

1	Stanztechnik	7	1.13	Großwerkzeuge in der Stanztechnik	96
1.1	Begriffsbestimmungen	7	1.13.1	Aufbau der Werkzeuge	96
1.2	Zerteilen	7	1.14	Rechnergestützte Konstruktion von Stanzwerkzeugen	98
1.2.1	Scherschneiden	7	1.14.1	Arbeitsschritte	98
1.2.2	Scherschneidverfahren	8	1.15	Alternative Verfahren zur Stanztechnik	102
1.2.3	Lage der Schneiden beim Scherschneiden	9	1.16	Pressen und Hilfseinrichtungen der Stanztechnik	104
1.2.4	Schniedvorgang	10	1.16.1	Pressenarten	104
1.3	Schneidwerkzeuge	11	1.16.2	Wirkungsweise der Pressen	109
1.3.1	Einteilung nach dem Fertigungsverfahren	11	1.16.3	Auswahl von Pressen	112
1.3.2	Einteilung nach dem Fertigungsablauf	11	1.16.4	Zusatzgeräte an Pressen	113
1.3.3	Einteilung nach dem konstruktiven Aufbau	16	1.16.5	Werkzeugeinbau und Werkzeugüberwachung	114
1.3.4	Besondere Schneidwerkzeuge	19	1.16.6	Sicherheitseinrichtungen an Pressen	114
1.4	Bauelemente der Schneidwerkzeuge	24	1.17	Instandhaltung im Werkzeugbau	115
1.4.1	Grundplatte	24	1.17.1	Instandhaltungsstrategien	115
1.4.2	Schneidplatte	24	1.17.2	Vorgehensweise im Werkzeugbau	116
1.4.3	Streifenführungselemente	26	1.17.3	Standort der Instandhaltung	117
1.4.4	Führungsplatte	27			
1.4.5	Spannplatte	27	2	Formenbau	118
1.4.6	Schniedstempel	28	2.1	Fertigungsverfahren	118
1.4.7	Aufschlagstücke	29	2.2	Kokillengießen	118
1.4.8	Stempelplatte	30	2.3	Druckgießen	119
1.4.9	Druckplatte	30	2.3.1	Warmkammerverfahren	120
1.4.10	Kopfplatte	30	2.3.2	Kaltkammerverfahren	121
1.4.11	Einspannzapfen	30	2.3.3	Druckgießmaschinen	122
1.4.12	Säulengestelle	31	2.3.4	Richtlinien für die Gestaltung von Druckgießteilen	122
1.4.13	Federelemente	33	2.3.5	Aufbau der Druckgießwerkzeuge	123
1.4.14	Vorschubbegrenzung	34	2.3.6	Eingießen von Fremdmetallteilen	127
1.4.15	Werkstück- und Abfallentfernung	37	2.3.7	Kühlen der Form	127
1.5	Werkstoffbeispiele für die Bauteile eines Schneidwerkzeuges	40	2.4	Form- und Spritzpressen	128
1.6	Einflüsse auf die Gestaltung von Schneidwerkzeugen	42	2.4.1	Formpressen	128
1.6.1	Schniedspalt und Spiel	42	2.4.2	Spritzpressen	129
1.6.2	Schnittgrat	44	2.4.3	Beheizung von Press- und Spritzpresswerkzeugen	130
1.6.3	Schneidkraft	45	2.5	Spritzgießen	131
1.6.4	Kräfte am Werkzeug	47	2.5.1	Vorgänge beim Spritzgießen	131
1.6.5	Werkstoffausnutzung	50	2.5.2	Spritzgießmaschine	135
1.7	Keilschneiden	57	2.5.3	Gestaltung von Spritzgießteilen	139
1.7.1	Messerschneiden	57	2.5.4	Aufbau von Spritzwerkzeugen	142
1.8	Stechen	58	2.5.5	Gießformen aus Normalien	157
1.9	Unfallverhütung an Schneidwerkzeugen	59	2.5.6	Sonderbauarten von Werkzeugen	175
1.10	Fallbeispiel: Folgeschneidwerkzeug	60	2.5.7	Sonderverfahren beim Spritzgießen	176
1.10.1	Aufgabenstellung	60	2.5.8	Prototypen	181
1.10.2	Vorüberlegungen	60	2.6	Additive Fertigung	181
1.10.3	Werkzeugaufbau	61	2.6.1	Stereolithographie (SL)	182
1.11	Verfahren der Umformtechnik	62	2.6.2	Solidier-Verfahren	182
1.11.1	Druckumformen	62	2.6.3	Selektives Laser-Sintern	183
1.11.2	Zug-Druckumformen	71	2.6.4	Laminated Layer Manufacturing (LLM)	183
1.11.3	Zugumformen	81	2.6.5	Fused Layer Modeling (FLM)	184
