

Leseprobe



Christiani

Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung

CNC-CAM-Techniken

Die Vernetzung von Fertigungs- und CNC-
Techniken in der betrieblichen Praxis



Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG
www.christiani.de

Vorwort - I

Liebe Leserin, lieber Leser

Eine der Kernaufgaben eines jeden CNC-CAM-Praktikers sind fundierte Kenntnisse des Zerspanungsprozesses und dessen Optimierung unter Berücksichtigung von Standzeit, Schneidstoff, Schnittkraft, Kosten und Produktivität. Die erfolgreiche Evaluation von Werkzeugmaschinen erfordert vertiefte Kenntnisse bezüglich dem Aufbau und der Funktionsweise von CNC-Maschinen. Diese wirtschaftliche Betrachtung aller Einflussfaktoren auf den Produktionsprozess ist in der heutigen computerintegrierten Fertigung massgebend um die Produktionskapazität zu erhöhen und dabei die Kosten zu senken. Nur durch eine sehr enge und intensive Zusammenarbeit zwischen den Werkzeugherstellern, der Werkzeugmaschinenindustrie und den Anwendern gelingt es, Fortschritte in der Fertigungstechnologie umzusetzen, den technologischen Standard auszubauen und den wirtschaftlichen Erfolg auf Dauer sichern zu können.

Das Lehrmittel CNC-CAM-Techniken befasst sich mit den oben erwähnten Vernetzungen der Fertigungs- sowie der CNC-CAM-Technik. Ich möchte allen Firmen, die mich mit Bildern und Textmaterial unterstützt haben, herzlich danken. Nur durch die enge Zusammenarbeit aller Beteiligten war es möglich eine zweite, neu überarbeitete Ausgabe des Lehrmittels „CNC-CAM-Techniken“, zu realisieren. Alle Firmen sowie Internetadressen finden Sie im Quellenverzeichnis. Auf den Internetseiten der entsprechenden Firmen werden Sie zusätzliches Hintergrundwissen und Kontaktdaten finden.

Belp, im Frühling 2016
2. Auflage 2016

Patrick Schneidegger

Vorwort - II

Starke Kaderausbildung mit Zukunft!

Mit der ersten Überarbeitung vom Fach- und Lehrbuch CNC-CAM-Techniken wurden wichtige und der heutigen Zeit entsprechenden Inhaltspunkte angepasst oder ergänzt. Das vorliegende Buch ist somit wieder auf dem neusten Stand.

Uns als Träger vom Bildungsgang ist es außerordentlich wichtig, dass wir Ihnen als angehende Kaderleute die bestmögliche Basis für Ihre zukünftige Karriere mit auf den Weg geben. Das maßgeschneiderte Fachstudium zum Produktionsfachmann oder Produktionstechniker HF gibt Ihnen hierzu die optimale Basis. Es ist eine breit abgestützte Kader-Ausbildung, mit welcher Sie in der Industrie sehr gefragt sein werden. Das Modul CNC-CAM-Techniken ist in diesem berufsbegleitenden Studium ein zentraler Baustein, welcher einzigartig in der Schweizer Bildungslandschaft ist. Das Arbeiten mit diesem Buch wird Ihnen Freude machen.

Wir von der Swissmechanic Weiterbildung / VMTW wünschen Ihnen viel Erfolg in Ihrer Weiterbildung und somit Ihrem nächsten Karriereschritt.

Martin Werner, Leiter Swissmechanic Weiterbildung

SM SWISSMECHANIC www.produktionstechniker.ch

Bildungsgang Produktionstechnik mit Abschluss:

Produktionsfachmann/frau mit eidg. Fachausweis

und / oder

Dipl. Techniker/in HF Maschinenbau mit Vertiefungsrichtung Produktionstechnik

Ausbildungsorte: Freiburg, Bern, Lenzburg, Luzern, Bülach, Frauenfeld

Starke Kaderausbildung mit Zukunft!

Inhaltsverzeichnis

Fertigungstechnik 1



1. Zerspanungsprozess

1.1 Einleitung / Grundlagen des Zerspanungsprozesses.....	3
1.1.1 Die Grundform aller Werkzeugschneiden ist der Keil.....	4
1.1.2 Keilwinkel / Schnittkraft / Trennkraft.....	6
1.1.3 Die Winkel an der Werkzeugschneide.....	8
1.2 Wipertechnologie.....	13
1.3 Der Scherwinkel.....	16
1.4 Faktoren der Vibrationsneigung.....	18
1.5 Die Spanbildung.....	19
1.5.1 Die Spanformen.....	20
1.5.2 Die Spanbrucharten.....	21
1.5.3 Die Spanraumzahl R.....	22
1.6 Einleitung – Rauheitsmessung an Oberflächen.....	24
1.6.1 Gestaltsabweichungen.....	25
1.6.2 Istprofil – Welligkeitsprofil – Rauheitsprofil.....	27
1.6.3 Rauheitsmessgrößen.....	28
1.6.4 Materialprofilfraganteil.....	29
1.6.5 Oberflächengüte und Oberflächenprüfverfahren.....	31
1.6.6 Messinterpretation von Rauheitskenngrößen.....	34

