oder die bedeutenden Verkleinerungen der Kühlschmiermittel beeinflussen alle Bestandteile Produktionssystems. Eine ausführliche Analyse und eine Anpassung der Schnittparameter, der Werkzeuge, der Werkzeugmaschinen und des Umwelt sind vorgeschrieben, um einen leistungsfähigen Prozess sicherzustellen und der Trockenbearbeitung erfolgreich zu ermöglichen.

Bei Verwendung thermisch isolierender Verschleißschutzschichten wird ein Großteil, der bei der Zerspanung entstehenden Wärme, über Span abgeleitet. Für ein reibungsloses Entfernen der Späne wird oft Druckluft verwendet, die auch gekühlt sein kann. Unter ökologischen und wirtschaftlichen Gründen wird die Trockenbearbeitung zudem bevorzugt (siehe Diagramm).

costurilor asociate consumului acestora este prelucrarea uscată. Eliminarea sau deminuarea considerabilă a consumului lichide aschiere de influentează componentele sistemului de producție. analiză detaliată și o alegere corectă a parametrilor de așchiere, a sculei, a mașiniiunelte și a mediului de lucru sunt necesare în prealabil pentru pentru a putea desfăsura un process eficient și a face posibilă utilizarea prelucrării uscate.

În cazul utilizării sculelor cu acoperiri metalice termoizolante o mare parte din căldura generată în timpul procesului de așchiere va fi dirijată spre așchii. Pentru îndepărtarea fără frecare a așchiilor se utilizează adesea aer comprimat, care poate fi de asemenea și răcit. Prelucrarea uscată este preferată din motive economice și ecologice.

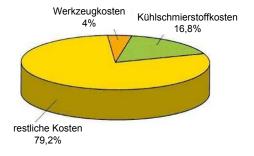


Abb. 5.3 Kostenanteile bei der Fertigung von Leichtmetallteilen / Distribuţia costurilor de fabricaţie [FRA 08]

Vor- und Nachteile der Tro	cken- sowie Nassbearbeitung	
Vorteile	Nachteile	
Trocken	bearbeitung	
keine Kosten für Kühlschmierstoff-Wartung / Pflege	 höhere thermische und mechanische Belastung des Werkzeugs 	
• keine Kosten für Kühlschmierstoff-Entsorgung	schlechter Spanbruch bzw. erschwerte Spanabfuhr	
 bei MMS-Technologie permanent unver- brauchter Schmierstoff an der Wirkstelle Werkzeug-Werkstück 	staubförmige Emissionen (verfahrensspezifische Absauganlagen)	
Nassb	earbeitung	
• geringe Prozesstemperaturen	 umwelt- und gesundheitsbelastende Kühlschmierstoff-Inhaltsstoffe 	
• guter Spänetransport	Emission von Kühlschmierstoff-Nebel / -Dampf	
Korrossionsschutz der Werkstücke	 Wartung und Pflege der Kühlschmierstoffe (z.T. aufwendige Anlagen notwendig) 	

Abb.5.4 Vorteile und Nachteile der Trocken- und Nassbearbeitung / Avantajele şi dezavantajele prelucrării uscate şi a aşchierii cu răcire convenţională [SCH 00]

Einflussgroßen auf der Trockenbearbeitung

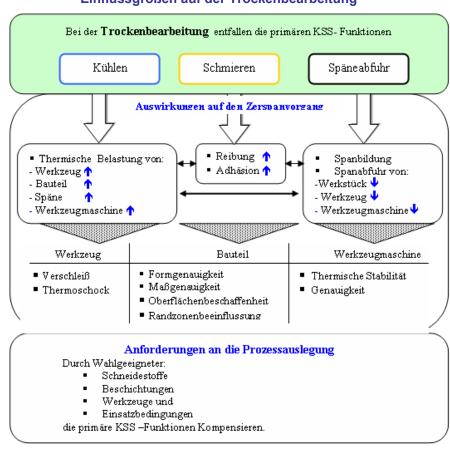




Abb.5.6 Technologische Voraussetzungen für Trockenbearbeitung / Premize tehnologice la aşchierea uscată [FRA 08]

Die Zielsetzung muss es sein, funktionsfähige Bauteile wirtschaftlich herzustellen. Es erfordert, dass in Abhängigkeit von Werkstoff, Geometrie, Anforderungen an Genauigkeit, Oberflächenausbildung sowie der durchzuführenden Bearbeitungsoperationen die Machbarkeit einer Trockenbearbeitung mit den zur Verfügung Werkzeugen stehenden und Werkzeugmaschinen zu prüfen.

Grundsätzlich kann die Trockenbearbeitung eingesetzt werden, wenn an die Genauigkeit der Bauteile keine so hohen Anforderungen gestellt werden. Dies gilt für die Vorarbeitung von Werkstücken, die zum Erlangen ihrer Endkontur und -genauigkeit noch einem weiteren Bearbeitungsschritt unterzogen werden müssen.

Der Werkstoff beeinflusst in Abhängigkeit von dem Bearbeitungsverfahren durch seine thermomechanischen Eigenschaften und seine Zerspanbarkeit in starkem Masse die Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit der Trockenbearbeitung. Von Vorteil sind eine geringe Wärmeleitfähigkeit,

Scopul prelucrării trebuie să fie fabricaţia unor componente funcţionale. Este necesară verificarea posibilităţii realizării unor prelucrări uscate în functie de: materialul semifabricatului, geometrie, cerinţele de precizie, modul de generare a suprafeţei şi operaţiile de prelucrare.

În principiu, prelucrarea uscată se poate implementa dacă în privinţa preciziei reperelelor prelucrate nu se impun cerinţe foarte mari. Acest lucru este valabil în cazul prelucrărilor preliminare ale semifabricatelor, care ulterior necesită etape de prelucrări de finisare pentru obţinerea geometriei şi a preciziei finale.

Materialul semifabricatului, prin proprietățile sale termomecanice și așchiabilitate în functie de procesul de prelucrare care se realizează, influențează în mare măsură realizarea și eficiența prelucrării uscate. Sunt avantajoase

eine hohe Wärmekapazität sowie eine hohe Dichte des Werkstoffes.

Überwindung der Trockenbearbeitungsgrenzen

Die Ansatzpunkte zur Überwindung technologischer Grenzen in der Trockenbearbeitung stellen die Optimierung der Werkzeuge, der Einsatz einer Minimal- oder Mindermengenkühlschmiertechnik sowie Verfahrenssubstitution dar.

materialele cu conductibilitate termică scăzută și capacitate termică mare ca și cele cu o densitate mare a materialului.

Depășirea limitelor așchierii uscate

Punctul de plecare în depăşirea limitelor tehnologice ale prelucrării uscate este optimizarea sculelor, implementarea tehnicilor de aşchiere cu ungere şi răcire minimală ca şi înlocuirea proceselor de prelucrare.

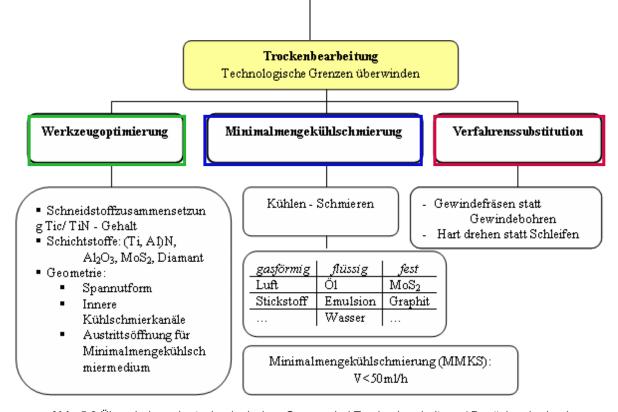


Abb. 5.8 Überwindung der technologischen Grenzen bei Trockenbearbeitung / Depăşirea barierelor tehnologice la prelucrarea uscată [WAL 95]

5.2. Minimalmengenschmierung (MMS)

Grundlagen der Minimalmengekühlschmiertechnik

Stand der Technik zeigt, dass einer vollständiger Verzicht auf Kühlschmierstoff für viele Zerspanungsprozesse nicht möglich ist. In solchen Fälle bietet sich häufig als Kompromiss die

5.2 Prelucrarea cu ungere şi răcire minimală (PURM)

Noţiuni de bază la prelucrarea cu ungere şi răcire minimală

Studiile în domeniu arată ca o eliminare completă a lichidelor de așchiere nu este posibilă în cazul multor procese de așchiere. În

Minimalmengekühlschmierung an.

Wenn eine reine Trockenbearbeitung technologisch nicht bietet zu realisieren ist. die Minimalmengeschmierung in der Regel eine Alternative an (Abb. 5.9). In vielen Bearbeitungsprozessen ist die Minimalkühlschmier-technik der Schlüssel zur erfolgreichen Trocken-bearbeitung. Von Minimalmengenschmierung Quasi-Trockenbearbeitung spricht man bei einem kleinen Schmiermittelverbrauch (0-150 ml pro Stunde).

Schmiermittel wird in **Druckluft** gelöst und gelangt als Aerosol an das Werkzeug/Werkstück auch bei höheren Umfangsgeschwindigkeiten. Von allen andere beeinflussen seine einzelnen Bestandteilen (die Kühlschmiermittel, die Parametereinstellungen, die Werkzeuge und die Werkzeugmaschinen) den Prozess.

Alle Bestandteile im MMKST System müssen sehr sorgfältig koordiniert werden, um das gewünschte Resultat (technologisch und ökonomisch optimal) zu erzielen.

asemenea situații soluția de compromis este prelucrarea cu ungere și răcire minimală.

