

Waldemar Hellwig

**Spanlose Fertigung:
Stanzen**

Waldemar Hellwig

Spanlose Fertigung: Stanzen

**Grundlagen für die Produktion einfacher
und komplexer Präzisions-Stanzteile**

8., aktualisierte und ergänzte Auflage

Mit 187 Abbildungen und 48 Tabellen

Viewegs Fachbücher der Technik



Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Der Autor:

Prof. Dr.-Ing. *Waldemar Hellwig* lehrte nach jahrelanger Praxis in der Werkzeugmaschinenbranche das Fach Werkzeugmaschinen und Konstruktion an der Fachhochschule Konstanz. Er übernahm das Buch als Autor ab der 3. Auflage.

Der Begründer:

Dipl.-Ing. *Erwin Semlinger†*, Oberstudienrat i.R. und Fachberater an der Technikerschule für Blechverarbeitung, Sindelfingen, begründete das Werk als Ausbildungshilfe in den 60er Jahren und arbeitete aktiv noch in den 80er Jahren daran mit.

1. Auflage 1967
- 2., verbesserte Auflage 1973 (Die 1. und 2. Auflage erschien unter dem Titel „Stanztechnik“)
- 3., durchgesehene Auflage 1987
- 4., verbesserte Auflage 1990
- 5., überarbeitete und erweiterte Auflage 1994
- 6., verbesserte Auflage 1996
- 7., vollständig überarbeitete Auflage November 2001
- 8., aktualisierte und ergänzte Auflage Juni 2006

Alle Rechte vorbehalten

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2006

Lektorat: Thomas Zipsner

Der Vieweg Verlag ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.

www.vieweg.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Technische Redaktion: Andreas Meißner, Wiesbaden

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Wilhelm & Adam, Heusenstamm

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Printed in Germany

ISBN-10 3-528-74042-6

ISBN-13 978-3-528-74042-9

Vorwort zur 8. Auflage

Das Buch „Spanlose Fertigung: Stanzen“ erscheint jetzt in der 8. überarbeiteten und erweiterten Auflage. Die erste Auflage wurde von Herrn Oberstudienrat Dipl.-Ing. Erwin Semlinger verfasst und erschien 1967 unter dem Titel „Stanztechnik“. Es zeichnete sich bereits damals durch besondere Sachkenntnis und pädagogisches Geschick aus. Seit der 4. Auflage wird es von dem Unterzeichnenden bearbeitet. Der Titel wurde ab der 6. Auflage in „Spanlose Fertigung: Stanzen“ geändert, um das Stanzen als komplexes spanloses Fertigungsverfahren besser hervorzuheben. In der 8. Auflage lautet der Untertitel „Grundlagen für die Produktion von einfachen bis komplexen Präzisions-Stanzteilen“. Das Stanzen ist zu einer integrierenden Fertigung geworden, das **Schneiden, Biegen, Prägen, Ziehen, Fügen, Nieten, Gewindeschneiden, Widerstandsschweißen und Laserschweißen** in einem Arbeitsablauf ausführen kann. Die modular aufgebauten Systeme können teilweise oder fast vollständig automatisiert werden, so dass komplexe Teile aus Bändern komplett in einem mehrere Folgen umfassenden Arbeitsgang produziert werden können. In den Industriebetrieben unterscheidet man das **konventionelle Stanzen**, das **Hochleistungsstanzen** und das **Feinstanzen**, letzteres auch **Feinschneiden** genannt. Das **konventionelle Stanzen** betrifft meistens Handwerksbetriebe oder Kleinindustrie, wo mit einfachen Mitteln Stanzteile in verschiedenen Losgrößen aus Bändern unterschiedlicher Dicke mit mittlerer bis hoher Qualität hergestellt werden. Mit dem **Hochleistungsstanzen** werden aus Folien- oder Blechbändern bis zu 3 mm Dicke Stanzteile meist in großen Mengen mit Hubfrequenzen bis zu 33/s (ca.2000/min) produziert. Mit dem **Feinstanzen** werden aus Blechen bis zu 15mm Dicke hochgenaue komplexe Stanzteile mit Hubfrequenzen bis zu 2,5/s (150/min) gefertigt.

