

Inhaltsverzeichnis Fachbuch Fügetechnik

1 Fügen im Überblick	13
1.1 Fügetechnik – Bedeutung, Geschichte und Entwicklungsstand.....	13
1.1.1 Bedeutung der Fügetechnik	13
1.1.2 Herkunft und Inhalte des Wortes Fügen	13
1.1.3 Fügen als Zeugnis des planenden menschlichen Schaffens	14
1.1.4 Aus der Geschichte der Fügetechnik	16
1.1.5 Entwicklungsstand der Fügetechnik	20
1.2 Grundlagen des Fügens und der Fügeverbindungen	23
1.2.1 Grundlagen	23
1.2.2 Fügeverfahren	25
1.2.3 Fügeverbindungen	54
1.2.3.1 Grundlagen	54
1.2.3.2 Schlussarten	55
1.2.3.3 Grundeigenschaften elementarer Fügeverbindungen	57
1.2.3.4 Kombinierte Fügeverbindungen	58
1.3 Fügbarkeit	61
1.3.1 Grundlagen	61
1.3.2 Werkstoff – werkstoffbedingte Fügeeignung	61
1.3.3 Technologie – fertigungsbedingte Fügemöglichkeit	62
1.3.3.1 Grundlagen	62
1.3.3.2 Vorbereitung zum Fügen	63
1.3.3.3 Durchführung des Fügens	64
1.3.3.4 Nachbehandlung	67
1.3.4 Konstruktion – konstruktionsbedingte Fügesicherheit	68
1.3.4.1 Grundlagen	68
1.3.4.2 Beanspruchung, Beanspruchbarkeit und Gestaltung	68
1.3.4.3 Dimensionierung	72
1.4 Qualitätssicherung	74
1.4.1 Grundlagen	74
1.4.2 Qualitätsüberwachung der Fertigung	76
1.4.3 Qualitätskontrolle der Verbindungen	77
1.4.3.1 Grundlagen	77
1.4.3.2 Zerstörungsfreie Prüfungen	77
1.4.3.3 Zerstörende Prüfungen	78
1.5 Numerische Simulation in der Fügetechnik	81
1.6 Nacharbeit, Reparatur und Recycling	84
1.6.1 Grundlagen	84
1.6.2 Nacharbeit	85
1.6.3 Reparatur	86
1.6.4 Recycling	87
1.7 Arbeitsschutz	87
1.8 Umweltschutz	91

2 Lötten	94
2.1 Einleitung	94
2.2 Grundlagen	94
2.3 Begriffe	96
2.3.1 Lötten und Lötverbindung	96
2.3.2 Grundwerkstoff und Zusatzwerkstoff/Lot	97
2.3.3 Lötbarkeit	97
2.3.3.1 Löteignung	97
2.3.3.2 Lötmöglichkeit	98
2.3.3.3 Lötsicherheit	98
2.4 Ausbildung von Lötverbindungen – physikalisch/chemische Vorgänge	99
2.4.1 Grundlagen	99
2.4.2 Benetzung und Ausbreitung des Lots	99
2.4.3 Kapillarwirkung	101
2.4.4 Ausbildung von Bindungen	103
2.5 Werkstoffe	105
2.5.1 Grundlagen	105
2.5.2 Grundwerkstoffe	107
2.5.2.1 Eisengußwerkstoffe und Stähle	107
2.5.2.2 Aluminium und seine Legierungen	108
2.5.2.3 Kupfer und seine Legierungen	109
2.5.2.4 Nickel und seine Legierungen	110
2.5.2.5 Hartmetalle	110
2.5.2.6 Keramik-Metall-Verbindungen	111
2.5.3 Lote	112
2.5.3.1 Klassifizierung	112
2.5.3.2 Allgemeine Kriterien der Lotauswahl	114
2.5.3.3 Weichlote	115
2.5.3.4 Hartlote	116
2.5.4 Hilfsstoffe	121
2.5.4.1 Schutzgase	121
2.5.4.2 Vakuum	124
2.5.4.3 Flussmittel	124
2.5.4.4 Weitere Hilfsstoffe	127
2.6 Technologie	128
2.6.1 Grundlagen	128
2.6.1.1 Einteilung der Lötverfahren	128
2.6.1.2 Lötanlagen und Lötvorrichtungen	130
2.6.2 Vorbereitung zum Lötten	131
2.6.2.1 Vorbehandlung	131
2.6.2.2 Weitere Maßnahmen der Vorbereitung zum Lötten	132
2.6.3 Durchführung von Lötprozessen	134
2.6.3.1 Grundlagen	134
2.6.3.2 Kolbenlöten	136
2.6.3.3 Rollenlöten	136
2.6.3.4 Lotbadtauchlöten	137
2.6.3.5 Wellen- oder Schwalllöten	138
2.6.3.6 Ultraschalllöten	140
2.6.3.7 Wiederaufschmelzlöten	140