2. Werkzeugverschleiß

2.1 Werkzeugverschleiß - Einleitung und Definition.....	35
2.2 Belastungsfaktoren.....	36
2.3 Verschleißmechanismen.....	36
2.4 Die Klassifizierung der Verschleißformen.....	40
2.5 Zerspanung und Energieumwandlung.....	49
2.6 Standgröße und Standzeit.....	50
2.6.1 Verschleißmarkenbreite VB.....	51
2.7 Bearbeitungswirtschaftlichkeit.....	52
2.7.1 Aspekte der Bearbeitungswirtschaftlichkeit und deren Auswirkungen.....	53
2.7.2 Wirtschaftliche Standzeit / Kosten / Produktivität.....	55
2.8 Aufbereitung von Zerspanungswerzeugen.....	57
2.8.1 Typische Verschleißentwicklung am Werkzeug.....	58
2.8.2 Nachschärfstrategien.....	59
2.8.3 Berechnungsbeispiel - RE Tool.....	61
2.8.4 Nachschleifangaben.....	62

3. Schneidstoffe

3.1 Einleitung Schneidstoffe.....	63
3.2 Die drei Haupteigenschaften der Schneidstoffe.....	65
3.3 Hochleistungsschnellarbeitsstähle HSS und PM-Stähle.....	66
3.4 Hartmetalle.....	68
3.4.1 Cermets.....	72
3.4.2 Die Herstellung von Hartmetall.....	74
3.4.3 Beschichtungsverfahren CVD und PVD.....	80

Inhaltsverzeichnis

3.4.4 Moderne Beschichtungsarten.....	86
3.4.5 Die Klassifizierung der Hartmetalle.....	89
3.5 Keramik.....	91
3.5.1 Arbeitsbedingungen mit Schneidkeramik.....	95
3.6 Kubisches Bornitrid / CBN.....	97
3.6.1 Herstellung einer CBN-Wendeschneidplatte.....	98
3.6.2 Einsatz von Pulvermetallstählen.....	101
3.7 Hartdrehen mit Keramik und CBN.....	102
3.7.1 Drehen im Vergleich zum Schleifen.....	103
3.8 Naturdiamant - polykristalliner Diamant.....	105
3.9 Schneidstoffe im Vergleich.....	107
3.9.1 Code Schlüssel Wendeschneidplatten und deren Halter.....	108
4. Kühlsmierstoffe	
4.1 Aufgaben und Einteilung der Kühlsmierstoffe.....	117
4.1.1 Hauptgruppen.....	119
4.1.2 Mineralöle.....	120
4.1.3 Pflanzenöle / Esteröle.....	120
4.1.4 Synthetische Flüssigkeiten.....	120
4.2 Die Klassierung der Kühlsmierstoffe.....	121
4.2.1 Schneidöle.....	121
4.2.2 Wassermischbare Kühlsmierstoffe.....	123
4.3 Die Zusammensetzung der Kühlsmierstoffe.....	125
4.3.1 Primärstoffe.....	125
4.3.2 Sekundärstoffe.....	127
4.3.3 Der Einfluss der Wasserqualität auf den Kühlsmierstoff.....	129
4.4 Die verschiedenen Kühlsmierstoff-Systeme.....	131
4.4.1 Befüllung und Kontrolle von Kühlsmierstoffen.....	132
4.4.2 Vor der Befüllung.....	132
4.4.3 Befüllung.....	133
4.5 Handhabung - Überwachung der Sollwerte von Kühlsmiermittel-Kreisläufen.....	134
4.5.1 Der Gesamthärtetest.....	134
4.5.2 Das Handrefraktometer zur Messung der Emulsionskonzentration.....	135
4.5.3 pH-Messung.....	136
4.5.4 Fremdölentfernung.....	137
4.6 Sicherheit für Mensch und Umwelt.....	138
4.7 Entsorgung von Kühlsmierstoffen.....	141
4.7.1 Kühlsmierstoffpflege.....	141
4.7.2 Entsorgungsmöglichkeiten.....	141
4.8 Trends und Herausforderungen in der Metallbearbeitung.....	142
4.8.1 Minimalmengenschmierung.....	143
5. Schnittkraftberechnung	
5.1 Einleitung - Schnittkraftberechnungen.....	145
5.2 Berechnung des Spanungsquerschnittes.....	147
5.2.1 Berechnungsbeispiele 1 und 2.....	148
5.3 Die Schnittkräfte $F_c / F_a / F_p / F_s$	149
5.4 Berechnung der Antriebsleistung P_e	149
5.5 Spezifische Schnittkraft k_c	150
5.5.1 Berechnungsbeispiele 3, 4 und 5.....	151
5.6 Hauptwert k_c 1.1.....	152
5.6.1 Berechnungsbeispiele 6, 7 und 8.....	153

