

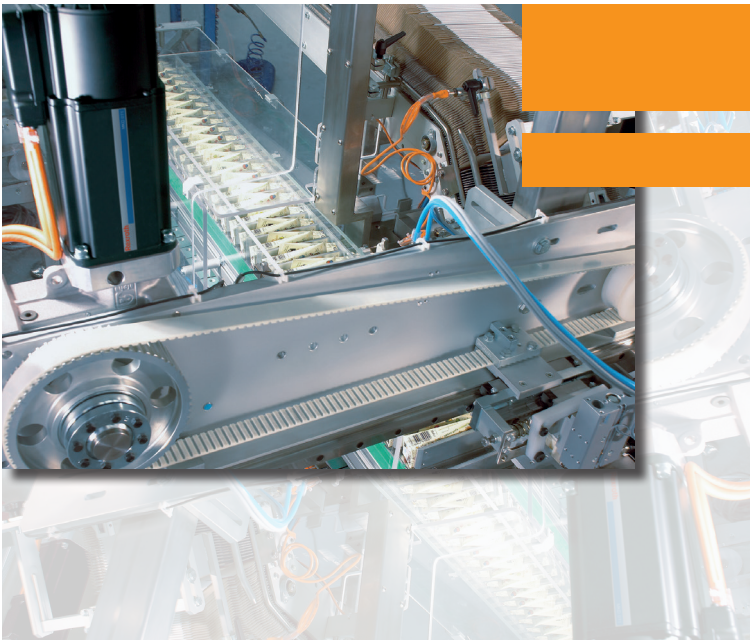
Leseprobe

Christiani

seit 1931

Alfred Kruff · Hans Lennert · Rolf Schiebel · Hermann Wellers

Tabellenbuch Mechatronik mit Formelsammlung



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

Inhalt

Grundlagen.....	11
Physikalische Größen, Einheiten und Konstanten	11
Formelzeichen und Einheiten	13
Mathematische Zeichen	15
Zahlensysteme	16
Rechnen mit Dualzahlen	17
Codes	18
Mathematische Grundlagen	22
Formelumstellung	25
Flächenberechnung	26
Volumenberechnung	27
Physikalische Formeln	28
Mechanik	29
Einfache Antriebe	31
Formeln der Elektrotechnik	32
Gleichstromtechnik	32
Elektrisches Feld	36
Magnetisches Feld	38
Wechselstromtechnik	40
Drehstromtechnik	49
Symbole und Schaltzeichen der Elektrotechnik	52
Bauelemente der Elektrotechnik	63
Elektrische Widerstände	63
Nichtlineare Widerstände	66
Heißleiter	66
Kaltleiter	67
Spannungsabhängige Widerstände	67
Kondensatoren	68
Halbleiterbauelemente	71
Kenzeichnung von Halbleitern	71
Farbcodierung von Dioden	72
Bipolare Transistoren	74
Feldeffekttransistoren	76
Thyristoren	79
Optoelektronische Bauelemente	81
Operationsverstärker	85
Wichtige Kenndaten des Operationsverstärkers	85
Grundschaltungen mit Operationsverstärkern	86
Logische Verknüpfungen	88
NAND- und NOR-Schaltungstechnik	91
Bistabile Kippglieder	91
Zeitverzögerung	93
Schaltalgebra	94
Schaltkreisfamilien	95
Arbeitstabelle	96
Wahrheitstabelle	96
Kühlung von Halbleiterbauelementen	99
Elektrochemische Spannungsquellen	99
Primärelemente	99
Sekundärelemente	101
Akkumulatoren	102
Errichtung elektrischer Anlagen	107
Netzsysteme	107
Elektrische Anlagen bis 1000 V, Begriffe	109
Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag	111
Wirkung des elektrischen Stromes auf den menschlichen Körper	111
Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren	111