În cazurile în care așchierea uscată pură nu este realizabilă din punct de vedere tehnologic, prelucrarea cu ungere și răcire minimală reprezintă o alternativă (Fig. 5.9). Așadar la multe procese de prelucrare ungerea și răcirea minimală reprezintă elementul cheie spre prelucrarea uscată. Se vorbește de ungere și răcire minimală sau prelucrare cvasi-uscată la un consum redus de lichid de așchiere (0-150 ml/oră).

Lichidul de așchiere este pulverizat cu ajutorul aerului comprimat și dirijat ca aerosol către zona de contact sculă/semifabricat chiar și în cazul vitezelor periferice mari. În cea mai mare măsură influențează parametrii de proces (lichidele de așchiere, reglarea parametrilor de așchiere, sculele și mașina-unealtă). Toate componentele unui sistem de ungere și răcire minimală trebuie să fie atent coordonate pentru a obține rezultatele scontate (optime din punct de vedere tehnologic și economic).

ZIEL DER MINIMALMENGEKÜHLSCHMIERUNG: Verbrauchsschmierung Vorschlag einer Begriffdefinition Zerspanung mit definierter Schneide: V ≤ 2 1/min ung (MKS): Minimalkühlschmierung Winimalmengeschmierung (MMS): V < 50 ml/h Mindermengenkühlschmierung (MMKS): V< 1 1/min pro mm Scheibenbreite EINSATZFÄLLE FÜR DIE MINIMALMENGENKÜHLSCHMIERUNG Einflussgrößen auf den Zerspanprozess Werkstoff: Verfahren: Bauteil: Schneidstoff: Schnitt- Stahl Sägen Oberfläche Verschleiß Bedingungen: Vorschub Warmhärte Guss Drehen Randzone Schnitt- Aluminium Fräsen Maßgenauigkeit Beschichtung Geschwindigkeit Bohren **.**... Gewinden... Wenn die Trockenbearbeitung nicht Einsatz der möglich ist aufgrund Minimalmengeschmierung - zu hoher Anforderungen an die - Verbesserung der Spanbildung und des Spanabstransportes Bearbeitungsgenauigkeit - Spanbildung, Spanabfuhr aus der Schmierwirkung

Abb. 5.9 Einsatzfälle der MMST / Implementarea MMST [FRA 08]

Während beim konventionellen Kühlschmierstoffeinsatz die Bearbeitungsstelle **großflächig überflutet** wird, ist es bei MMS das Ziel, die Kontaktstelle Werkzeug-Werkstück mit einer **geringen Menge** KSS möglichst verlustfrei zu erreichen.

Bohrung, Spanpartikel im Gewinde

- Aufschweißungen

Werkzeugverschleiß

5.2.1 MMKST Philosophie

Die Philosophie der Minimalmengenschmierung - auch oft bezeichnet als **Minimalmengenkühlschmierung** oder **Sprühnebelschmierung** - kann beschrieben werden als eine Abkehr von dem Grundsatz: "Viel hilft

În timp ce la procesele de așchiere cu ungere și răcire convenţională zona de așchiere este abundent răcită, la ungerea și răcirea minimală scopul este de a asigura zona de contact sculă-semifabricat cu o cantitate minimă de lichid de așchiere, fără pierderi dacă este posibil.

Reduzierung der Adhäsion

Werkzeugverschleißes

Reduzierung des

5.2.1 Filozofia PURM

Filozofia prelucrării cu ungere minimală (PUM), adesea definită şi ca prelucrare cu cantitate minimală de lichid de aşchiere sau ungere cu pulverizare de lichid de

viel" hin zu der Erkenntnis: "Soviel wie nötig, nicht mehr als notwendig".

Wenn Öle als das flüssige Mittel benutzt werden, ist das Hauptgewicht auf ihren guten Schmierungseigenschaften. Ihre Funktion ist, die Reibung und die Adhäsion zwischen dem Werkstück, dem Span und dem Werkzeug zu verringern.

Infolgedessen wird die Menge von Reibung erzeugten Hitze auch verringert und deswegen werden das Werkzeug und das Werkstück zu weniger Hitze ausgesetzt, als sie würden sein , wenn der Bearbeitungsprozess vollständig trocken durchgeführt war.

aşchiere, poate fi descrisă ca o renunţare la principiul "*Mult ajută mult*" şi adoptarea principiului " *Atât cât este necesar, nu mai mult decât trebuie*".

Când se utilizează uleiurile ca medii de așchiere, importante sunt proprietățile de ungere ale acestora. Principala funcție a acestora este de reducere a frecării între sculă-semifabricat și așchii.

Ca urmare se reduce şi cantitatea de căldură generată ca urmare a frecării şi, implicit, este preluată de sculă şi semifabricat mai puţină căldură decât în cazul prelucrării complet uscate.

Minimalmengekühlschmiertechnik (MMKST)

normaler Verbrauch: 10-15 ml pro Stunde

Minimalkühltechnik (MKT)

Minimalschmiertechnik (MST)

Emulsion (Wasser + Öl) Wasser: c_{p, Wasser} = 4,18 kJ/kgK Luft: c_{p, Luft} = 1.04 kJ/kgK

Oil: $c_{p,01} = 1.92 \text{ kJ/kgK}$

Mittel	Kühlung	Schmierun g	Spülung
Emulsion	ausgezeichnet	gut	ausgezeichnet
Öl	gut	ausgezeichnet	gut
Luftdruck	klein	-	klein

Abb.5.10 Ökologische Techniken / Metode ecologice de prelucrare [MUL 98]

5.2.2 Definitionen der MMKST

Die Emulsionen und das Wasser werden seltener als Öl im Minimalkühlschmiertechnik verwendet. Allgemeines sprechend, werden sie benutzt, nur wenn die Werkzeug- oder die Teilabkühlung leistungsfähiger als mit Öl möglich ist.

2 Definiţia PURM

Emulsiile şi apa sunt mai rar utilizate ca medii de aşchiere la prelucrarea cu ungere şi răcire minimală. În general acestea se utilizează numai când răcirea piesei şi a sculei sunt mai eficiente decât cu ulei.

Die Prozesse, in denen die Emulsion, das Wasser oder die Luft (kalte oder flüssige Luft) benutzt werden, gekennzeichnet als Minimalkühltechnik (MKT), da die Emulsion ein beträchtlich niedriger Schmierungsniveau als Öl liefert, dennoch mehr als Wasser und Luft, die keine Schmierung an allen liefern.

Im Gegensatz zu MST ist MKT bis jetzt selten verwendet gewesen, und folglich ist MKT ein großer nicht erforschter Bestandteil der MKST.

Mit Hilfe moderner Dosiertechnik wird die eingesetzte Schmierstoffmenge auf das unbedingt notwendige Maß reduziert. Sie wird in sehr kleinen Mengen der Wirkstelle direkt oder fein zerstäubt in einem Pressluftstrom mit Hilfe von Düsensystemen zugeführt. Auf dem Werkzeugoder dem Werkstück - wird ein feiner Schmiermittelfilm gebildet.

Ziel ist es, durch effiziente Schmierung, die Reibung und somit die Wärmeentwicklung zu minimieren. Die Minimalmengenschmierung ist eine Verlust- oder Verbrauchsschmierung, das heißt: der eingesetzte Kühlschmierstoff wird während der Bearbeitung nahezu vollständig verdampft.

Die an der Wirkstelle entstehende Wärme wird dem System durch die kühlende Wirkung des Pressluftstromes und durch die Verdampfung des Schmiermittels weitgehend entzogen.

Im Vergleich zur Verwendung herkömmlicher Kühlschmierstofföle und Emulsionen führt die nahezu reststofffreie Verflüchtigung der verwendeten Medien im Bearbeitungsprozess zu einer Reihe von ökologischen und ökonomischen Vorteilen der MST. Das Sonderabfallaufkommen wird vermieden und Kosten für ein Kühlschmierstoffshandling entfallen.

Die folgende Aufzählung gliedert die Vorteile:

Procesele în care se utilizează emulsiile, apa sau aerul ca medii de așchiere sunt cunoscute și sub denumirea de prelucrare cu răcire minimală (PRM). Emulsia asigură un nivel considerabil mai mic de ungere decât uleiul, dar totuși mai mare decât apa și aerul care nu asigură efectul de răcire.

În comparație cu PUM, PRM este până în prezent mai puţin utilizată, fiind aşadar o componentă importantă şi insuficient analizată a PURM.

Cu ajutorul **sistemelor moderne de dozare** se reduce în mod considerabil cantitatea de lichid de așchiere utilizată în timpul proceselor de așchiere. Mediile de așchiere sunt dozate în cantități extrem de mici, direct sau pulverizate fin în forma unui jet de ceață cu ajutorul sistemelor de dozare, și dirijate înspre zona de așchiere. Astfel se formează pe sculă sau pe semifabricat un film subțire de lichid de așchiere.

Scopul este ca printr-o ungere eficientă să se reducă frecările şi astfel să se diminueze şi cantitatea de căldură dezvoltată în timpul procesului de așchiere. Ungerea minimală este o ungere cu pierdere sau cu consum total al lichidului de așchiere. Asta înseamnă că întreaga cantitate de lichid de așchiere utilizată se consumă prin evaporare. Căldura care rezultă în zona de așchiere este transferată prin jetul de aer sub presiune şi prin evaporarea lichidului de așchiere.

Comparativ cu metoda convenţională de ungere şi racire cu uleiuri şi emulsii, volatilizarea aproape completă a mediului de aşchiere utilizat în timpul procesului de prelucrare conduce la o serie de avantaje economice şi ecologice ale PUM. Cheltuielile pentru tratarea deşeurilor sunt evitate, iar costurile pentru manipularea lichidelor de aşchiere uzate sunt eliminate.

