
Fritz Klocke

Fertigungsverfahren 2

Zerspanung mit geometrisch
unbestimmter Schneide

5. Auflage

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | Einleitung | 1 |
| | Literatur | 3 |
| 2 | Grundlagen zum Schneideneingriff | 5 |
| 2.1 | Schneidenform | 6 |
| 2.2 | Schneideneingriff | 9 |
| 2.3 | Kraft- und Energieverteilung im Schleifprozess | 13 |
| 2.4 | Korn- und Bindungsverschleiß | 17 |
| | Literatur | 18 |
| 3 | Aufbau und Zusammensetzung von Schleifwerkzeugen | 21 |
| 3.1 | Kornwerkstoff | 22 |
| 3.1.1 | Natürliche Kornwerkstoffe | 22 |
| 3.1.2 | Synthetische Kornwerkstoffe | 23 |
| 3.2 | Bindungen | 43 |
| 3.2.1 | Kunstharzbindung | 44 |
| 3.2.2 | Keramische Bindung | 45 |
| 3.2.3 | Metallische Bindungen | 46 |
| 3.2.4 | Sonstige Bindungen | 46 |
| 3.2.5 | Füll- und Zusatzstoffe | 47 |
| 3.3 | Werkzeugaufbau und Bezeichnung | 48 |
| 3.3.1 | Aufbau konventioneller Werkzeuge | 49 |
| 3.3.2 | Bezeichnung konventioneller Werkzeuge | 51 |
| 3.3.3 | Aufbau hochharter Werkzeuge | 54 |
| 3.3.4 | Bezeichnung hochharter Werkzeuge | 55 |
| 3.4 | Werkzeugherstellung | 58 |
| 3.4.1 | Herstellung von Werkzeugen mit konventionellen Schleifmitteln. . . . | 58 |
| 3.4.2 | Herstellung von Schleifscheiben mit hochharten Schleifmitteln. . . . | 62 |
| 3.5 | Werkzeugprüfung | 65 |
| 3.5.1 | Härteprüfung | 65 |
| 3.5.2 | Kornausbruchsuntersuchungen | 68 |
| 3.6 | Schleifbänder | 69 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.6.1 | Aufbau und Zusammensetzung von Schleifbändern | 69 |
| | Literatur | 74 |
| 4 | Schleifbarkeit unterschiedlicher Werkstoffe | 77 |
| 4.1 | Der Begriff „Zerspanbarkeit“ beim Schleifen | 78 |
| 4.2 | Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften von Stählen | 79 |
| 4.2.1 | Werkstoffeigenschaften in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt | 79 |
| 4.2.2 | Einfluss von Legierungselementen auf die Werkstoffeigenschaften .. | 81 |
| 4.2.3 | Werkstoffeigenschaften in Abhängigkeit von der Wärmebehandlung | 83 |
| 4.3 | Gefüge verschiedener Stahlwerkstoffe | 87 |
| 4.3.1 | Einsatzstähle | 87 |
| 4.3.2 | Vergütungsstähle | 88 |
| 4.3.3 | Nitrierstähle | 89 |
| 4.3.4 | Wälzlagerstähle | 90 |
| 4.3.5 | Werkzeugstähle | 91 |
| 4.3.6 | Nichtrostende, hitzebeständige und hochwarmfeste Stähle..... | 93 |
| 4.4 | Schleifen verschiedener Gefügebestandteile bei Stählen | 94 |
| 4.5 | Schleifen von Eisengusswerkstoffen | 95 |
| 4.6 | Schleifen von Nickelbasiswerkstoffen..... | 97 |
| 4.6.1 | Aufbau und Gefüge | 97 |
| 4.6.2 | Eigenschaften und Anwendungsgebiete | 99 |
| 4.6.3 | Schleifverhalten – Einflüsse auf den Schleifprozess | 99 |