1.11.4	Biegeumformen	81	2.6.6	3-D-Plotten (3DP)	184
1.11.5	Umformwerkzeuge mit Wirkmedien	88	2.6.7	Vakuumgießverfahren	184
1.11.6	Innenhochdruckumformen	89	2.7	Extrudieren	185
1.12	Verbundwerkzeuge	91	2.7.1	Vollstabwerkzeug	186
1.12.1	Folgeverbundwerkzeuge	91	2.7.2	Rohrwerkzeug	187
1.12.2	Aufbau der Folgeverbundwerkzeuge	92	2.7.3	Blasformen von Hohlkörpern	188
1.12.3	Gesamtverbundwerkzeuge	95	2.7.4	Warmumformen	191

2.8	Urformen von Sinterwerkstoffen	194	3.6.2	Vorüberlegungen	248
2.8.1	Allgemeines	194	3.6.3	Vorrichtungsaufbau	249
2.8.2	Aufbau und Wirkungsweise eines Presswerkzeuges	195	4	Messgeräte und Lehren	250
2.9	Kontrolle und Erprobung von Werkzeugen im Formenbau	195	4.1	Allgemeines	250
2.10	Instandhaltung und Wartung von Werkzeugen im Formenbau	196	4.1.1	Begriffsbestimmung	250
2.11	Fallbeispiel: Spritzgießwerkzeug	198	4.1.2	Prüfmittel	250
2.11.1	Aufgabenstellung	198	4.2	Maßverkörperungen	251
2.11.2	Vorüberlegungen	198	4.2.1	Strichmaße	251
2.11.3	Werkzeugaufbau	199	4.2.2	Parallelendmaße	251
3	Vorrichtungsbau	200	4.3	Anzeigende Messgeräte	252
3.1	Allgemeines	200	4.3.1	Grundbegriffe	252
3.1.1	Begriffsbestimmung	200	4.3.2	Messverfahren	252
3.1.2	Verwendungszweck	200	4.3.3	Messschrauben	253
3.1.3	Einteilung der Vorrichtungen	200	4.3.4	Messuhren und Feinzeiger	253
3.1.4	Aufbau einer Vorrichtung	201	4.4	Optische Messgeräte	254
3.1.5	Vorgänge bei der Bedienung einer Vorrichtung	201	4.4.1	Messmikroskop	254
3.2	Grundlagen des Vorrichtungsbau	202	4.4.2	Profilprojektor	255
3.2.1	Lagebestimmung	202	4.5	Optisch-elektrische Messgeräte	255
3.2.2	Wahl der Bestimmflächen	202	4.5.1	Inkrementale Messtaster	255
3.2.3	Bestimmmelemente	202	4.6	Elektrische Messgeräte	256
3.2.4	Einlegen und Entnehmen des Werkstückes	205	4.6.1	Allgemeines	256
3.2.5	Spannen des Werkstückes	207	4.6.2	Induktive Messtaster	256
3.2.6	Spannkräfte	207	4.6.3	Induktive Messdorne	257
3.2.7	Spannlemente	207	4.6.4	Mehrstellenmessgeräte	257
3.2.8	Hilfsspannlemente	212	4.7	Pneumatische Messgeräte	258
3.2.9	Bedienelemente	216	4.7.1	Messverfahren	258
3.2.10	Vorrichtungsverschlüsse	217	4.7.2	Messaufnehmer	259
3.2.11	Feststellelemente	218	4.7.3	Messanordnung	259
3.2.12	Vorrichtungskörper	219	4.8	Winkelprüfung	260
3.2.13	Aufnahme der Vorrichtung in der Werkzeugmaschine	220	4.8.1	Winkelendmaße	260
3.3	Vorrichtungsarten	223	4.8.2	Sinuslineal	260
3.3.1	Bohrvorrichtungen	223	4.9	Koordinaten-Messgeräte	261
3.3.2	Fräsvorrichtungen	229	4.9.1	Einkoordinaten-Messgeräte	261
3.3.3	Drehvorrichtungen	233	4.9.2	Dreikoordinaten-Messgeräte	262
3.3.4	Fügevorrichtungen	236	4.9.3	Messaufnahmesysteme	264
3.4	Werkstückträger	238	4.10	Lehren	265
3.4.1	Palettierung	238	4.10.1	Überprüfen und Instandsetzen von Prüfmitteln	267
3.4.2	Anwendung von Mehrfachspannungsystemen	239	4.11	Digitalisieren	269
3.4.3	Nullpunktspannungsysteme	240	4.11.1	Digitalisieren mittels Tastkopf	269
3.4.4	Werkstückspanner für 5-Achsbearbeitung	242	4.11.2	Digitalisieren mittels optischer Verfahren	269
3.4.5	Werkstückspanner für komplex geformte Werkstücke	243	4.11.3	Digitalisieren mittels Röntgenstrahlen	270