Avantajele sunt enumerate în continuare:

- keine Entsorgung verbrauchter Kühlschmierstoffe,
- problemloseres Recycling und gesteigerter Wiederverkaufswert der Späne, da kaum anhaftendes Öl.
- es entstehen keine Kosten für die Pflege und Überwachung der Kühlschmierstoffsbäder,
- es ist in der Regel keine Reinigung (Entfettung etc.) der Werkstücke notwendig.

Das heißt:

- keine Entsorgung verschmutzter Reiniger,
- Einsparung der Anlagentechnik zur Entfettung,
- Optimierung des Fertigungsablaufes (Einsparung von Zeit und Arbeitskraft),
- Erhöhung der Werkzeugstandzeiten um ca. 10%.

5.2.3 Dosiersysteme

Vollstrahlkühlung

Die Hauptfunktionen eines Kühlschmiermittels in der Vollstrahlkühlungsfertigung sind Abkühlung, Schmierung und Spänentfernung. Als Regel werden Emulsionen oder Öle im Allgemeinen benutzt, abhängig von der betroffenen Herstellungsverfahren- und Fertigungsaufgabe.

Die Wärmeübertragungseigenschaften der Emulsionsgruppen sind ausgezeichnet, wegen ihres hohen Wassergehalts. Gerade die Öle übertreffen. wenn ein hoher Schmierfähigkeitsgrad angefordert wird. Die beiden Mittel garantieren leistungsfähiger Spantransport. Wenn komprimierte Luft statt einem Kühlschmiermittel benutzt wird, ist der Schmierungsvorteil der Flüssigkeit verloren.

- nu se mai face tratarea lichidelor de aşchiere uzate.
- reciclarea fără probleme şi creșterea nivelului de valorificare al așchiilor, care nu mai sunt aproape deloc impregnate cu ulei,
- sunt eliminate costurile cu alimentarea şi supravegherea rezervoarelor cu lichide de aşchiere ale maşinilor-unelte,
- nu mai este necesară curăţarea (degresarea) pieselor prelucrate.

Alte avantaje secundare:

- nu se mai face tratarea soluţiilor de curăţare,
- economii din eliminarea instalaţiilor de degresare,
- optimizarea procesului de fabricaţie (economie de timp şi forţă de muncă),
- creşterea durabilităţii sculelor aşchietoare cu aproximativ 10%.

.2.3 Sisteme de dozare

Răcire convenţională cu jet continuu

Principalele funcții ale lichidelor de așchiere în cazul metodei convenţionale de ungere şi răcire sunt răcirea, ungerea şi transportul așchiilor. De regulă se folosesc emulsii şi uleiuri, în funcţie de procesul de fabricaţie la care se utilizează şi în funcţie de procedeul de prelucrare.

Proprietățile de preluare a căldurii ale diferitelor tipuri de emusii sunt foarte bune datorită conținutului mare de apă. Se folosesc uleiuri de așchiere atunci când sunt necesare caracteristici mai bune de ungere. Ambele medii de așchiere asigură un transport eficient al așchiilor. Utilizarea aerului comprimat în locul lichidelor de așchiere conduce la pierderea efectului de ungere.

•

•

Minimalkühlschmierung

Beim MKST werden die flüssigen Mittel zum Werkzeug und/oder zum Bearbeitungspunkt in den kleinen Quantitäten eingezogen.

Dieses wird **mit** oder **ohne** die Unterstützung eines Transportmittels, z.B. Luft, getan. Im Fall der so genannten "airless" Systeme, liefert eine Pumpe das Werkzeug mit dem Mittel, normalerweise Öl, in Form einer schnellen Reihenfolge der präzisiongemessenen Tröpfchen.

Im Fall vom Druckluftsysteme wird das Mittel in einer Düse atomisiert, um extrem feine Tröpfchen zu bilden, die dann zum Bearbeitungspunkt in der Form eines Aerosolsprays eingezogen werden. Die Geräte sind einfach und kompakt aufgebaut. In der Folge sind die Wirkprinzipien der verschiedenen Dosiersysteme kurz dargelegt.

Außen Dosiersysteme

Der Flussmittel wird über die **Düsen** (die separat in den Maschinebereich gepasst werden) geleitet. Das Aerosol wird auf das Werkzeug von der Außenseite über **eine oder mehrere Düsen** gesprüht.

Die **Zahl und die Richtung** den Düsen in Verbindung mit der Strahlbildung, das von der Düsenanordnung abhängt, spielen eine wichtige Rolle in der Ergebnisqualität.

Diese Technik wird beim **Sägen**, **Stirn**- und **Planfräsen** und **Drehen** verwendet. Im Fall der Prozesse wie **Bohrung**, **Reiben** oder **Senken**, ist der außen Dosiersysteme nur bis Länge/Durchmesser zu den Verhältnissen von L/d<3 angebracht.

Die **Außendosiersysteme** können auch **Probleme** erzeugen, im Fall der Bearbeitungsaufgaben, die den Gebrauch der mehrfachen Werkzeuge mit breiten unterschiedlichen Längen und

Ungerea și răcirea minimală

În cazul tehnicii de așchiere cu ungere și răcire minimală mediile lichide de așchiere sunt dirijate fie spre sculă fie spre zona de prelucrare în cantități reduse. Acest lucru se face cu sau fără ajutorul unui mediu de transport (de ex. aer). Sistemele de dozare fără aer dispun de o pompă care dozează mediul de așchiere (de obicei ulei) pe sculă, sub forma unei succesiuni rapide de picături mici de dimensiuni constante.

În cazul sistemelor de dozare cu aer comprimat, lichidul de așchiere este atomizat printr-o duză, pentru a crea picături extrem de fine, care sunt dirijate apoi spre zona de așchiere sub forma unui jet de aerosol. Asemenea sisteme au o construcţie simplă şi compactă. În continuare sunt prezentate principiile de funcţionare ale diferitelor sisteme de dozare.

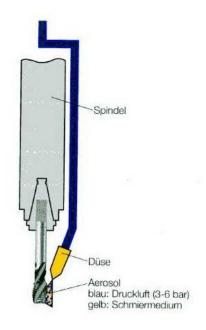
• Sisteme de dozare cu alimentare externă

Mediul de așchiere lichid este dirijat prin duze care sunt amplasate în zona de lucru a mașinii-unelte. Jetul de aerosol ajunge pe sculă din exterior prin una sau mai multe duze.

Numărul și direcția duzelor corelate cu modul de formare al jetului de aerosol (care depinde de poziționarea duzelor) joacă un rol important în ceea ce privește calitatea rezultatelor prelucrării.

Acest tip de sisteme se aplică la procesele de debitare, frezare plană, frezare frontală şi strunjire. În cazul unor procese ca găurire, alezare sau lamare, sistemele de dozare cu alimentare externă sunt recomandate pentru prelucrarea alezajelor scurte la care L/d<3.

Sistemul de dozare cu alimentare externă poate ridica și o serie de probleme în cazul



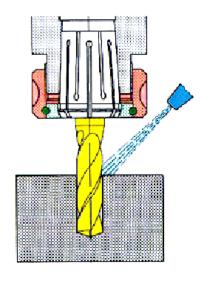


Abb. 5.11. Dosiersystem mit externer Schmierung / Sistem de dozare cu alimentare externă [EIS 97]

Innen Dosiersysteme

Ein Innendosiersystem über Spindel und Werkzeug ist bei der Bohrung, dem Reiben und Senken mit größeren I/d Verhältnissen vorteilhaft, so lange das Mittel ständig nah an der Schneide vorhanden ist, unabhängig von der Werkzeugposition.

Aus ähnlichen Gründen trifft dieses auch auf Werkzeuge mit sehr unterschiedlichen Maßen zu. In der tiefen Bohrung bildet die große I/d Zuteilung einen internen MQL Dosiersystem unentbehrlich.

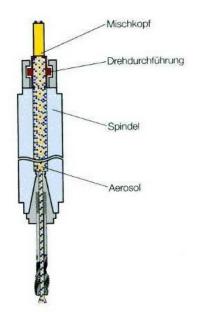
Es gibt zusätzliche Vorteile eines internen MQL Dosiersystem bestehen dadurch, dass die Düsenpositionierungsfehler beseitigt werden und die Integration der MQL Vorrichtung innerhalb der Maschineumfeld bedeutet, dass der Bearbeitungsbereich nicht durch die Dosiersystemsrohre durcheinander geworfen wird.

• Sisteme de dozare cu alimentare internă

Un sistem de dozare cu alimentare internă prin ax şi corpul sculei este avantajos în cazul prelucrării alezajelor cu lungime mai mare (L/d>3) prin găurire, alezare sau lamare, atâta timp cât lichidul de aşchiere ajunge constant pe tăişurile sculei indiferent de poziția acesteia.

Acest lucru se întâmplă și în cazul sculelor cu dimensiuni foarte diferite. În cazul prelucrării găurilor adânci, raportul L/D foarte mare face ca utilizarea unui sistem de dozare cu alimentare internă să fie indispensabilă.

Acest tip de sisteme de dozare are şi alte avantaje suplimentare, constând în eliminarea eventualelor erori de poziţionare a duzelor, respectiv din integrarea echipamentelor de ungere şi răcire minimaă în perimetrul maşinii astfel încât în zona de lucru să nu existe furtunuri ale sistemului de dozare.