| 4.7 | Schleifen von Titanwerkstoffen | 101 |
| 4.7.1 | Aufbau und Gefüge | 102 |
| 4.7.2 | Eigenschaften und Anwendungsgebiete | 105 |
| 4.7.3 | Schleifverhalten – Einflüsse auf den Schleifprozess | 105 |
| 4.8 | Schleifen sprödharter Werkstoffe..... | 108 |
| 4.8.1 | Zerspanungsverhalten sprödharter Werkstoffe..... | 109 |
| 4.8.2 | Bearbeitung von Hochleistungskeramik | 110 |
| 4.8.3 | Bearbeitung von Glas..... | 111 |
| 4.8.4 | Bearbeitung von Silizium | 112 |
| 4.8.5 | Bearbeitung von polykristallinem Diamant (PKD) | 113 |
| | Literatur | 114 |
| 5 | Kühlschmierstoffe | 119 |
| 5.1 | Grundlagen der Kühlschmierung beim Schleifen | 120 |
| 5.1.1 | Allgemeine Aufgaben | 120 |
| 5.1.2 | Tribosystem Schleifen | 120 |
| 5.1.3 | Anforderungen an Kühlschmierstoffe beim Schleifen..... | 121 |
| 5.2 | Einteilung, Aufbau und Eigenschaften | 122 |
| 5.2.1 | Öle | 123 |
| 5.2.2 | Emulsionen | 124 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.2.3 | Wässrige Lösungen | 126 |
| 5.2.4 | Additivierung | 126 |
| 5.3 | Einfluss der Kühlschmierung auf den Schleifprozess | 127 |
| 5.3.1 | Kühlschmierstoffart | 127 |
| 5.3.2 | Kühlschmierstoffzuführung | 130 |
| 5.4 | Überwachung, Pflege und Entsorgung | 136 |
| | Literatur | 142 |
| 6 | Schleifen | 145 |
| 6.1 | Einsatzvorbereitung | 146 |
| 6.1.1 | Abrichtkinematiken | 147 |
| 6.1.2 | Schärfen | 152 |
| 6.1.3 | Weitere Abrichtverfahren – Sonderverfahren | 157 |
| 6.1.4 | Reinigen | 162 |
| 6.1.5 | Stellgrößen und Wirkmechanismen des Abrichtens – Einfluss der Einsatzvorbereitung auf den Schleifprozess | 163 |
| 6.2 | Kenngößen | 171 |
| 6.3 | Verfahrensvarianten nach DIN 8589 | 187 |
| 6.3.1 | Einleitung | 187 |
| 6.3.2 | Außenrundscheifen | 191 |
| 6.3.3 | Innenrundscheifen | 220 |
| 6.3.4 | Planscheifen | 222 |
| 6.3.5 | Schleifmittel auf Unterlage | 225 |
| 6.4 | Sonstige Verfahrensvarianten | 237 |
| 6.4.1 | Zahnflankenscheifen | 237 |
| 6.4.2 | Verzahnungshonen | 243 |
| 6.4.3 | Abgrenzung des Einsatzbereiches der verschiedenen Zahnrad-Schleifverfahren | 245 |
| 6.4.4 | Leistungsgrenzen beim Zahnflankenscheifen | 246 |
| 6.5 | Prozessgestaltung | 247 |
| 6.5.1 | Einfluss der Stell- und Prozesskenngößen auf das Ergebnis | 248 |
| 6.5.2 | Einfluss des Werkzeugs auf das Ergebnis | 266 |
| 6.5.3 | Mehrstufige Prozessführung | 269 |
| 6.5.4 | Störgrößen | 277 |
| 6.6 | Anwendungsbeispiele | 284 |
| 6.6.1 | Außenrund-Umfangs-Querscheifen | 284 |
| 6.6.2 | Außenrund-Formscheifen | 286 |
| 6.6.3 | Innenrund-Umfangs-Querscheifen | 288 |
| 6.6.4 | Spitzenloses Einstechscheifen | 292 |
| 6.6.5 | Plan-Umfangs-Querscheifen | 294 |
| | Literatur | 295 |