Inhaltsverzeichnis

CNC Umfeld

157



6. NC – CNC – DNC - ISO

6.1 Einleitung.....	159
6.2 Steuerungstypen NC, CNC, und DNC.....	160
6.3 Vor- und Nachteile der CNC-Fertigung.....	161
6.4 Aufbau und Funktionsweise von CNC-Steuerungen.....	162
6.4.1 Programmiermethoden.....	162
6.5 Steuerungsarten.....	164
6.6 Koordinaten und Achsen.....	165
6.6.1 Bezugspunkte.....	167
6.6.2 Werkzeugradiuskorrektur.....	169
6.7 Vermaßungsarten.....	170
6.8 Programmaufbau und ISO-Programmierung.....	171
6.8.1 G- und M-Befehle.....	173
6.8.2 Positionieren im Eilgang.....	174
6.8.3 Interpolationsarten.....	175
6.8.4 Bearbeitungszyklen.....	178
6.8.5 Programmierbeispiele und Übungen.....	182

7. CAD-CAM-Systeme

7.1 Rechnerunterstütztes Konstruieren und Fertigen mit CAD und CAM.....	187
7.1.1 Einleitung.....	187
7.1.2 CAx-Systeme.....	188
7.2 Was bedeutet Assoziativität und Parametrisierung.....	190
7.3 Klassifizierung von Modellierungsmethoden.....	191
7.4 Erfolgreiche CAD/CAM-Kopplung.....	193
7.5 Fazit.....	194
7.6 PLM - Product Lifecycle Management.....	195
7.6.1 Das Produkt- und Lösungspotential von Siemens PLM.....	196

8. Maschinengestelle

8.1 Einleitung.....	201
8.1.1 Schwingungsarten.....	202
8.2 Grauguss.....	203
8.2.1 Gusseisen mit Vermiculargraphit (Meehanite Guss).....	203
8.2.2 Schweißkonstruktion.....	204
8.2.3 Naturstein Granit.....	204
8.3 Mineralguss - ein Konstruktionswerkstoff mit Zukunft.....	205
8.3.1 Die Herstellung und Eigenschaften von Mineralguss.....	206
8.3.2 Nachbearbeitung von Mineralgussgestellen.....	208

Inhaltsverzeichnis

9. Führungen	
9.1 Einleitung.....	211
9.2 Einteilung der Führungen.....	211
9.2.1 Einteilung nach der Art der Bewegung.....	211
9.2.2 Einteilung nach der Art der Kontaktstelle.....	212
9.2.3 Einteilung nach dem Prinzip des Wälzkörperumlaufs.....	213
9.3 Der Wälzkontakt von Kugel und Rollen.....	214
9.4 Einsatzbedingungen – Umgebung, Betrieb und Einbau.....	215
9.5 Die Reibung in der Lineartechnik.....	216
9.5.1 Reibungszustände und Aufgaben der Schmierung.....	217
9.5.2 Schmierstoffe für Führungen.....	218
9.6 Gleitführungen.....	220
9.6.1 Die hydrodynamische Schmierung.....	220
9.6.2 Die hydrostatische Schmierung.....	221
9.6.3 Die aerostatische Schmierung.....	221
9.7 Kugel-, Rollen- und Laufrollenführungen.....	222
9.7.1 Aufbau einer Profilschienenführung.....	222
9.7.2 Rollenschieneführung.....	226
9.7.3 Laufrollenführung.....	227
9.8 Abdichtung von Führungseinheiten.....	228
9.9 Anwendungsbeispiele von Führungen an Werkzeugmaschinen.....	231
10. Elektrische Antriebe	
10.1 Einleitung.....	233
10.2 Regelung von Vorschubantrieben.....	234
10.3 Arten von Vorschubantrieben.....	235
10.4 Der Kugelgewindetrieb.....	236
10.4.1 Aufbau eines Kugelgewindetriebes.....	237
10.4.2 Die Kugelrückführung.....	239
10.4.3 Die Vorspannung von Kugelgewindetrieben.....	241
10.4.4 Kugelgewindetrieb mit Caged-Ball-Technologie.....	243
10.4.5 Schmierung von Kugelgewindetrieben.....	243
10.5 Lineare Direktantriebe.....	244
10.5.1 Beschleunigungsverhalten von Linearmotor und Kugelgewindetrieb.....	245
10.6 Maschinendynamik.....	246
10.6.1 Nominalgeometrie.....	248
10.6.2 Softwareseitige Verbesserungen.....	249
10.7 Spindelantriebe - Einleitung.....	250
10.7.1 Übersicht der Hauptantriebe.....	251
10.7.2 Hauptelemente einer Motorspindel.....	252
10.7.3 Die Schmierung der Wälzlager.....	253
10.7.4 Arten von Motorspindeln.....	254
10.7.5 Interpretation von Motorenkennlinien.....	257
10.8 Spindelüberwachungssysteme.....	258
10.8.1 Längenmesssensor.....	258
10.8.2 3D-Vibrationssensor.....	259
10.8.3 Spindeldiagnostik und Betriebsdatenüberwachung.....	260
10.8.4 MSP Spindelkollisionsschutzsystem.....	261
10.9 Wellenkühlung COOL-CORE.....	262