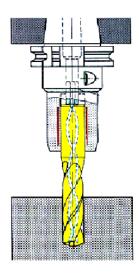


Abb. 5.12. Dosiersystem mit interner Schmierung / Sistem de dozare cu alimentare internă [EIS 97]

1. Niederdruck-Sprühsystem

Nach dem Injektor-Prinzip arbeitende Sprühdüsen werden mit sehr geringen **Luftdrücken**, <1 bar, beschickt. Der Schmierstoff wird aufgrund der Düsenform angesaugt und tröpfchenweise zerstäubt.

1. Sistem de pulverizare cu joasă presiune

În acest caz duzele de pulverizare care funcţionează conform principiului injectorului sunt alimentare cu o presiune foarte mică a aerului (<1 bar). Mediul de aşchiere este absorbit datorită formei duzelor şi pulverizat sub formă de picături.

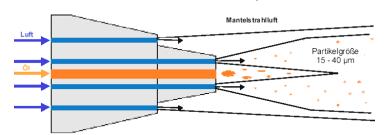


Abb.5.13 Niederdruck – Sprühsystem / Sistem de dozare cu presiune joasă [FRA 08]

2. Überdruck-Sprühsysteme

Die Überdruck-Sprühsysteme arbeiten mit Systemdrücken von ca. **4-6 bar**. Zur Förderung des Schmierstoffes im System werden zwei Techniken angewendet:

- Förderung des Schmiermittels durch einen mit Druckluft beaufschlagten Bevorratungsbehälter.
- Förderung des Schmiermittels durch die Verwendung von Dosierpumpen, z.B.
 Kolbenpumpen.

2. Sisteme de dozare cu presiune înaltă

Sistemele de dozare cu suprapresiune funcţionează la presiuni de circa **4-6 bar**. Pentru alimentarea sistemului cu lichid de aşchiere se utilizează două metode:

- Alimentarea lichidului de așchiere dintr-un rezervor de stocare cu ajutorul aerului comprimat.
- Alimentarea lichidului de aşchiere cu ajutorul unor pompe de dozare (de ex. pompe cu piston).

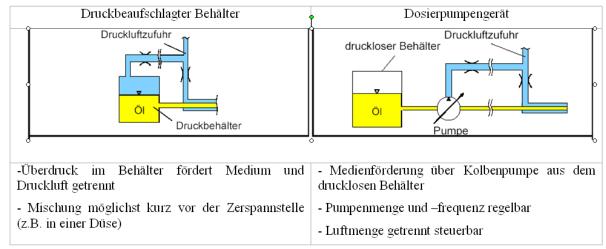


Abb.5.14 Überdruck-Sprühsysteme [a], [b] / Sistem de dozare cu suprapresiune [EIS 97]

In Bezug auf internes MQL Dosiersysteme wird eine weitere Unterscheidung zwischen so genannte 1-Zuführung und 2-Zuführungen Systeme gezeichnet. Wenn 1-Führung System (Abb.5.16) verwendet wird, wird die Aerosolmischung außerhalb Spindel der gebildet und Einfachkanale dienen als ein Zufuhrweg für die Mischung.

Referitor la sistemele de dozare cu alimentare internă se face încă o distincţie între sistemele cu un canal, respectiv cu două canale de alimentare. Când se utilizează un sistem cu un singur canal de alimentare (Fig. 5.16), amestecul de aerosol se formează în exteriorul dispozitivilui, iar canalul de alimentare serveşte drept cale de alimentare pentru amestec.

Axiale Mischung, bzw. Zuführung von Luft und Schmierstoff

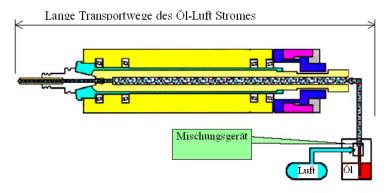


Abb.5.16 System mit axiale Mischung / Sistem de dozare cu amestecare axială [EIS 97]

Zu beachten ist bei diesem Verfahren, dass die Vermischung von Luft- und Schmiermittelstrom möglichst unmittelbar vor Eintritt in die Düse erfolgt, um ein gleichmäßiges Sprühbild garantieren zu können. Lange Transportwege des Gemischstromes können zu Ungleichmäßigkeiten im Sprühbild führen.

La acest tip de procese trebuie avut în vedere că amestecul fluxurilor de aer şi de lichid de aşchiere să se realizeze imediat înaintea intrării în duze, astfel încât să se poată garanta o formare uniformă a jetului de aerosol. O lungime mare a canalelor de transport al fluxului de amestec (aer-lichid de aşchiere)

poate să conducă la neuniformităţi în formarea jetului de aerosol.

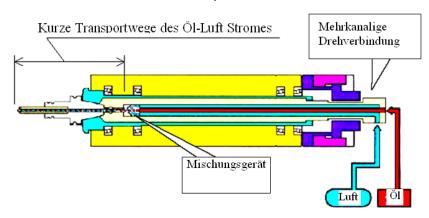


Abb.5.17 System mit koaxiale Mischung / Sistem de dozare cu alimentare coaxială [EIS 97]

Im Fall von 2 Zuführungen Systemen (Abb.5.17), werden Öl und Luft separat durch die Spindel eingezogen. Das Schmiermittel und die Luft werden in zwei koaxial angeordneten, d.h. ineinander geschobenen Zuführungsschläuchen zum Düsensystem geleitet.

Die Luft-Öl Mischung wird dann direkt vor dem Werkzeug produziert. Die Hauptanforderung in jeder dieser Veränderungen ist, dass eine genügende Quantität des Mittels am Bearbeitungspunkt vorhanden ist, wenn der Zerspanprozess anfängt.

Die **Vorteile** der inneren Spindel Mischungsmethode sind:

- Weil der Abstand von der Spindelumdrehung kurz ist, ist die Entladung Antwort von der Werkzeugspitze gut,
- Weil die Flüssigkeit durch die konstante Volumenpumpe fließen kann, ist es einfach, die Entladungsquantität von KSS zu steuern. Die Schmiermittelvoreinstellungen für jedes Werkzeug sind vorhanden,
- Weil größere Tröpfchen leicht gebracht werden können, wird weniger entgehender Nebel erzeugt,

În cazul sistemelor de dozare cu două canale de alimentare (Fig. 5.17) uleiul de așchiere și aerul comprimat sunt dirijate separat prin dispozitiv. Lichidul de așchiere și aerul comprimat sunt alimentate prin două furtunuri dispuse coaxial (unul în altul) și dirijate astfel spre zona de prelucrare.

Amestecul aer-ulei de așchiere este realizat direct înainte de a intra în contact cu scula. Cerinţa principală este ca o cantitate suficientă de lichid de așchiere să ajungă în punctul de prelucrare când procesul de așchiere începe.

Avantajele metodei de ungere şi răcire internă sunt:

- Pentru că distanţa faţă de axa de rotaţie a sculei este mică, descărcarea pe vârfului sculei este bună.
- Pentru că lichidul de așchiere poate curge prin pompă cu volum constant este ușor de controlat cantitatea de lichid de așchiere dispersată. Presetări ale volumului lichidelor de așchiere dozate sunt disponibile.
- Pentru că picăturile de dimensiuni mai mari pot fi utilizate mai uşor, o mică parte a ceţii formate (aerosol) este neutilizată în timpul prelucrării.

Es ist einfach zwischen MKS und herkömmliches Kühlmittel zu schalten. Die Lagerspindel braucht nicht ersetzt werden.

5.3 Kühlschmierstoffe

Gebrauch von Kühlschmierflüssigkeiten erhöht die Werkzeugstandzeit, trägt zu einer ökonomischeren Schnittgeschwindigkeit bei und verbessert im Allgemeinen die Leistungsfähigkeit der Produktionssysteme.

Wegen der Vielfältigkeit der Umweltbelastungen, den die Kühlschmierstoffe (flüssige Abfälle) auf Menschgesundheit und die Umwelt bewirken, ist in der modernen Produktion eine zunehmende Aufmerksamkeit zum sorgfältig Vorwählen leistungsfähige Ausschnittflüssigkeiten gewesen.

Außer den üblichen tribologischen Anforderungen müssen die Kühlschmiermittel den Anforderungen des Umweltschutzes gerecht werden.

Die **Entsorgung** verbrauchter Kühlschmierstoffe verursacht hohe Kosten. Die durch den Kühlschmierstoff verursachten Kosten gliedern sich auf in:

- Anschaffungskosten (KSS Konzentrat und Wasser; Lagerhaltung),
- Entsorgungskosten (inklusiv Abfallabgabe),
- Aufwendungen für Peripherie-Geräte
 (Zuleitungen, Pumpen etc.) sowie
- Kosten für Wartung, Pflege und Personal

Die **Kostenreduktion** ist möglich durch einen optimierten Kühlschmierstoffeinsatz: dieser kann mit Hilfe abfallarmer Produktionsverfahren, wie der Anwendung der Minimalmengenkühlschmierung realisiert werden

 Se poate trece uşor la ungerea şi răcirea minimală de la metodele convenţionale, fără a fi necesară schimbarea axului principal.

5.3 Lichide de așchiere

Utilizarea lichidelor de așchiere conduce la creșterea durabilității sculelor, permite folosirea unor viteze de așchiere economice și îmbunătățește în general performanțele sistemelor de producție.

Din cauza numeroaselor și diverselor probleme de mediu pe care lichidele de așchiere (deșeuri lichide) le cauzează asupra sănătății oamenilor și asupra mediului înconjurător, în cadrul metodelor de fabricație moderne se ocordă o atenție tot mai sporită alegerii cu grijă a unor lichide de așchiere performante.

În afara cerinţelor tribologice obişnuite, lichidele de aşchiere trebuie să corespundă şi cerinţelor legate de protecţia mediului înconjurător.