Das Buch behandelt zunächst die Grundlagen der Stanztechnik, den Aufbau von Schneid-, Biege- und Ziehwerkzeugen und den Einsatz des Lasers beim Erstellen von aufeinandergepressten Blechen zu Paketen. Die Grundsätze der Stanztechnik sind für den Studierenden und Praktiker verständlich und praxisbezogen dargestellt. Die für die Praxis anwendbaren Angaben sind in Schaubildern und Tabellen enthalten. Die gestellten Aufgaben und deren Lösungen mit Lösungsweg sind im Anhang angegeben. Dem Konstrukteur werden wertvolle Hinweise zur Lösung seiner Aufgaben geliefert.

Die neuesten Forschungsergebnisse auch im Hinblick auf die Werkstoffentwicklung sind berücksichtigt und Hinweise auf Normen, Arbeitsblätter, Richtlinien und weitere Fachliteratur gegeben. Eingangs sollen einige wenige Beispiele das Fertigungsspektrum dieser Technik aufzeigen.

Da in dem Buch die Grundlagen der Stanztechnik behandelt werden, eignet es sich als Lehrbuch für Auszubildende der Produktionstechnik, insbesondere Werkzeugmacher und auch für Studierende des Maschinenbaues Studienrichtung Produktionstechnik und Werkzeugmaschinen an Fachhochschulen, Technischen Hochschulen und Universitäten sowie als Handbuch für Weiterbildung in der Industrie.

Den Auskunft bereiten Firmen sei für Anregungen, die Überlassung von Unterlagen zur Ausarbeitung des Manuskriptes gedankt.

Möge das Buch weiterhin den Praktikern im Betrieb, den Studierenden und Konstrukteuren sowie der interessierten Fachwelt als anerkanntes Werk der Stanztechnik dienen.

Arbon, im Mai 2006

Waldemar Hellwig

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Was bietet die Stanztechnik der globalen Wirtschaft?	1
2 Verfahren und Begriffe der Stanztechnik	4
3 Werkstoffe für Stanzteile	13
3.1 Werkstoffe für Stanzteile der Hochleistungsstanztechnik	13
3.1.1 Nichtmetallische Werkstoffe	13
3.1.2 Metallische Werkstoffe	13
3.1.2.1 Eisenwerkstoffe	13
3.1.2.2 Nichteisenmetalle	13
3.2 Werkstoffe für Stanzteile der Feinstanztechnik	14
3.2.1 Stähle	14
3.2.2 Nichteisenmetalle	15
4 Grundlagen des Schneidens	16
4.1 Schneidvorgang und Schneidarten	16
4.2 Oberflächenbeschaffenheit von Schnittflächen	19
4.3 Maßtoleranzen geschnittener Teile	19
4.4 Schneidkraft	20
4.4.1 Bestimmung der Schneidkraft	20
4.4.2 Wirkung der Schneidkraft auf Werkzeug und Maschine	22
4.4.3 Minderung der Schneidkraft durch geneigte Schneiden	23
4.4.4 Minderung der Schneidkraft durch versetzte Stempelhöhen	24
4.4.5 Abstreifkraft	24
4.4.6 Ringzackenkraft beim Feinschneiden	25
4.4.7 Gegenkraft beim Feinschneiden	25
4.5 Schneidarbeit	25
4.6 Schneidleistung	26
4.7 Grundlagen und Richtlinien für Schneidwerkzeuge	26
4.7.1 Schneidspalt und Stempelspiel	26
4.7.2 Hochreißen der Lochabfälle	28
4.7.3 Steg- und Randbreiten	29
5 Schneidwerkzeuge	31
5.1 Schneidwerkzeuge ohne Führung	31