Inhaltsverzeichnis

11. Positionsmessgeräte	
11.1 Einleitung in die Positionsmessung.....	263
11.2 Aufbau von Vorschubsystemen.....	264
11.3 Wegmessung über Gewindespindel und Drehgeber.....	265
11.3.1 Fehlerkompensation.....	266
11.3.2 Thermische Stabilität.....	266
11.3.3 Die Lagerung des Kugelgewindetriebes.....	267
11.3.4 Fazit.....	269
11.4 Wegmessung über Längenmessgeräte.....	269
11.4.1 Aufbau und Kapselung.....	270
11.4.2 Funktionsweise.....	270
11.5 Positionserfassung an Rundachsen.....	271
11.6 Nachweis der Antriebsgenauigkeit.....	272
11.7 Messprinzipien.....	274
11.7.1 Abtastprinzip.....	274
11.7.2 Inkrementale Messgeräte.....	275
11.7.3 Absolute Messgeräte.....	276
11.8 Das integrierte Wegmesssystem.....	277
11.8.1 Funktionsbeschreibung der Bauteile.....	278
11.8.2 Zusammenfassung.....	279
11.9 Maschinengenauigkeit.....	280
11.9.1 Kreisformtest und Test von Linear- und Rundachsen.....	281
11.9.2 Lasermessungen und Optimierungen an Werkzeugmaschinen.....	284
11.9.3 Prüfrichtlinien und Werkstücke für hochdynamische Bearbeitungen.....	285
11.9.4 Fazit der Prüfwerkstücke.....	286
12. Werkzeugwechselsysteme	
12.1 Die Werkzeugwechseleinrichtung und ihre Magazinarten.....	287
12.2 Der Werkzeugwechselvorgang.....	289
12.3 Die Platzcodierung.....	290
12.3.1 Die variable Platzcodierung.....	290
12.3.2 Die Richtungslogik.....	290
13. Werkzeugaufnahmen und deren Schnittstellen	
13.1 Einleitung.....	291
13.2 SK und HSK.....	293
13.2.1 Steilkegelaufnahmen SK.....	293
13.2.2 Hohlschaftkegelaufnahmen HSK.....	296
13.2.3 Vergleich der Spindelschnittstellen SK und HSK.....	299
13.3 Werkzeugaufnahmen.....	300
13.3.1 Flächenspannfutter.....	300
13.3.2 ER-Spannzangen.....	300
13.3.3 Hydro-Dehnspanntechnik.....	303
13.3.4 Polygonspanntechnik.....	306
13.3.5 Schrumpffutter.....	309
13.3.6 Das powRgrip System von Rego-Fix.....	315
13.3.7 Hochgenauigkeitsspannfutter.....	317
13.4 Einsatzgrenzen der Spannfutter.....	318
13.5 Wuchtgüte und Restunwucht.....	319
13.5.1 Bedeutung der Wuchtgüte.....	321
13.5.2 Wuchtempfehlungen.....	323
13.6 Schnittstellen für das Dreh-Fräsen.....	324
13.6.1 Die HSK-Schnittstellen A und T.....	324
13.6.2 Coromat Capto - modulares Werkzeugspannsystem.....	324