Tratarea lichidelor de aşchiere uzate cauzeză costuri suplimentare semnificative. Acestea se pot clasifica astfel:

- Costuri de achiziţie (medii de aşchiere concentrate, apă, deepozitare/stocare)
- Costuri de tratare (inclusiv livrarea deşeurilor)
- Cheltuieli pentru echipamente auxiliare periferice (furtunuri, pompe) ca şi
- Costuri de întreţinere, îngrijire şi cu personalul.

Reducerea acestor costuri este posibilă printr-o utilizare optimizată a lichidelor de așchiere, care se poate realiza cu ajutorul proceselor de fabricaţie ecologice (generatoare de cantităţi reduse de deşeuri) şi a tehnicilor de ungere şi răcire minimală.

5.3.1 Kühlschmierstoffe Minimalmengekühlschmierung

Verschiedene Probleme werden mit dem Gebrauch von Kühlschmierstoffe angeschlossen. Die Aufmerksamkeit wird weiter auf den ökologischen und ökonomischen Aspekten des Verwendens der Ausschnittflüssigkeiten und auf dem Kontakt mit ihnen am Arbeitsplatz gerichtet.

für

die

Die Kühlschmierstoffe haben nach Art des Zerspanprozesses (in Abhängigkeit von den Bearbeitungsbedingungen, den Schneidstoffen und den bearbeitenden Werkstoffen) **2 Hauptaufgaben**:

- Reibungsverminderung zwischen Werkzeug und Werkstück, beziehungsweise zwischen Werkzeug und Späne (Schmierung),
- Wärmeabfuhr aus Werkstück, Werkzeug und Span (Kühlung)

Weitere Aufgaben sind die Spanabfuhr (Spanspüllung) und der Korrosionsschutz, der besonderes bei wassermischbaren Kühlschmierstoffen eine große Rolle spielt.

5.3.2 Komposition (Einteilung und Aufbau)

Entsprechend Standards (DIN 51385) werden die Kühlschmierstoffe in den folgenden Gruppen eingeteilt:

- Nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffe.
- Wassermischbaren Kühlschmierstoffe.
- Wassergemischten Kühlschmierstoffe.

Bezüglich des materiellen Aufbaus muss eine Unterscheidung zwischen die **Primärmaterialien** und die **Sekundärmaterialien** gezeichnet werden.

- Die Primärmaterialien werden normalerweise auf Mineralölen basiert und sie stellen sich in den Ausschnittflüssigkeiten auf Anlieferung dar.
- Die Sekundärmaterialien bilden sich während des Gebrauches.

5.3.1 Lichide de așchiere pentru ungerea și răcirea minimală

Diverse probleme ce apar în timpul așchierii sunt corelate cu consumul de lichide de așchiere. Atenţia este concentrată în continuare asupra aspectelor ecologice şi economice ale utilizării acestor materiale şi asupra contactului operatorilor cu acestea la locul de muncă.

Lichidele de așchiere au, în funcție de procesul de prelucrare (condiții de prelucrare, materalului sculei, materialul semifabricatului) două roluri principale:

- Reducerea frecării între sculă şi semifabricat, respectiv între sculă şi aschii (Ungere),
- Îndepărtarea căldurii din semifabricat, sculă și așchie (Răcire).

Alte roluri suplimentare ale lichidelor de așchiere sunt îndepărtarea așchiilor (spălarea așchiilor) și protecţie anticorozivă în special în cazul lichidelor pe bază de apă.

5.3.2 Compoziție (clasificare și structură)

Conform strandardului DIN 51385, lichidele de așchiere se împart în următoarele grupe:

- Lichide de așchiere solubile în apă
- Lichide de așchiere insolubile în apă
- Lichide de aşchiere în amestec cu apa.

În ceea ce priveşte structura materială a lichidelor de așchiere trebuie făcută o diferenţiere între materialele primare şi cele secundare.

- Materialele primare se bazează în mod normal pe uleiuri minerale şi se livrează ca lichide de aşchiere,
- Materilale secundare se prepară în timpul consumului.

Zusätze (Additiven)

Jeder Kühlschmierstoff besteht aus einem **Grundstoff** (Grundöl), dem dann die entsprechenden **Zusätze** zugegeben werden.

Um die Kühlschmierstoffe sowie ihre Anwendungsmöglichkeiten anzupassen, werden solche Mittel addiert, die den physische und den chemischen Eigenschaften der Kühlschmierstoffe ändern.

Die Gruppen der Substanzen, die den Kühlschmiermitteln hinzugefügt werden, sind:

- Verschleißschutz Zusätze (die einen schmierenden Film bilden): polare Stoffe, Hochdruckadditive (so genannte EP Zusätze), Antiwear-additive (AW Zusätze);
- Sonstige Additive: Korrosionsschutz-zusätze,
 Schauminhibitoren, Antinebeladditive,
 Emulgatoren, etc.

Suplimente (aditivi)

Fiecare lichid de așchiere constă dintr-un material de bază (ulei) la care se adaugă ulterior aditivi corespunzători. Pentru a adapta lichidele de așchiere și posibilitățile de utilizare ale acestora, se adaugă de asemenea materiale suplimentare, care modifică proprietățile fizice și chimice ale acestora.

Grupele de substanțe care se adaugă lichidelor de așchiere sunt:

- Aditivi impotriva uzării (aditivi AWfavorizeza formarea unui film de ungere): materiale polare, aditivi de suprapresiune (aşa numiţii aditivi EP)
- Alţi aditivi: aditivi anticoroziune, aditivi antispumare, aditivi care reduc tendinţa de formare a ceţii, emulgatori etc.

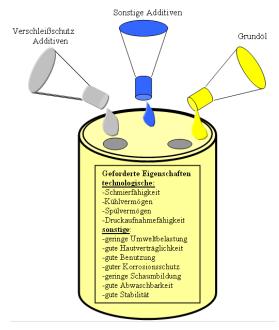


Abb.5.18 Eigenschaften der Kühlschmierstoffe / Proprietățile lichidelor de așchiere [FRA 08]

Die Kühlschmierstoffe ändern sich während des Gebrauches bei der Fertigung. Wenn er neu ist, stellt die Ausschnittflüssigkeit nur eine geringfügige Gefahr dar. Dieses ändert im Verlauf seiner Nutzungsdauer. Offenbar ist der materielle Aufbau Lichidele de așchiere se modifică atunci când sunt folosiți în timpul proceselor de prelucrare. Când acestea sunt noi, consumul lor prezintă un pericol mai redus. Dar compoziția acestora se schimbă pe parcursul utilizării lichidelor.

der Kühlschmierstoffe extrem kompliziert.

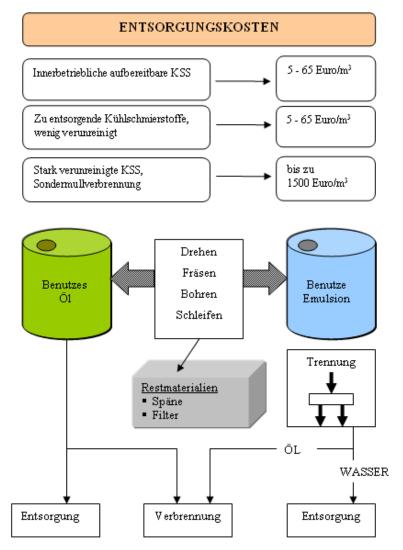
Die Benutzer der Kühlschmierstoffe jedoch finden es häufig unmöglich, Informationen über den Aufbau der benutzten Produkte und über alle möglichen Gesundheits-Hindernden Eigenschaften einzuholen.

Die Kühlschmierstoffe können nach Gebrauch entweder innerhalb der Firma oder außen durch eine Abfallentsorgungsfirma entledigt sein. Abhängig von der Qualität und dem Entsorgungsart wird das Ergebnis auch die Wasser- und/oder Luftverschmutzung bewirken.

Structura materială a lichidelor de așchiere este extrem de complicată.

Utilizatorii lichidelor de așchiere dispun adesea de puţine informaţii în ceea ce priveşte compoziţia acestora şi asupra proprietăţilor care pot cauza probleme de sănătate.

După utilizare, lichidele de așchiere pot fi eliminate fie în cadrul companiei care le-a produs, fie în exterior în cadrul unei firme specializate pe tratarea deșeurilor. În funcție de calitatea și tipul proceselor de tratare aplicate se poate produce poluarea apei şi/sau a aerului.



Entsorgung der Kühlschmierflüssigkeiten in der Zerspannung

Abb.5.19 Entsorgung der KSS / Neutralizarea lichidelor de aşchiere uzate [WEI 95]

Mit genügender Sorgfalt brauchen die nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffe, nicht ersetzt zu werden. Die Nachfüllungsmenge, die durch Verlust über Späne und Werkstücke erfordert wird, ist genügend, sicherzugehen, dass die Qualitäten groß beibehalten werden.

Die wassergemischten Kühlschmierstoffe verursachen viel größere Probleme. Hier muss die Emulsion in der Maschine regelmäßig geändert werden (3-20mal im Jahr). Das bedeutet, dass es eine enorme Flüssigkeitsmenge wegwerfen soll. Um das Wasser zu recyklieren, werden die beiden Wasser- und Ölphasen zuerst durch Ultrafiltration getrennt.

Auswertung der ökologischen Parameter

Fast ganze technologische Umgebung ist vom Gebrauch eines Kühlschmierstoffs mit seinem grundlegenden Funktionen (Abkühlen, Schmierung und Spülung) beeinflusst. **Die Zielfunktionen** sind:

- Zunahme von Produktivität,
- Verbesserung der Wirksamkeit,
- Garantie der Prozesssicherheit,
- Sicherung und Zunahme der Bearbeitungsqualität.