5.1.1 Grundlagen.....	31
5.1.2 Ausschneidwerkzeuge.....	32
5.1.3 Lochwerkzeuge.....	34
5.2 Ausklinkwerkzeuge mit Schneidplattenführung.....	35
5.3 Schneidwerkzeuge mit Plattenführung.....	36
5.3.1 Formgebung der Bauteile.....	36
5.3.2 Ausgegossene Stempelführungs- und Halteplatte.....	39
5.4 Säulengeführte Werkzeuge.....	41
5.4.1 Grundlagen.....	41
5.4.2 Säulenführungen.....	43
5.4.3 Führungselemente.....	44
5.4.4 Schneidwerkzeuge mit Säulenführung.....	44
5.4.5 Ausschneidwerkzeuge in Gesamtbauweise.....	44
5.4.6 Gesamtschneidwerkzeuge.....	46
5.4.7 Nachschneid- und Kantenglättezugwerkzeuge.....	51
5.4.8 Führungen für Werkzeuge in Modulbauweise.....	55
5.5 Streifenführung und Vorschubbewegung.....	56
5.5.1 Streifenführung und Streifenzentrierung.....	56
5.5.2 Vorschubbegrenzung einfacher Streifen.....	59
5.5.3 Vorschubbegrenzung bei Wendestreifen.....	67
5.6 Stempel- und Schneidplattenausführungen.....	68
5.6.1 Abschneidwerkzeuge.....	68
5.6.2 Mehrteilige Stempel und Schneidplatten.....	69
5.6.3 Schneidwerkzeuge mit Hartmetallbestückung.....	72
5.7 Einspannen von Werkzeugen.....	75
5.7.1 Grundlagen.....	75
5.7.2 Einspannzapfen.....	75
5.7.3 Schrauben.....	76
5.7.4 Ziehende Spannelemente.....	76
5.8 Lagebestimmung der Kraftresultierenden.....	77
5.8.1 Allgemeines.....	77
5.8.2 Lagebestimmung mit Schneidkräften einzelner Stempel.....	78
5.8.3 Lagebestimmung mit den Längen der Schnittlinien.....	78
5.8.4 Lagebestimmung mit Linienschwerpunkten.....	78
5.8.5 Lagebestimmung bei Mehrfachschneidwerkzeugen.....	79
5.9 Streifeneinteilung und Stückzahlberechnung je Tafel.....	80
6 Grundlagen des Biegeumformens.....	85
6.1 Biegeverfahren und -kräfte.....	85
6.2 Spannungen im Band beim Biegen.....	86
6.3 Rückfederung beim Biegen.....	87
6.4 Berechnung der Zuschnittlänge.....	89

7 Biegewerkzeuge	91
7.1 Grundlagen.....	91
7.1.1 Aufnahme der Umformkräfte im Werkzeug.....	91
7.1.2 Einlaufkante.....	91
7.1.3 Aufnahmeformen für Zuschnitte.....	93
7.2 Federeinbau.....	95
7.3 Anwendung von Kunstharzen.....	99
7.4 Waagerechtbewegung im Werkzeug.....	101
7.5 Rollbiegen.....	104
7.6 Lage des Einspannzapfens.....	106
8 Grundlagen des Tiefziehens	108
8.1 Tiefziehverfahren und -kräfte.....	108
8.1.1 Prinzip des Tiefziehens.....	108
8.1.2 Tiefziehverhältnis.....	109
8.1.3 Ziehspalt.....	110
8.1.4 Ziehkantenradius beim Ziehen mit Blechhalter.....	111
8.1.5 Tiefziehkraft.....	113
8.1.6 Niederhalterkraft.....	114
8.1.7 Tiefziehenergie.....	115
8.1.8 Tiefziehleistung.....	115
8.2 Schmierung beim Tiefziehen.....	115
8.3 Wärmebehandlung zwischen Folgezügen.....	118
8.3.1 Allgemeines.....	118
8.3.2 Rekristallisationsglühen.....	119
8.4 Abhängigkeit des Werkzeugaufbaus von der Pressenart.....	121
8.5 Der Blechhalter beim Werkzeugentwurf.....	124
8.6 Ziehen über Wülste.....	127
8.7 Ermittlung der Zuschnitte für Tiefziehteile.....	128
8.7.1 Zuschnittgröße runder Näpfe.....	128
8.7.2 Zuschnittform unrunder Ziehteile mit senkrechten Zargenwänden.....	130
9 Ziehwerkzeuge	135
9.1 Werkzeuge für doppeltwirkende Ziehpressen.....	135
9.1.1 Bauteile.....	135
9.1.2 Ausführungsformen von Napf-Ziehwerkzeugen.....	135
9.2 Werkzeuge für einfachwirkende Pressen mit Ziehkissen.....	137
9.2.1 Ziehen zylindrischer, runder Näpfe.....	137
9.2.2 Ziehen unrunder Hohlteile mit senkrechten Zargenwänden.....	139
9.2.3 Berechnungsgrundlagen zur Werkzeugkonstruktion.....	141
9.3 Ziehfehler beim Ziehen mit Blechhalter.....	143