Inhaltsverzeichnis

14. Werkzeugvoreinstellung und Werkzeugmessung	
14.1 Einleitung.....	329
14.2 Die externe Werkzeugvermessung via Einstellgerät.....	330
14.2.1 Datenausgabe.....	331
14.2.2 Werkzeuginspektion / -kontrolle.....	332
14.3 Die interne Werkzeugvermessung.....	333
14.3.1 Das Lasersystem.....	334
14.3.2 Das Tastsystem.....	338
14.3.3 Berührungsloses Messen mit dem TRS2.....	341
14.3.4 Messarme in Drehmaschinen.....	342
14.4 Elektronische Werkzeugüberwachungssysteme.....	343
14.5 Werkstückmessung.....	345
14.6 Fazit.....	346
15. Fertigungskonzepte	
15.1 Einleitung.....	347
15.2 Drehmaschinen.....	348
15.2.1 Drehmaschinen mit zwei oder mehreren Supporten.....	349
15.2.2 Drehmaschinen - Lademagazine.....	351
15.3 Fräsmaschinen.....	353
15.3.1 Fünfachsige Fräsmaschinen.....	354
15.4 Multi Task Maschinen.....	355
15.4.1 Bearbeitungsvarianten.....	357
15.5 Abgrenzung zwischen HPC und HSC.....	361
15.5.1 Hochgeschwindigkeits-Fräsmaschinen.....	362
15.5.2 Definitionsarten.....	365
15.5.3 Werkstattumgebung.....	366
16. CNC-Maschinen und deren Automatisierungsmöglichkeiten	
16.1 Einleitung – Automation.....	369
16.2 Einsatzkriterien für die verschiedenen Automatisierungsmöglichkeiten.....	370
16.3 Das Bearbeitungszentrum.....	371
16.4 Flexible Fertigungszellen.....	374
16.5 Flexible Fertigungszelle – kombinierte Anlage.....	376
16.6 Einleitung flexible Fertigungssysteme.....	377
16.6.1 Ausbaustufen eines komplexen flexiblen Ferigungssystems.....	378
16.6.2 Prozessorientiertes flexibles Fertigungssystem – Fastems.....	379
16.7 Technische Merkmale flexibler Fertigungssysteme.....	382
16.7.1 Anwendervorteile von flexiblen Fertigungssystemen.....	382
17. Spannmittel	
17.1 Spannmittel Drehen.....	383
17.1.1 Handspannfutter / Drehfutter mit Spiralring.....	383
17.1.2 Handspannfutter / Keilstangenfutter.....	384
17.1.3 Spannkombinationen / Spannzylinder - Keilstangenfutter.....	384
17.1.4 Highspeed Spannmittelwechsel.....	385
17.1.5 Spannzangen / W – F.....	386
17.1.6 Hainbuch TOPlus-Futter.....	387
17.2 Maschinenschraubstöcke.....	390
17.3 Nullpunktspannsysteme.....	391
17.3.1 Funktionsweise.....	392
17.3.2 Voraussetzungen für einen reibunglosen Betrieb.....	394
17.3.3 Betriebswirtschaftliche Aspekte von Nullpunktspannsystemen.....	395
17.4 Magnetspanntechnik.....	397

Inhaltsverzeichnis

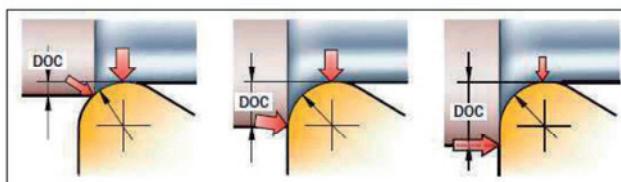
18. Wartung und Sicherheit	
18.1 Einleitung.....	403
18.2 Instandhaltung.....	404
18.2.1 Die Wartung an Werkzeugmaschinen.....	405
18.2.2 Die Inspektion.....	406
18.2.3 Die Instandsetzung.....	407
18.3 Schutzvorrichtungen an Bearbeitungsmaschinen.....	408
18.3.1 Mechanische und elektrische Schutzvorrichtungen.....	409
18.4 Schutzbestimmungen für den Bediener.....	411
18.4.1 Manipulieren von Schutzeinrichtungen, riskant und gefährlich.....	411
18.4.2 Wie nehmen Sie als Arbeitgeber Ihre Verantwortung wahr?.....	412
18.4.3 Kennen Sie das Gesetz?.....	412
18.5 Rauch- und Nebelabscheidung an Werkzeugmaschinen.....	414
18.5.1 Gründe für die Absaugung von Nebel und Rauch.....	414
18.5.2 Dampf- und Aerosolbildung an Werkzeugmaschinen.....	415
18.5.3 Partikelverteilung nach Größe und Prozent.....	416
18.5.4 Der MAK-Wert.....	417
18.5.5 Abscheider-Systeme.....	418
18.6 Brandgefahr und deren Entstehung.....	422
18.7 Lärm am Arbeitsplatz, Hautschutz.....	424
18.8 Notfälle, Erste Hilfe.....	425
19. Evaluationen	
19.1 Einleitung - Vorgehen.....	427
19.2 Der Beschaffungsprozess.....	427
19.2.1 Fertigungsaufgabe beschreiben.....	429
19.2.2 Fertigungsverfahren bestimmen.....	429
19.2.3 Anforderungen an die Werkzeugmaschine festlegen.....	430
19.2.4 Lösungssuche - Varianten vergleichen.....	432
19.2.5 Lösungsfindung mittels Nutzwertanalyse.....	433
19.3 Fazit & Tipps.....	436
19.4 Die echten Maschinenkosten durchleuchten.....	438
19.5 Betriebswirtschaftliche Berechnungen der Investition.....	440
19.5.1 Maschinenstundensatzberechnung – Arbeitsplatzkostenberechnung.....	440
19.5.2 Break-even-Point-Berechnung.....	443
19.5.3 Amortisationsvergleichsrechnung.....	444
19.5.4 Renditeberechnung.....	444
19.6 Der Beschaffungsentscheid.....	445
20. Lösungen der Berechnungen	
20.1 Kapitel 1 – Zerspanungsprozess.....	447
20.2 Kapitel 5 – Schnittkraftberechnung.....	449
20.3 Kapitel 6 – NC- CNC – DNC – ISO.....	452
Sachwortverzeichnis.....	455
Literaturverzeichnis / Quellenangaben.....	459