Für die Auswertung der ökologischen Parameter der Kühlschmierstoffe benötigt es alle Informationen, die von der Analyse des Lebenszyklus einer bestimmten Flüssigkeit eingeholt werden.

Die Kriterien für die Anwendung und die Auswertung der Kühlschmierstoffe sind:

- die Bearbeitungsergebnisse (geometrische Oberflächengenauigkeit),
- Energieverbrauch (Schnittkräfte),
- Wirksamkeit der Bearbeitung (min.

Dacă se acordă suficientă atenție utilizării lor, lichidele de așchiere inmiscibile în apă nu trebuie înlocuite. Cantitățile cu care se completează lichidele de așchiere care se pierd (rămân pe așchii și pe semifabricat) sunt suficiente pentru a asigura calitatea produselor prelucrate.

Lichidele de așchiere pe bază de apă cauzează probleme mult mai mari. În acest caz emulsiile trebuie schimbate periodic (3-20 ori anual), ceea ce înseamnă că se aruncă o cantitate enormă de lichide de așchiere uzate. Pentru ca apa conţinută în aceste lichide să poata fi reciclată este necesară în prealabli o separare a fazelor apă-ulei prin ultrafiltare.

Evaluarea parametrilor ecologici

Aproape tot mediul tehnologic este influenţat de utilizarea lichidelor de aşchiere cu cele trei funcţiuni de bază (răcire, ungere şi transport aşchii). **Scopurile** sunt:

- · Creşterea productivității,
- Îmbunătățirea eficacității,
- Garantarea siguranței procesului,
- Asigurarea și cresterea calității.

Pentru evaluarea paramentrilor ecologici ai lichidelor de așchiere sunt necesare toate informațiile care se obțin din analiza ciclului de viață al unui asemenea lichid.

Criteriile pentru utilizarea şi evaluarea lichidelor de așchiere sunt:

- Rezultatele prelucrării (precizia dimensională și geometrică a suprafețelor prelucrate),
- Consumul de energie (forțele de așchiere),
- Eficacitatea prelucrării (uzura minimă a sculei),
- Productivitatea (durata aşchierii),

Werkzeugverschleiß),

- Produktivität (min. Schnittzeit),
- Prozesssicherheit.

Herangehensmöglichkeiten von ökologische Problemen

Außer den Problemen, die in der Einleitung in Zusammenhang mit dem Gebrauch von Kühlschmierstoffe erwähnt werden, gibt es auch andere Probleme zu betrachten wie:

- flüssige Verluste des Ausschnitts während des Bearbeitungsprozesses,
- Wasser für die Reinigung des Werkstückes und
- der Ablagerung der benutzten Kühlschmierstoffe.

Um einige der oben genannten Probleme zu vermeiden, kann man einer der folgenden gebrauchen:

- Trockenbearbeitung (Bearbeitung ohne die Kühlschmierstoff zu verwenden)
- Minimalkühlschmierung
- Werkzeugbeschichtungen (mit harten Schichten)
- ökologische Fertigung:
- -Gebrauch der biodegradierbaren Ökoausschnittflüssigkeiten;
- -Entwicklung und Anwendung der Ausschnittflüssigkeiten mit verringertem Inhalt der Verschmutzungsstoffe;
- Anwendung der Multifunktionsöle (hydraulisch, Kühlschmierstoffe).

5.4 Werkzeuge / Werksoffe für TB und MKST

Die besonderen Anforderungen an Schneidstoffe und Beschichtungen für die Trockenbearbeitung sind: höhe Warmhärte, geringer Reibwert, geringe Wärmeleitfähigkeit und geringe Eigenspannungen. Diese Anforderungen stellen entgegensetzende Siguranţa procesului.

Oportunități de abordare a problemelor ecologice

În afara problemelor menţionate în legătură cu consumul de lichide de aşchiere, există şi alte aspecte care trebuie avute în vedere:

- Pierderile de lichide de aşchiere în timpul procesului de prelucrare,
- Apa utilizată pentru curăţarea semifabricatelor,
- Depozitarea lichidelor de aşchiere uzate.

Pentru a evita apariţia unora dintre problemele amintite anterior se poate opta pentru una dintre următoarele soluţii:

- Prelucrarea uscată (prelucrare fără utilizarea de lichide de aşchiere),
- Prelucrarea cu ungere şi răcire minimală,
- Utilizarea de scule cu acoperiri metalice (straturi dure),
- Fabricația ecologică:
- Utilizarea de lichide de aşchiere ecologice biodegradabile
- Dezvoltarea şi utilizarea de lichide de aşchiere cu conţinut redus de materiale poluante
- Utilizarea de uleiuri multifuncţionale (hidraulic, lichide de aşchiere).

5.4 Scule/ Materiale pentru PU ş PURM

Cerințele speciale în ceea ce privește materialul sculei și acoperirile metalice ale acesteia în cazul prelucrării uscate sunt: duritate ridicată, uzura redusă, conductivitate

Eigenschaften dar, damit ein optimales und universales Ausschnittmaterial nicht von einem technologischen Gesichtspunkt realisierbar ist.

scazută, tensiuni reziduale reduse. Aceste cerințe reprezintă însă proprietăți opuse (contradictorii), astfel că din punct de vedere tehnologic nu este posibil de realizat un material de scule optim şi universal.

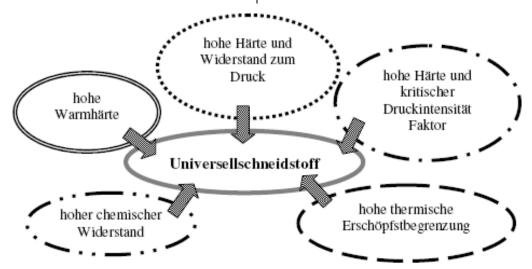


Abb.5.20 Optimale Schneidstoffe für die Trockenbearbeitung / Materiale de scule optime pentru prelucrarea uscată [FRA 08]

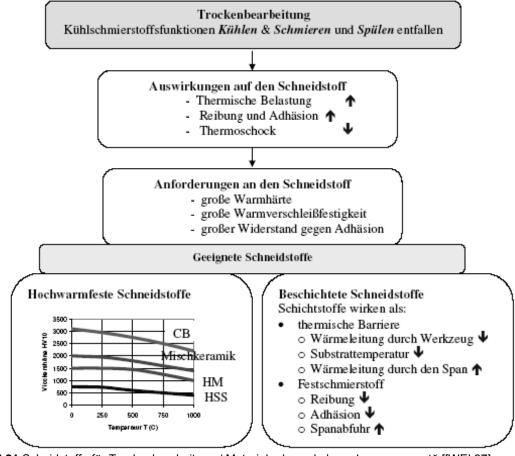


Abb.5.21 Scheidstoffe für Trockenbearbeitung / Materiale de scule la prelucrarea uscată [[WEI 97]

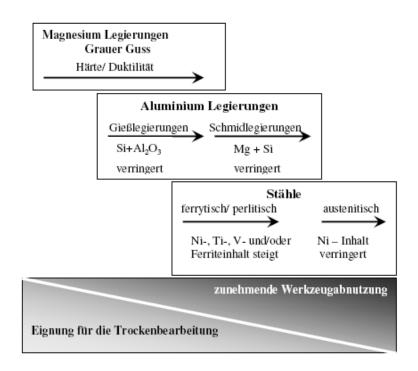


Abb.5.22 Eingang der unterschiedlichen Werkstückmaterialien für die Trockenbearbeitung / Materiale prelucrabile uscat [FRA 08]

5.5. Einsatz der TB und MKST in der Praxis

Der Einsatz der Minimalkühlschmiertechnik und Trockenbearbeitung wird in den folgenden für die Prozesse mit geometrisch bestimmter Schneide und geometrisch unbestimmter Schneide dargestellt.

Die unterschiedlichen Bearbeitungsprozesse stellten die verschiedenen Nachfragen auf der Menge der Kühlschmierstoffe ein, die für die sicheren und zufriedenstellenden Bearbeitungsergebnisse benötigt werden.

Bei dem Einsatz der Trockenbearbeitung, wenn man den Prozess entwirft, müssen die Hitzeerzeugung, die Entfernung der Späne und kinematische Bedingungen betrachtet werden.

5.5 Implementarea PU şi PURM în practică

Implementarea PU şi PURM va fi analizată în continuare în cazul proceselor de prelucrare care utilizează scule cu muchii așchietoare definite respectiv nedefinite.

Diferite procese de prelucrare necesită o adaptare a consumului de lichide de așchiere necesare pentru a obține rezultate sigure și satisfăcătoare ale prelucrării.

În cazul proiectării procesului în condițiile prelucrării uscate trebuie avute în vedere: generarea de căldură, îndepărtarea așchiilor și condițiile cinematice.