9.4 Blechhalterloses Tiefziehen.....	148
9.5 Abstreckziehen	153
9.6 Werkstoffe für Tiefziehwerkzeuge.....	154
10 Verbundwerkzeuge	157
10.1 Grundlagen	157
10.1.1 Einteilung und Bauweisen der Werkzeuge	157
10.1.2 Richtlinien für den Aufbau der Folgeverbundwerkzeuge	160
10.1.3 Lage des Druckmittelpunktes (Kraftresultierende)	171
10.2 Ausführung einiger Folgeverbundwerkzeuge	172
10.2.1 FVW in Plattenbauweise	172
10.2.1.1 FVW in offener Plattenbauweise	172
10.2.1.2 FVW in Plattenbauweise mit federnder Streifenfestklemmung	173
10.2.1.3 FVW mit Säulengestell und starrem Abstreifer	175
10.2.1.4 FVW mit federnder Führungsplatte.....	175
10.2.1.5 Berechnung der wirksamen Umformkräfte für federnde Führungsplatte....	179
10.2.1.6 FVW säulengeführt, mit getrennt federnden Platten	181
10.2.1.7 Berechnung der wirksamen Umformkräfte für getrennt federnde Platten ..	183
10.2.1.8 FVW säulengeführt mit Wippe	186
10.2.1.9 FVW für Rollbiegen mit Umformungen in Stößelbewegung.....	188
10.2.2 FVW in Modulbauweise	191
11 Verbundwerkzeuge „Schneiden-Ziehen“	193
11.1 Auswahl des geeigneten Werkzeuges	193
11.2 Verbundwerkzeug Ziehen-Beschneiden.....	193
11.3 Verbundwerkzeug Ausschneiden-Ziehen-Lochen	194
11.4 Verbundwerkzeug Lochen-Ausschneiden-Kragendurchziehen	196
11.5 Verbundwerkzeug Ausschneiden-Ziehen-Flanschbeschneiden	197
11.6 Verbundwerkzeug Formbiegen-Ziehen-Lochen-Beschneiden.....	199
11.7 Verbundwerkzeug Ausschneiden-Ziehen-Lochen-Beschneiden.....	200
12 Werkstoffe für den Werkzeugbau	203
12.1 Aufbau und Umformwerkstoffe	203
12.2 Formgebung gehärteter Teile	207
12.3 Hartmetalle im Werkzeugbau.....	210
12.3.1 Sorten und deren Anwendungsbereiche.....	210
12.3.2 Verarbeitung.....	211
12.3.3 Oberflächenbeschichtung von Hartmetallen	212
12.3.4 Hinweise zur Befestigung von Hartmetallen.....	212
12.3.5 Hochtitancarbidgehaltige Hartmetalle (CERMETS).....	213