CNC-CAM-Techniken / 1. Zerspanungsprozess

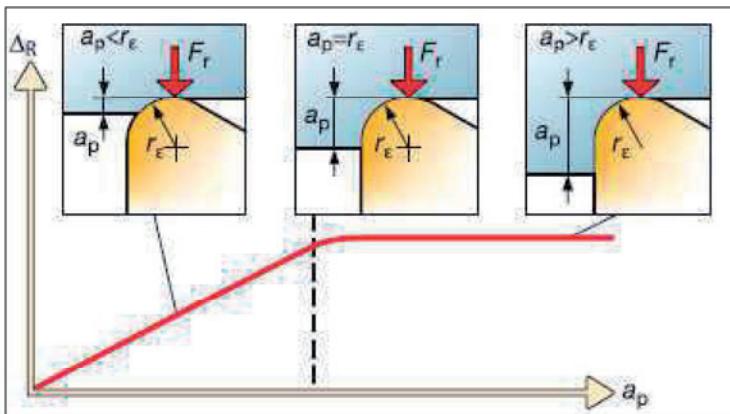
Der Eckenradius r

Der Eckenradius einer Wendeplatte hat Einfluss auf ihre Stabilität und die Oberflächengüte der Bearbeitung. Zudem ändert sich, je nach Größe des Eckenradius, auch die Form und Ablaufrichtung der Späne. Dieser Radius ist ein sehr wichtiger Teil der Schneidengeometrie. So wie der Einstellwinkel die Spanablauf-Richtung beeinflusst, wirkt auch der Eckenradius in Verbindung mit der Schnitttiefe. Der Eckenradius spielt vor allem bei kleinen Schnitttiefen eine entscheidende Rolle, bei größeren Schnitttiefen hat er auf die Spanlenkung eine untergeordnete Funktion. Ein zu großer Eckenradius kann zu Schwingungsneigung führen und die Spanbruchegenschaften bei Schlichtbearbeitungen reduzieren. Daher werden bei Schlichtoperationen oft ein kleiner Radius und ein kleiner Vorschub gewählt. Durch den Einsatz von größeren Eckenradien erreicht man bei gleichem Vorschub höhere Oberflächengüten, jedoch steigt auch die Abdrängkraft für das Werkzeug durch die höhere Passivkraft. Die Größe des Eckenradius und der Vorschub bestimmen die theoretische Rauhtiefe R_{th} am Werkstück.

Bei einem kleinen Eckenradius können die radialen Schnittkräfte minimiert werden, während ein größerer Eckenradius in einer stabileren Schneidkante, besseren Oberflächengüte und einem gleichmäßigerem Druck auf die Schneidkante resultiert. Das Verhältnis zwischen Eckenradius und Schnitttiefe beeinflusst die Vibrationsneigung. Oftmals ist es von Vorteil, einen Eckenradius zu wählen, der kleiner als die Schnitttiefe ist.



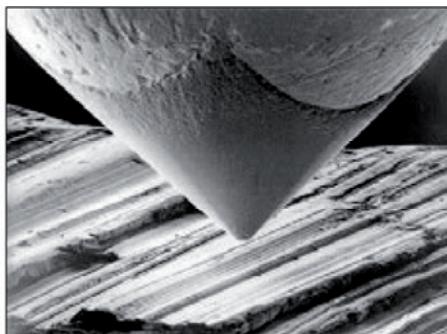
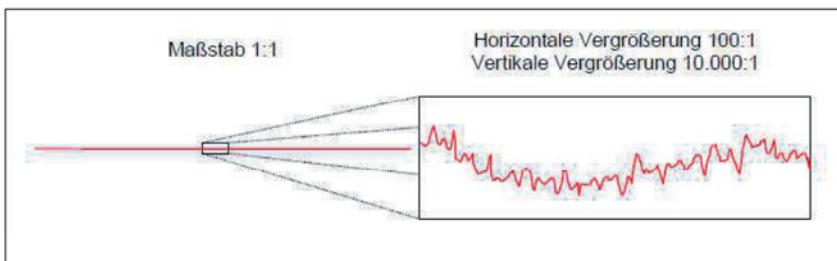
Die auf das Werkstück ausgeübte radiale Kraft (Passivkraft) wächst linear, bis der Eckenradius der Wendeplatte geringer als die Schnitttiefe ist und sich die Kraft auf einem Maximalwert stabilisiert. Bei einer runden Wendeschneidplatte stabilisiert sich der radiale Druck nie, da der theoretische Eckenradius dem halben Plattendurchmesser entspricht.