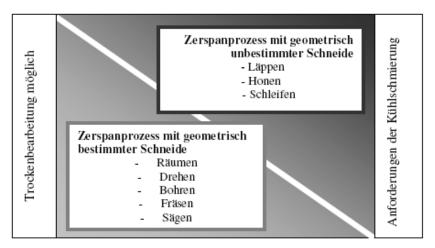


Abb.5.23 Einfluss des Zerspanprozesses an der Kühlschmiertechnik / Ungerea şi răcirea la diferite procese de așchiere [FRA 08]

Um die MKST und die Trockenbearbeitung für das Fertigungsverfahren realisieren zu können, gilt es, eine ganze Systembetrachtung des Fertigungsprozesses durchzuführen. Dabei sind unter anderen die folgenden Fragen zu berücksichtigen, die durch den Verzicht auf den KSS- Einsatz ergeben:

- Wie wirkt sich die fehlende Kühlfunktion des KSS auf den Prozess aus?
- Kann die fehlende Schmierung kompensiert werden?
- Müssen zusätzliche Konzepte zur Spanabfuhr aus der Werkzeugmaschine entwickelt werden?
- Ist die Prozesssicherheit bei der Trockenbearbeitung gewährleistet?
- Ergeben sich Änderungen für Werkzeugmaschine und ihr Umfeld?
- Ist ein bestehender Prozess auf die Trockenzerspanung umzustellen oder ist ein neuer Prozess ohne KSS- Einsatz zu planen?

Pentru ca PURM și PU să poată fi realizate la procesele de fabricație este necesară o monitorizare completă a sistemului tehnologic. Printre altele trebuie luate în considerare următoarele întrebări care apar atunci când se renunță la utilizarea lichidelor de aschiere:

- Cum afectează absenţa funcţiilor lichidelor de aşchiere desfăşurarea procesului?
- Poate fi compensată absenţa efectului de ungere?
- Trebuie dezvoltate noi concepte suplimentare referitor la îndepărtarea așchiilor de pe maşinaunealtă?
- Este garantată siguranţa procesului de prelucrare uscată?
- Se impum modificări ale maşinii-unelte şi a spaţiului de lucru?
- Poate fi adaptat un proces existent astfel încât să poate fi realizat prin PU sau trebuie planificat un proces fără utilizarea de lichide de aşchiere?

5.6 Werkzeugmaschinen und periphere Einrichtung

Die Implementierung der Trockenbearbeitung kann nicht durch die einfache Ausschaltung vom Kühlschmiermitteldosiersystem vollendet werden. Tatsächlich führt das Kühlmittel einige wichtige Funktionen durch, die, in seiner Abwesenheit, durch andere Bestandteile im Bearbeitungsprozess übernommen werden müssen.

Die Trockenbearbeitung erfordert nicht nur eine technologische Anpassung des Bearbeitungsprozesses aber auch neue Standards für Werkzeugmaschinen und Ausrüstung, die die Werkzeugmaschine stützt.

Die Auslassung des Kühlschmierstoffsfunktionen, wie Schmieren, Kühlen, Temperieren, Spülen, Transport der Späne, Reinigung, und das Konservieren, erfordert Alternativlösungen, die nur durch passendes Design der Werkzeugmaschinen und des Umfeldes erzielt werden können.

5.6.1 Werkzeugmaschine Design

In Bezug auf Spanabbau ist es wichtig, dass heiße Späne kinetische und thermische Energie nicht auf Werkstück-, Befestigungs- und Werkzeugmaschinenbestandteile bringen. Ein Grundbedarf ist ein modulares Design des Arbeitsraums und einen wirkungsvollen Spanabfuhr vom Bearbeitungsraum zu haben.

Zusätzlich gibt es viele unterschiedliche Absaugungssanlage, um die Späne so schnell wie möglich zu entfernen. Die erforderlichen Änderungen, um von Trockenbearbeitungsprozess unterzubringen, beeinflussen nicht nur die Innenarchitektur der Werkzeugmaschinen.

5.6 Maşini-unelte şi echipamente /dispozitive perifierice auxiliare

Implementarea prelucrării uscate nu poate fi realizată prin simpla deconectare a sistemului de dozare a lichidelor de așchiere. Lichidul de așchiere își îndeplinește funcțiile specifice, care în absența sa trebuie preluate de alte componente ale sistemului tehnologic.

Prelucrarea uscată nu necesită o adaptare tehnologică a procesului de prelucrare ci și alte standarde pentru mașinile-unelte și echipamentele acestora, care să asigure protecția mașinilor-unelte.

Absenţa funcţiilor lichidelor de aşchiere (ungere, răcire, spălare, transport aşchii, curăţare şi conservare) necesită soluţii alternative care pot fi obţinute numai printr-un design corespunzător al maşinii-unelte şi al mediului de lucru.

5.6.1 Design-ul maşinii-unelte

Refertor la îndepărtarea așchiilor este important ca energia cinetică și termică a așchiilor fierbinți să nu fie transferată asupra semifabricatului, dispozitivelor de fixare, subansamblurilor mașinii-unelte. O cerință de bază este existența unui design modular al spațiului de lucru și o îndepărtare eficientă a așchiilor din zona de prelucrare.

Suplimentar există diverse instalaţii de absorbţie care asigură îndepărtarea cât mai rapidă a aşchiilor. Aceste modificări necesare pentru implementarea aşchierii uscate influenţează nu numai arhitectura internă a maşinilor-unelte.

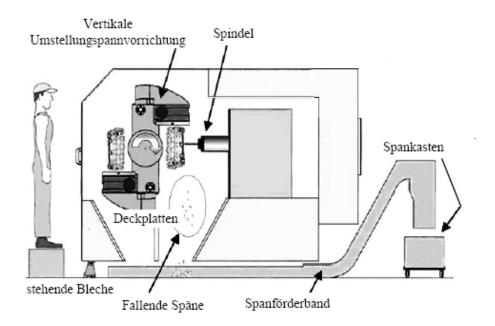


Abb.5.24 Werkzeugmaschinendesign für die Verbesserung der Spanentfernung / Design-ul maşinii unelte pentru facilitarea evacuării aşchiilor [FRA 08]

Andere Bestandteile eines Fertigungssystems müssen geändert werden und Zusatzausrüstung muss den spezifischen Notwendigkeiten angepasst werden. Außer der Unterbringung für das Bearbeitungsraum und die Extraktion der Späne, des Staubes und anderer Partikel, muss die Behandlung der Emissionen betrachtet werden. Die Filter- und Trennungssysteme sind aus den Trennenden- und Reinigungsgründen erforderlich.

Einige kommerzielle Werkzeugmaschinen sind entwickelt worden, SO dass sie den Notwendigkeiten der trockenen Fertigung angepasst werden. Typische Eigenschaften sind automatische Behandlung Werkstückes und die Integration der mit innen **Dosiersysteme MKST.**

5.6.2 Spanabfuhr

Die konsequente Anwendung der Minimalkühlschmiertechnik erfordert, über die MMKS- Zufuhr, Maßnahmen zur Abfuhr der Späne und der Prozessemissionen aus der Şi alte componente ale sistemului tehnologic trebuie modificate, iar echipamentele suplimentare utilizate trebuie adaptate nevoile specifice de prelucrare. În afara pregătirii spaţiului de lucru şi asigurarea extragerii aşchiilor, prafului şi a altor particule din zona respectivă, trebuie avute în vedere şi emisiile rezultate. Sunt necesare în acest sens sisteme de filtrare şi de separare care să asigură separarea şi curăţarea emisiilor.

Au fost concepute câteva maşini-unelte care să corespundă cerințelor prelucrărilor uscate și a celor cu ungere minimală. Caracteristicile tipice ale acestora sunt: manipularea automată a semifabricatelor și integrarea unor sisteme de dozare minimală a lichidelor de aşchiere și a unor sisteme de compensare a deformațiilor termice.

5.6.2 Îndepărtarea așchiilor

Utilizarea consecventă a tehnicii de așchiere cu ungere și răcire minimală necesită alimentarea cu lichide de așchiere, dar și măsuri suplimentare de îndepărtare a așchiilor Bearbeitungsraum, da insbesondere der Spantransport durch den Kühlschmierstoff-Volumenstrom nicht mehr gegeben ist.

și a emisiilor din spaţiul de lucru, pentru că în special transportul așchiilor nu mai este asigurat de volumul redus de lichide de așchiere folosit.

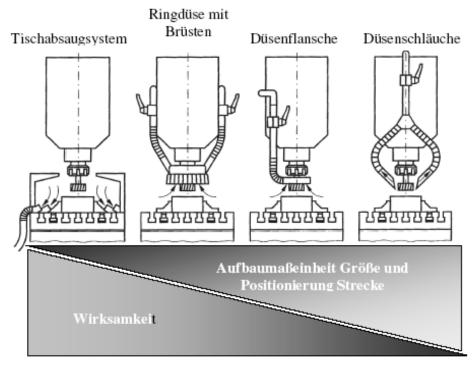


Abb.5.25 Verschiedene Möglichkeiten zur Absaugung der Späne aus dem Arbeitsraum beim Fräsen / Posibilități de evacuare a așchiilor la frezare [FRA 08]

5.6.3 Temperaturkontrolle

Wenn die Wärmeübertragung nicht vermieden werden kann, ist es wichtig, die Menge von der während des Bearbeitungsprozesses erzeugten Wärme zu kennen. Bedeutende thermische Ausdehnungen Werkstückes und des der Werkzeuge ermittelt werden, z.B. müssen integrierte Laser messende Systeme. und Ausgleiche führten sofort durch das numerisches Steuersystem ein. Diese Ausgabe verbundenen Systemveränderungen stehen nicht nur mit der Trockenenbearbeitung in Verbindung. Sie treffen gleichmäßig gut auf praktisch alle Bearbeitungs-systeme zu.

5.6.3 Controlul temperaturii

Când transmiterea căldurii nu poate fi evitată, este importantă cunoașterea cantității de căldură rezultate în timpul procesului de prelucrare.

semnificative Deformațiile termice ale semifabricatului și sculei trebuie să fie studiate, de exemplu cu ajutorul unor sisteme integrate cu laser, și realizate o serie de comparații prin de comandă maşinii-unelte. sistemul al Această sarcină şi modificările corespunzătoare asociate sistemului sunt necesare nu numai în cazul așchierii uscate. Ele sunt prezente practic în egală măsură în toate sistemele de fabricație.