2.6.3.8	Salzbadlöten	140
2.6.3.9	Flammlöten	141
2.6.3.10	Warmgaslöten	142
2.6.3.11	Induktionslöten	142
2.6.3.12	Widerstandslöten	146
2.6.3.13	Ofenlöten	150
2.6.3.14	Strahllöten	154
2.6.3.15	Lichtbogenlöten	157
2.6.4	Nachbehandlung	158
2.6.4.1	Grundlagen	158
2.6.4.2	Verfahren der Nachbehandlung	159
2.7	Konstruktion	160
2.7.1	Grundlagen	160
2.7.2	Eigenschaften von Lötverbindungen	161
2.7.2.1	Grundlagen	161
2.7.2.2	Korrosionsbeständigkeit	161
2.7.2.3	Mechanische Eigenschaften	162
2.7.2.4	Weitere Eigenschaften	163
2.7.3	Gestaltung von Lötverbindungen	166
2.7.3.1	Grundlagen	166
2.7.3.2	Konstruktive Lösungen	168
2.7.4	Bemessung von Lötverbindungen	173
2.7.5	Zeichnerische Darstellung	173
2.8	Qualitätssicherung	175
2.8.1	Grundlagen	175
2.8.2	Qualifizierung des Personals	175
2.8.3	Überwachung der Fertigung	175
2.8.4	Kontrolle der Verbindung	176
2.8.4.1	Prüfverfahren	176
2.8.4.2	Imperfektionen an Lötverbindungen	178
2.8.5	Bewertung der Lötverbindungen	179
2.9	Nacharbeit, Reparatur und Recycling von Lötverbindungen	180
2.9.1	Nacharbeit und Reparatur	180
2.9.2	Recycling	181
2.9.2.1	Grundlagen	181
2.9.2.2	Pyrometallurgische Verfahren	181
2.9.2.3	Nasschemische Verfahren	182
2.10	Arbeits- und Umweltschutz	183
2.10.1	Arbeitsschutz	183
2.10.2	Umweltschutz	184
3	Kleben	185
3.1	Einleitung	185
3.2	Grundlagen	185
3.2.1	Abgrenzung und wichtige Begriffe	185
3.2.2	Bindungskräfte	187
3.2.3	Thermodynamische Gesetzmäßigkeiten	188
3.2.3.1	Allgemeine Bemerkungen	188
3.2.3.2	Benetzungswinkel (Kontaktwinkel, Randwinkel)	189