Bilder: Sandvik Coromant

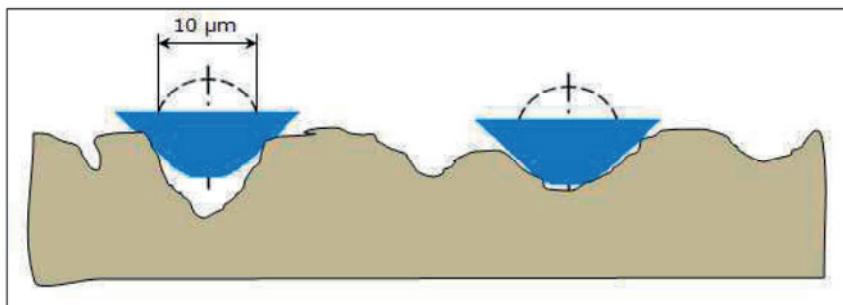
CNC-CAM-Techniken / 1. Zerspanungsprozess

Das flächenhafte Erfassen der Gestaltabweichungen ist messtechnisch problematisch, deshalb wird das Messen am Profilschnitt mit elektrischen Tastschnittgeräten angewendet. Die Istoberfläche wird mit einer zu ihr senkrechten Ebene geschnitten und die entstandene Schnittlinie als Istprofil aufgezeichnet. Sehr starke vertikale Vergrößerung täuscht steilere Flanken vor als wirklich vorhanden. Durch den Einsatz von Filtern, so genannte Cut-off-Filter, kann das Welligkeitsprofil und das Rauheitsprofil vom Istprofil separiert werden.



Diamantkegel einer Tastnadel
Bilder: Mahr Messtechnik

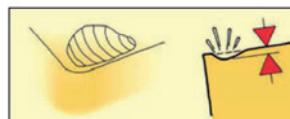
Geometrische Grenzen einer Rauheiterfassung



CNC-CAM-Techniken / 2. Werkzeugverschleiß

Kolkverschleiß

Der Kolkverschleiß auf der Spanfläche lässt sich auf Diffusionsverschleißmechanismen und Abrasion zurückführen. Der Kolk wird zum Teil durch Abtragung von Schneidstoff durch einen Schleifvorgang der im Werkstückstoff enthaltenen Hartpartikel und hauptsächlich durch Diffusion an der heißesten Stelle der Schneide – dem Kontakt zwischen Span und Schneidstoff – verursacht. Härte, Warmhärte und eine geringe Affinität zwischen den Werkstoffen verringert die Tendenz zu Kolkverschleiß. Aussergewöhnlich großer Kolkverschleiß verändert die Geometrie der Schneide, kann die Spanbildung stören, die Schnittkraftrichtungen verändern und die Schneide schwächen.



Verschleißmechanismen:

- Diffusion
- Abrasion

Kolkverschleiß bewirkt:

- Schwächung der Schneidkante
- Größere Spanverformungen
- Größere Schnittkräfte
- Gefahr des Schneidenbruchs

Ursachen:

- Zu hohe Schnittgeschwindigkeit und / oder Vorschub
- Zu geringer Spanwinkel
- Schneidstoff mit zu geringer Verschleißfestigkeit
- Falsch zugeführtes Kühlmittel

Abhilfe:

- Schnittgeschwindigkeit und / oder Vorschub herabsetzen
- Verschleißfestere Schneidstoffsorte wählen
- Werkzeughalter und Wendeschneidplatte mit positivem Spanwinkel benutzen
- Kühlmittelmenge und / oder -druck erhöhen, für verbesserte Zuführung an die Schneidstelle sorgen
- Kolkfestere Sorte verwenden, Beschichtung

CNC-CAM-Techniken / 3. Schneidstoffe

5. Beschichtungen

Einer der ganz großen Schritte in der Entwicklung der Schneidstoffe wurde Ende der 60er Jahre unternommen: Die Einführung von Hartmetall mit einer sehr dünnen Hartstoffbeschichtung. Diese Schicht war zwar nur wenige μm dick, konnte allerdings die Leistungsfähigkeit der Hartmetallwerkzeuge von einem zum anderen Tag drastisch erhöhen. Der Beschichtungseffekt hielt, selbst nachdem das Werkzeug teilweise verschlissen war, an und verhinderte bei der Stahlbearbeitung schnellen Kolk- und Freiflächenverschleiß. Die moderne Beschichtungstechnologie erlaubt es, die Hartstoff-Schichten gleichmäßig und reproduzierbar auf den gesinterten Rohling aufzubringen. Je nach späterer Anwendungsfall-Gruppe sind Kombinationen der verschiedenen Schichttypen und bestimmte Schichtdicken möglich.