Schlussfolgerungen

- Die Verkleinerung der Kühlschmierstoffe in den modernen Zerspantechnologien von Trockenbearbeitung und von MKST hat zu bedeutende Förderungen in Bearbeitungstechnologie geführt.
- Heute, viele Bearbeitungsprozesse und Werkstückmaterialien werden produziert, indem man moderne Schnittwerkzeuge und Beschichtungen anwendet. angepasste Werkzeuge und Fertigungsstrategien, sowie optimierte Werkzeugmaschinen entwerfen.
- Diese leistungsstarken Systemsbestandteile stellen die ökonomischen und in hohem Grad produktiven Prozesse sicher, verringern etwas die Produktionszeit von Prozess mit der konventionellen Vollstrahlkühlung und verbessern erheblich die Werkstückqualität.
- Das Trockenbearbeitung, hauptsächlich angewendet in der Großserie und Großindustrien, wie Automobilherstellung, erfordern noch spezielle Lösungen.

Concluzii

- Diminuarea cantității de lichide de așchiere în cadrul tehnologiilor de așchiere prin implementarea tehnicilor de prelucrare uscată și de așchiere cu cantitate minimală de lichid de așchiere a condus la progrese seminficative în domeniul tehnologiilor de fabricație.
- În prezent sunt dezvoltate multe procese de prelucrare şi materiale, în cazul cărora se concep scule moderne cu acoperiri metalice, scule adecvate şi strategii de fabricație.
- Aceste componente ale sistemului tehnologic asigura economicitatea şi productivitatea procesului, reduc într-o oarecare măsura timpii de prelucrare comparativ cu metoda conventională ungere și răcire și îmbunătățesc considerabil calitatea pieselor prelucrate.
- Implementarea așchierii uscate, în special în cadrul producţiilor/industriilor de serie şi masă, cum este de exemplu industria automobilelor, necesită încă alte soluţii speciale.

Referenzen / Bibliografie

- [ABE 93] Abel, R. Kostensenkung und Leistungsteigerung mit neuen Schneidstoffen. Dima 47 (1993) 8/9, p. 52-55.
- [ADA 97] Adams, F.-J.; Schulte, K. Bohren von Stahl mit unterschiedlichen Kühlschmierstoff-Konzepten. In: Weinert, K. (Hrsg).: Spannende Fertigung. 2. Ausg. Essen: Vulkan-Verlag 1997, p.98-109.
- [AUT 98] Autorenkollektiv: Trockenbearbeitung prismatischer Teile, VDI Berichte 1375, VDI Verlag Düsseldorf 1998, p.4-12.
- [BIR 96] Birkhofer, H., Schot, H. Entwicklung umweltgerechter Produkte eine Herausforderung für die Konstruktionwissenschaft. În Konstruktion 48, nr. 12/1996, p. 386-396.
- [BRI 96] Brinksmeier, E., Walter, A., Einsatzbeispiele für Minimalmengenschmierung und Trockenbearbeitung, Tribologie und Schmierungstechnik. Bericht Nr. 13/14 1996.
- [CAD 97] Caduff, G., Züst, R. Steigerung der Öko-Performance in der Produktentwicklung. În Konstruktion, nr. 49, 1997, p. 40-44.
- [CAR 18] Carean A. Tehnologii de prelucrare prin aschiere. Suport de curs 2018.
- [CSE 97] Cselle, T., Eichler, R., Zielasko, W., Thamke, D. Reduzierung des Kühlschmierstoffeinsätzes beim Tiefbohren mit Einlippenbohrern. In: Weinert, K. (Hrsg).: Spanende Fertigung. 2. Ausg. Essen: Vulkan-Verlag 1997, p. 141-154.
- [DEA 92] Deacu, L., Kerekes, L., Julean, D., Carean, M., Bazele aschierii şi generarii suprafetelor. Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca, Facultatea Constructii de Masini, 1992.
- [DIN 02] Diniz, E.,A., Micaroni, R., Cutting conditions for finish turning process aiming: the use of dry cutting. In International Journal of Machine Tools & Manufacture 42 (2002) p.899-904.
- [DOE 97] Doerfel, O.: Applikationstechnologie Minimalmengenschmierung. Vortrag und interner Bericht beim Abschluß-Meeting zum BMBF-Projekt "Trockenzerspanung von Alu-Knetlegierungen Teilprojekte Fräsen, Bohren und Reiben", Daimler-Benz Forschungszentrum Ulm, 16.-17. Juni 1997, p.144-153.
- [DOR 99] Doerr, J., Sahm, A., Erfahrungen mit Minimalmengen-Schmierung. In Werkstatt und Betrieb. 132 (1999). p. 38-49.
- [EIS 97] Eisenblätter, G., Thamke, D. Gerätetechnik zur Minimalmengenkühlschmierrung. Vortrag und interner Bericht zur Abschlußpräsentation des BMBF-Vorhabens "Trockenbearbeitung prismatischer Teile Teilprojekt Trockentiefbohren", Stuttgart, 4-5. November 1997.
- [FRA 08] Fratila D. Umweltfreundliche Zerspanung. UTPRESS, 2008
- [FRE 98] Freiler, C. Ökologische und Ökonomische Aspekte beim Einsatz von Esterölen. In: Bartz, W.J. (Hrsg).: " 11 International Colloquim Industrial and Automotive Lubrication ", 13.-15. Januar 1998, Ostfildern: Technische Akademie Esslingen, 1998 Band II, p.1137-1152.
- [GYE 91] Gyenge Cs., Ros O., Popa M. Tehnologia fabricării maşinilor. UTC-N, 1991
- [GYE 04] Gyenge Cs., Fratila D. Ingineria Fabricatiei, Editura Alma Mater, 2004.

- [HEI 93] Heisel, U.; Lutz, M. Probleme der umwelt- und humanverträglichen Fertigung am Beispiel der Kühlschmierstoffe. Dima 47 (1993) 10, p.35-40.
- [KOE 07] Koether R., Rau W. Fertigungstechnik für Wirtschaftingenieure. Taschenbuch: 457 Seiten, Verlag: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG; Auflage: 3., aktualisierte (6. Dezember 2007), ISBN-10: 3446412743, ISBN-13: 978-3446412743.
- [MUL 98] Mueller, J., Arbeits- und umweltvertraeglich wassermischbare Kuehlschmierstoffe –ein Beitrag zur Oekologie und Oekonomie. In 11th International Colloquium Industrial and Automotive Lubrication. 13-15 Januar 1998. Band II, p. 1121-1135.
- [PER 00] Perovic B. Spanende und Abtragende Fertigungsverfahren. Verlag: expert; Auflage: 1 (1. Januar 2000). 291 Seiten. ISBN-10: 3816919111, ISBN-13: 978-3816919117.
- [RIN 96] Rinker, U.; Christoffel, K.: Trockenbearbeitung entlastet die Umwelt. Werkstatt und Betrieb 129 (1996) 6, p. 574-576.
- [ROS 00] Ros, O., Frăţilă, D. Proiectare pentru mediu, Casa Cărţii de Ştiinţă, Cluj 2000, ISBN 973-686-113-9.
- [SCH 18] Schoenherr H. Spanende Fertigung. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 19 mar. 2018 510 seiten.
- [SCH 00] Schmidt, J., Dyck, M. Einstieg in die Trockenbearbeitung. In Werkstatt und Betrieb. 2 (2000). p. 68-70.
- [TOE 11] Toenshoff H., Denkena B.- Spanen. Springer-Verlag, 12 Aug. 2011, 426 Seiten.
- [WAL 95] Walter, A. Minimalschmiertechnik und Trockenbearbeitung Moegliche Einsatzgebiete. DIF Seminar, 9-10 Oktober 1995, Bremen, 1995.
- [WEI 95] Weinert, K., Adams, F.-J., Thamke, D. Was kostet Kühlschmierung? Erfassung der Kosten für den Kühlschmierstoffeinsatz in der Großserienfertigung. Technica 44 (1995) 7, p.19-23.
- [WEI 97] Weinert, K., Schulte, K., Thamke, D., Grenzen der Trockenbearbeitung In Maschinen Anlagen Verfahren.1995, p. 108-109.
- [WEI 99] Weinert,K. Trockenbearbeitung und Minimalmengeuhlschmierung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1999, p.230.
- [WES 01] Wessel, G. Technologiesprung von der Minimalmengenschmierung zur Trockenbearbeitung beim spanabhebenden Trennen. In Fertigungstechnisches Seminar WS 2000/2001, p.1-19.
- [WES 10] Westkaemper E., Warnecke H.J. Einfuehrung in der Fertigungstechnik. Fertigungstechnik und Produktionslehre: Grundlagen und Dokumentation des aktuellen Wissensstandes aus erster Hand. Springer 2010.
- [WIT 96] Witt G. Taschenbuch der Fertigungstechnik. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG Verlag: (6. Oktober 2005), 448 Seiten, ISBN-10 3446225404, ISBN-13: 978-3446225404.
- [*** 96] Projektbericht- Einsatz der Minimalmengeschmierung in der Zerspanung. Institut für Fertigungstechnik der Universität Magdeburg, Hannover 1996.
- Web Sites http://www.accu-lube.com/html/hauptteil_firma.html

http://www.menzel-metallchemie.de/startd.htm

http://www.uni-magdeburg.de/ifq/forschung/vortrag97.htm

www.ifu.com

http://www.iwt-bremen.de/ft/service/vortraege-1996.html

http://www.sandwik.de