	3.2.3.3	Oberflächen- bzw. Grenzflächenspannung	190
	3.2.4	Grundlegende Eigenschaften von polymeren Werkstoffen	191
	3.2.5	Vor- und Nachteile des Klebens	193
3.3		Werkstoffe	194
	3.3.1	Klebbare Werkstoffe	194
	3.3.1.1	Grundlagen	194
	3.3.1.2	Metalle	195
	3.3.1.3	Kunststoffe	195
	3.3.1.4	Silikatische Werkstoffe	196
	3.3.1.5	Holz	197
	3.3.1.6	Mischverbunde	197
	3.3.2	Klebstoffe	197
	3.3.2.1	Grundlagen	197
	3.3.2.2	Einteilung von Klebstoffen	197
	3.3.2.3	Bezeichnung von Klebstoffen	198
	3.3.2.4	Bestandteile von Klebstoffen	203
	3.3.2.5	Ausgewählte Klebstoffsysteme	211
	3.3.3	Hilfsstoffe	215
3.4		Klebtechnologie	216
	3.4.1	Grundlagen	216
	3.4.2	Klebsverfahren	217
	3.4.3	Klebstoffauswahl	217
	3.4.4	Oberflächenbehandlung	218
	3.4.4.1	Grundlagen	218
	3.4.4.2	Oberflächenvorbereitung	218
	3.4.4.3	Oberflächenvorbehandlung	220
	3.4.4.4	Oberflächennachbehandlung	220
	3.4.5	Klebstoffverarbeitung	220
	3.4.5.1	Grundlagen	220
	3.4.5.2	Dosieren	221
	3.4.5.3	Mischen	222
	3.4.5.4	Auftragen	222
	3.4.6	Fügen der Bauteile	226
	3.4.6.1	Zuführen, Vereinigen und Fixieren der Werkstücke	226
	3.4.6.2	Verfestigen des Klebstoffs	227
	3.4.7	Entformen und Nachbehandlung der Klebverbindung	227
3.5		Gestaltung von Klebverbindungen	228
	3.5.1	Allgemeine Konstruktionsregeln	228
	3.5.2	Konstruktionsprinzipien und Beispiele	229
3.6		Qualitätssicherung beim Kleben	230
	3.6.1	Grundlagen	230
	3.6.2	Qualitätsüberwachung der Fertigung	231
	3.6.3	Qualitätssicherung der Klebverbindungen	233
	3.6.3.1	Zerstörungsfreie Prüfungen	233
	3.6.3.2	Zerstörende Prüfungen	234
3.7		Nacharbeit, Reparatur und Recycling von Klebverbindungen	237
3.8		Arbeits- und Umweltschutz beim Kleben	239

4. Fügen durch Umformen	240
4.1 Einleitung	240
4.2 Grundlagen	241
4.2.1 Begriffe	241
4.2.2 Einteilung der Verfahren	242
4.3 Fügen durch Umformen ohne Verbindungselemente	242
4.3.1 Übersicht der Verfahrensvarianten	242
4.3.2 Falzen und Bördeln	247
4.3.2.1 Grundlagen	247
4.3.2.2 Technologie	248
4.3.2.3 Werkstoff	250
4.3.2.4 Konstruktion	251
4.3.2.5 Qualitätssicherung	251
4.3.3 Clinchen und Flachpunktverfahren	252
4.3.3.1 Grundlagen	252
4.3.3.2 Technologie	253
4.3.3.3 Werkstoff	261
4.3.3.4 Konstruktion	261
4.3.3.5 Qualitätssicherung	263
4.3.4 Linienförmiges Fügen	264
4.3.4.1 Grundlagen	264
4.3.4.2 Technologie	265
4.3.4.3 Werkstoff	266
4.3.4.4 Konstruktion	266
4.3.4.5 Qualitätssicherung	267
4.4 Fügen durch Umformen mit Verbindungselementen	268
4.4.1 Verfahren mit ausschließlicher Werkstückumformung	268
4.4.1.1 Übersicht der Verfahrensvarianten	268
4.4.1.2 Stanznieten mit Vollniet	269
4.4.1.3 Fließlochformendes Schrauben	273
4.4.2 Verfahren mit ausschließlicher Verbindungselementumformung	277
4.4.2.1 Übersicht der Verfahrensvarianten	277
4.4.2.2 Vollnieten	278
4.4.2.3 Blindnieten	284
4.4.2.4 Schließbringnieten	292
4.4.3 Verfahren mit Werkstück- und Verbindungselementumformung – Stanznieten mit Halbhohlmet	298
4.4.3.1 Übersicht der Verfahrensvarianten	298
4.4.3.2 Grundlagen	298
4.4.3.3 Technologie	299
4.4.3.4 Werkstoff	302
4.4.3.5 Konstruktion	302
4.4.3.6 Qualitätssicherung	302
4.5 Allgemeine Qualitätssicherung umformtechnischer Fügeverbindungen	304
4.6 Nacharbeit, Reparatur und Recycling von umformtechnisch gefügten Bauteilen	306
4.7 Arbeits- und Umweltschutz beim Fügen durch Umformen	308
5 Literaturhinweise	309
6 Sachwortverzeichnis	315