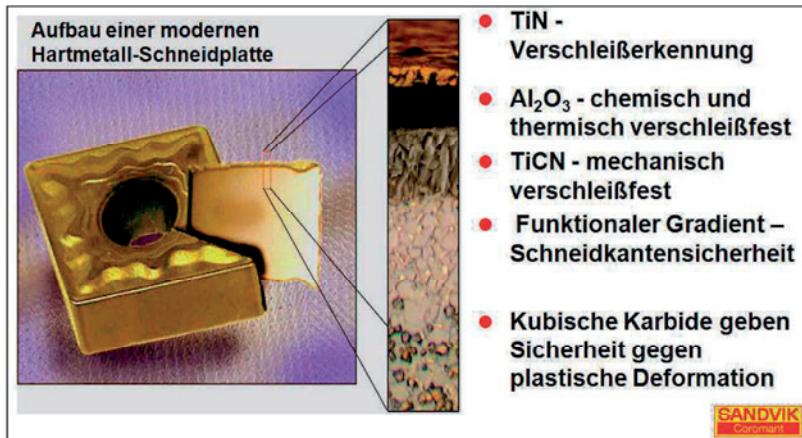
Die niedrige Wärmeleitfähigkeit der Beschichtung führt dazu, dass weniger Wärme in das Substrat geleitet wird. Auch Reibung und äußeres Erscheinungsbild spielen eine wichtige Rolle. Einige Platten sind golden, andere grau oder schwarz, wobei die Farbe stets von der äußersten Beschichtung bestimmt wird. Titannitrid ist golden, während Titancarbonitrid grau und Aluminiumoxyd schwarz ist. Titancarbonitrid mit seinen ausgezeichneten Haftungseigenschaften wie auch guter Verschleißfestigkeit eignet sich vorzüglich als erste, innere Schicht auf dem Hartmetallsubstrat. Je nach Anwendungsgebiet folgen noch z.B. Al_2O_3 und/oder TiN-Schichten.

Weitere Vorteile der Beschichtungen:

- Verbesserte Oberflächenhärte und damit höheren Verschleißwiderstand.
- Als Folge der chemischen Barriere entsteht ein höherer Korrosions- und Oxidationswiderstand.
- Verbesserte Oberflächengüte.
- Verbesserter Abrasionsverschleiß, speziell des Freiflächen- und Kolkverschleißes.

Gefügebild einer Beschichtung

Viele Faktoren führen zum optimalen Schneidstoff

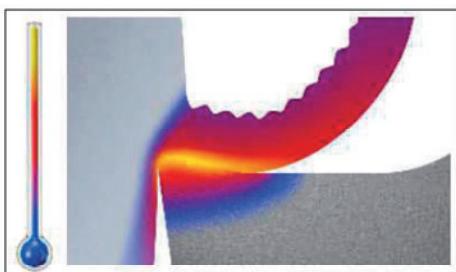


Nur selten werden die Schichten dicker als 2-15 μm (das menschliche Haar hat einen Durchmesser von 75 μm) gemacht, da mit zu großer Schichtdicke die Leistungsfähigkeit der Wendeplatte negativ beeinflusst werden kann. Mit größeren Schichtdicken steigt zwar die Verschleißfestigkeit, aber auch die Sprödigkeit und auch die Neigung zum Abblättern der Schicht nimmt zu.

CNC-CAM-Techniken / 5. Schnittkraftberechnung

Die Werkstückstoffgruppen und ihre Schnittkräfte

Ein weiteres Merkmal, was die sechs Werkstückstoffgruppen unterscheidet, ist die Kraft, die unter bestimmten Bedingungen erforderlich ist, um einen spezifischen Spanungsquerschnitt abzutragen. Dieser Wert, die spezifische Schnittkraft (k_c), wird für unterschiedliche Arten von Werkstückstoffen angegeben und in der Berechnung der für eine Anwendung erforderlichen Leistung verwendet.



P



Bei P-Werkstückstoffen ist der k_c Bereich: 1'200-2'600 N/mm².

M



Bei M-Werkstückstoffen ist der k_c Bereich: 1'800-2'600 N/mm².

K



Bei K-Werkstückstoffen ist der k_c Bereich: 950-2'100 N/mm².

N



Bei N-Werkstückstoffen ist der k_c Bereich: 350-1'350 N/mm².

S



Bei S-Werkstückstoffen ist der k_c Bereich: 2'100-2'600 N/mm² für warmfeste Superlegierungen.
1'300-1'400 N/mm² für Titanlegierungen.

H



Bei H-Werkstückstoffen ist der k_c Bereich: 2'550-4'870 N/mm².

Bilder und Texte: Sandvik Coromant