| | |
|--|-----|
| 7 Honen | 303 |
| 7.1 Kinematische Grundlagen | 304 |
| 7.2 Honwerkzeuge und deren Aufbereitung | 311 |
| 7.2.1 Honleisten mit Korund oder Siliziumkarbid | 311 |
| 7.2.2 Honleisten mit Bornitrid- und Diamantbelag | 312 |
| 7.3 Einflüsse auf Prozessverlauf und Arbeitsergebnis | 312 |
| 7.3.1 Stellgrößen | 312 |
| 7.3.2 Werkzeuggestalt und Spezifikation | 323 |
| 7.3.3 Werkstückbeschaffenheit | 330 |
| 7.3.4 Hilfsmittel | 332 |
| 7.4 Anwendungsbeispiele | 335 |
| 7.4.1 Plateauhonen | 335 |
| 7.4.2 Kombinierte Bearbeitung durch Hochpräzisionsharddrehen und Außenrundhonen | 336 |
| 7.4.3 Zahnradhonen außenverzahnter Stirnräder mit innenverzahntem Werkzeug | 337 |
| 7.4.4 Laserhonen | 339 |
| Literatur | 339 |
| 8 Läppen | 341 |
| 8.1 Läppen | 342 |
| 8.1.1 Grundlagen | 343 |
| 8.1.2 Zusammensetzung der Werkzeuge und Betriebsmittel | 351 |
| 8.1.3 Hilfsmittel | 353 |
| 8.1.4 Stellgrößen | 355 |
| 8.1.5 Anwendungen | 356 |
| Literatur | 359 |
| 9 Polieren | 361 |
| 9.1 Polieren | 362 |
| 9.1.1 Grundlagen | 363 |
| 9.1.2 Aufbau und Zusammensetzung der Werkzeuge | 375 |
| 9.1.3 Hilfsmittel | 378 |
| 9.1.4 Stellgrößen | 379 |
| Literatur | 380 |
| 10 Sonderverfahren | 383 |
| 10.1 Strahlspanen | 384 |
| 10.1.1 Wirkprinzip, Prozesseingangsgrößen und Strahlkenngrößen | 384 |
| 10.1.2 Verfahrensvarianten und Anwendungen | 385 |
| 10.2 Gleitschleifen | 389 |
| 10.2.1 Wirkprinzip | 389 |
| 10.2.2 Verfahrensvarianten und Anwendungen | 390 |

| | |
|--|------------|
| 10.3 Trennen mit geometrisch unbestimmten Schneiden | 395 |
| 10.3.1 Trennschleifen | 395 |
| 10.3.2 Multi-Wire-Slicing (MWS) | 397 |
| 10.3.3 Innenlochsägen | 402 |
| 10.4 Ultraschallschwingläppen | 403 |
| 10.4.1 Grundlagen. | 403 |
| 10.4.2 Technologie | 408 |
| Literatur. | 417 |
| 11 Prozessüberwachung | 421 |
| 11.1 Notwendigkeit der Prozessüberwachung. | 422 |
| 11.2 Sensoren für die Prozessüberwachung. | 423 |
| 11.2.1 Kraftsensoren. | 423 |
| 11.2.2 Stromsensoren | 425 |
| 11.2.3 AE-Sensoren | 426 |
| 11.3 Anfunktrolle. | 428 |
| 11.4 Kollisionsüberwachung | 432 |
| 11.5 Abrichtüberwachung | 432 |
| 11.6 Standzeitüberwachung beim Schleifen durch AE | 434 |
| 11.6.1 Überwachung des Schleifscheibenverschleißes durch den AE-Effektivwert. | 434 |
| 11.6.2 Detektion von Ratterschwingungen. | 436 |
| 11.6.3 Stufenerkennung als Element einer sicheren Prozessüberwachung | 437 |
| 11.7 Überwachung der Werkstückeigenschaften. | 438 |
| 11.8 Zuverlässigkeit der Prozessüberwachung | 440 |
| Literatur. | 441 |
| Stichwortverzeichnis. | 443 |