13 Werkzeuge der Feinschneidtechnik	214
13.1 Werkzeugarten.....	214
13.2 Werkzeugausführungen.....	214
13.2.1 Gesamtschneidwerkzeug System <i>beweglicher Stempel</i>	214
13.2.2 Gesamtschneidwerkzeug System <i>fester Stempel</i>	215
13.2.3 Folgewerkzeuge und Folgeverbundwerkzeuge	217
13.3 Werkstoffe für Feinschneidwerkzeuge.....	218
13.4 Schmierung beim Feinschneiden.....	219
13.5 Berechnung ausgewählter Werkzeugwerkstoffe	219
14 Federn im Werkzeugbau	221
14.1 Einbau von Druckfedern	221
14.1.1 Federanordnung.....	221
14.1.2 Federführung	221
14.1.3 Spielraum über dem Kopf der Hubbegrenzungsschraube	224
14.1.4 Federüberbeanspruchung.....	224
14.2 Zylindrische Schraubendruckfedern.....	226
14.3 Tellerfedern	228
14.4 Elastomer-Druckfedern	234
14.5 Gasdruckfedern	236
15 Einbezug verschiedener Technologien in den Stanzprozess	237
15.1 Stanzpaketieren mit Durchsetzungen	237
15.2 Stanz-Laser-Paketieren.....	238
15.3 Berechnung der erforderlichen Laserleistung.....	240
16 Kriterien für Hochleistungswerkzeuge	242
16.1 Allgemeine Anforderungen und Konstruktionshinweise	242
16.2 Berücksichtigung hoher Hubfrequenzen	243
16.3 Schneidwerkstoffe	245
16.4 Hinweise zur Modulbauweise	246
16.5 Maßnahmen bei hoher Hubfrequenz	247
16.6 Erprobung und Abnahme der Werkzeuge beim Hersteller.....	248
17 Überwachung von Stanzwerkzeugen	249
17.1 Auswertbare Messgrößen	249
17.2 Messstellen für das Überwachen	249

17.3 Abschätzen der Messgrößen	251
17.4 Anforderungen und Auswahlkriterien.....	252
17.5 Kraftmessungen	253
17.6 Lichtschnitt-Messungen	254
17.7 Bildverarbeitung.....	256
17.8 Auswertung von Messergebnissen.....	256
18 Pressen für Stanzwerkzeuge und Vorschubapparate	258
18.1 Allgemeine Anforderungen.....	258
18.2 Berechnungsgrundlagen.....	258
18.2.1 Stanzkraft	258
18.2.2 Verfügbares Arbeitsvermögen	259
18.2.3 Erforderliche Antriebsleistung	260
18.3 Statische Genauigkeit von Pressen.....	260
18.3.1 Statische Genauigkeit ohne Last	260
18.3.2 Statische Genauigkeit unter Last.....	261
18.4 Dynamische Genauigkeit der Presse	261
18.4.1 Dynamische Genauigkeit ohne Last.....	261
18.4.2 Dynamische Genauigkeit unter Last	262
18.5 Konstruktive Lösungen für schnelllaufende Hochleistungspressen.....	262
18.5.1 Hochleistungspressen mit Massenausgleich für hohe Hubfrequenzen	262
18.5.2 Führungen für den Stößel in der Bandlaufe Ebene.....	263
18.5.3 Thermisch neutrale Führungen	264
18.5.4 Vierpunktantrieb des Pressenstößels.....	265
18.6 Konstruktive Lösungen für Feinstanzpressen	265
18.6.1 Mechanischer Antrieb	265
18.6.2 Hydraulischer Antrieb.....	266
18.7 Pressengestelle	267
18.8 Vorschubapparate.....	267
19 Automatisierung des Stanzprozesses	271
19.1 Peripheriegeräte und Stanzzentren	271
19.2 Steuerung von Stanzprozessen.....	272
20 Berechnungsbeispiele.....	276
21 Literatur, Normen und Richtlinien	297
21.1 Im Text erwähnte Literatur	297

21.2 Zeitschriften.....	297
21.3 Fachbücher	297
21.4 Seminarunterlagen.....	298
21.5 Normen und Richtlinien	298
21.5.1 Begriffe der Stanztechnik.....	298
21.5.2 Stanzteile	298
21.5.3 Werkzeuge der Stanztechnik	298
21.5.4 Schnittflächenqualität beim Schneiden.....	301
21.5.5 Federn für die Stanztechnik.....	302
21.5.5.1 Zylindrische Schraubendruckfedern.....	302
21.5.5.2 Gasdruckfedern	302
21.5.5.3 Elastomer-Druckfedern	302
21.5.6 Pressen.....	303
Sachwortverzeichnis.....	304