3.5	Modulare Vorrichtungssysteme	244	4.11.4	Aufbereiten der Abtastdaten	270
3.5.1	Baukastensysteme	244	5	Bearbeitungsverfahren im Werkzeugbau	271
3.5.2	Bauelemente	245	5.1	Allgemeine Verfahren	271
3.5.3	Vorgehensweise bei der Erstellung einer Vorrichtung	245	5.1.1	Vorrichten und Anreißen	271
3.5.4	Anwendung	246	5.1.2	Stoßen	272
3.5.5	Sondervorrichtungen	247	5.1.3	Fräsen mit konventioneller Fräsmaschine	272
3.6	Fallbeispiel: Fräsvorrichtung	248	5.2	Fräsen mit CNC-Fräsmaschinen	274
3.6.1	Aufgabenstellung	248	5.2.1	Anforderungen an die CNC-Fräsmaschine	274

5.3	Bearbeitung mit CAM	281	8	Lernfelder	346
5.3.1	Strukturen von CAD-Daten	282	8.1	Lernfeld 5: Formgeben von Bauelementen durch spanende Fertigung	346
5.3.2	Ablauf im CAD-CAM-System	282	8.2	Lernfeld 6: Herstellen technischer Teilsysteme des Werkzeugbaus	348
5.4	Hochgeschwindigkeitsfräsen	283	8.3	Lernfeld 7: Fertigen mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	350
5.4.1	HSC in der Elektrodenherstellung	285	8.4	Lernfeld 8: Planen und Inbetriebnahme steuerungstechnischer Systeme	352
5.5	Schleifen	286	8.5	Lernfeld 9: Herstellen von formgebenden Werkzeugoberflächen	354
5.5.1	Profilschleifen	286	8.6	Lernfeld 10: Fertigung von Bauelementen in der rechnergestützten Fertigung	356
5.5.2	Tiefschleifen	287	8.7	Lernfeld 11: Herstellen der technischen Systeme des Werkzeugbaus	358
5.5.3	Koordinatenschleifen	287	8.8	Lernfeld 12: Inbetriebnahme und Instandhalten von technischen Systemen des Werkzeugbaus	360
5.6	Abtragen	288	8.9	Lernfeld 13: Planen und Fertigen technischer Systeme des Werkzeugbaus	362
5.6.1	Funkenerosionsverfahren	288	8.10	Lernfeld 14: Ändern und Anpassen technischer Systeme des Werkzeugbaus	364
5.6.2	Funkenerosives Senken	290		Normblattverzeichnis	366
5.6.3	Funkenerosives Schneiden	296		Quellenverzeichnis	367
				Sachwortverzeichnis	368
6	Werkstoffe und Wärmebehandlungsverfahren	301			
6.1	Werkstoffe im Vorrichtungs- und Werkzeugbau	301			
6.1.1	Einteilung der Stähle	301			
6.1.2	Baustähle	301			
6.1.3	Werkzeugstähle	305			
6.1.4	Sinterwerkstoffe	306			
6.1.5	Beschichtete Werkstoffe	307			
6.1.6	Keramische Werkstoffe	308			
6.1.7	Nichteisenmetalle	309			
6.1.8	Kunststoffe im Werkzeugbau	311			
6.2	Allgemeine Beschreibung der Wärmebehandlungsverfahren	313			
6.2.1	Glühen	313			
6.2.2	Härten	315			
6.2.3	Anlassen	318			
6.2.4	Maßnahmen beim Härten und Anlassen	319			
6.2.5	Altern	321			
6.3	Wärmebehandlung der Werkzeugstähle	321			
6.3.1	Unlegierte Werkzeugstähle	321			
6.3.2	Kaltarbeitsstähle	322			
6.3.3	Warmarbeitsstähle	322			
6.4	Wärmebehandlung der Baustähle	323			
6.4.1	Vergüten	323			
6.4.2	Einsatzhärten	324			
6.4.3	Nitrieren	325			
7	Beispielsammlung	326			
7.1	Folgeverbundwerkzeug (plattengeführt)	326			
7.2	Folgeverbundwerkzeug (säulengeführt)	328			
7.3	Gesamtverbundwerkzeug	330			
7.4	Zweifach-Spritzgießwerkzeug	332			
7.5	Spritzgießwerkzeug (Backenwerkzeug)	334			
7.6	Druckgießwerkzeug	336			
7.7	Fräsvorrichtung	338			
7.8	Bohrvorrichtung	340			
7.9	Messvorrichtung	342			
7.10	Baukastenvorrichtung	344			