4

Inhalt

Schutz durch Kleinspannung – SELV und PELV	111
Schutz gegen elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen	112
Schutzklassen	116
Schutzmaßnahmen im TN-System	116
Schutzmaßnahmen im TT-System	117
Schutzmaßnahmen im IT-System	118
Schutztrennung	119
Schutz durch RCD	120
RCD-Typen	120
Leitungen und Kabel	122
Leitungsberechnung	122
Mindestquerschnitte von Kabeln und Leitungen	123
Aderfarben	124
Spannungsangaben für Starkstromleitungen	124
Bauartkurzzeichen von Starkstromkabeln	125
Harmonisierte Leitungen	126
Leitungsverlegung, Strombelastbarkeit, Leitungsschutz	130
Prüfung von Anlagen und Verbrauchsmitteln	141
Erstprüfung	141
Messung der Durchgängigkeit des Schutzleiters	141
Messung des Isolationswiderstandes	143
Messung der Schleifenimpedanz und des Netzzinnenwiderstands	145
Messung des Erdungswiderstandes	147
Prüfung des Drehfeldes	147
Prüfung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	148
Spannungsprüfung	149
Schutz gegen Restspannung	149
Prüfung elektrischer Geräte	149
Wiederholungsprüfungen	150
Schutzleiterprüfung	151
Messung des Isolationswiderstandes	152
Messung des Schutzleiterstromes	154
Messung des Berührungstromes	155
Nachweis der sicheren Trennung bei SELV und PELV	156
Funktionsprüfung	156
Beurteilung, Dokumentation	156
Blindleistungskompensation	158
Berechnung der Kompensationskondensatoren	158
Blindleistungsregler	159
Überspannungsschutz	162
Schutzkonzept	163
Auswahl der Ableiter	164
Starkstromkabel	166
Steckvorrichtungen	168
Elektrische Maschinen und Antriebe	171
Betriebsarten elektrischer Maschinen	171
Bauformen und Aufstellung	173
IP-Schutzarten	176
Erwärmung elektrischer Maschinen	178
Betriebswerte von oberflächengekühlten Drehstrommotoren	179
Normmaße von Drehstrommotoren	188
Drehstrom-Asynchronmotoren	190
Kondensatormotor	193
Gleichstrommotoren	195
Schrittmotoren	198
Bremsen von Elektromotoren	199
Servomotoren	200
Motorschutz	201
Standardschaltungen mit Elektromotoren	206
Transformatoren	208
Wichtige Größen des Transformators	209

Inhalt

5

Kurzschlussspannung	210
Drehstromtransformator	211
Sondertransformatoren	214
Messwandler	216
Auswahl des Antriebsmotors	216
Kühlung	217
Anpassung an die Arbeitsmaschine	217
Inbetriebnahme elektrischer Maschinen	218
Störungen bei Elektromotoren	219

Messtechnik und Sensorik 221

Grundbegriffe der Messtechnik	221
Darstellung von Messgrößen	222
Genauigkeitsklasse	222
Sinnbilder zur Beschriftung von Messgeräten	222
Zeigermessgeräte	223
Digitale Multimeter	224
Leistungsmessung	225
Arbeitsmessung	226
Messen mit dem Oszilloskop	229
Sensoren	233
Digitales Sensorsystem	234
Schaltzeichen von Messkettengliedern	234
Temperatursensoren	235
Widerstandsmessfühler	235
Thermoelemente	236
Weg- und Winkelmessung	237
Drehzahlmessung	239
Drehgeber	240
DMS-Bauformen	241
DMS-Messschaltungen	242
Drucksensoren	245
Induktive Näherungsschalter	247
Kapazitive Näherungsschalter	249
Ultraschallsensoren	249
Optoelektronische Sensoren	250
Füllstandmessung	253
Durchflussmessung	253

Automatisierungstechnik 255

Grundbegriffe der Steuerungstechnik	255
Schütze	257
Relais	259
Schutzbeschaltung	261
Befehls- und Meldegeräte	262
Farben für Drucktaster, Leuchtdrucktaster und Anzeigen	262
Befehlsgeber	262
Leuchtmelder	263
Grenztaster	263
Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	264
Binäre Verknüpfungen	265
Steueranweisungen	265
Operanden/Zuordnungsliste	266
Programmiersprachen AWL, FUP, KOP	266
Merker-Klammern	268
Abfrage von Öffnern	268
Speicher	269
Zeitfunktionen und Zähler	270
Programmsprung	272
Flankenbewertung	272
Ablaufsteuerung, Schrittsteuerung	273

6

Inhalt

Befehle, Aktionen	274
Lineare Schrittkette	276
Verzweigung, Sprung und Schleife	277
GRAFSET	278
Strukturierte Programmierung	281
Programmbausteine	281
Sprachelemente, Datentypen und Variablen	282
Variablen und Variablendeklaration	283
Strukturierter Text	284
Wortverarbeitung	286
Operationen und Operanden	286
Arithmetische Funktionen	287
Vergleichsfunktionen	287
Analogwertverarbeitung	287
Kleinsteuerung	288
Regelungstechnik	290
Regelkreis	290
Elemente einer Regelstrecke	291
Zeitverhalten von Führungsgrößen	291
Zeitverhalten von Regelkreisgliedern	292
Stetige Regeleinrichtungen	292
Stetige Regeleinrichtungen mit Operationsverstärkern	295
Regelstrecken	296
Zeitverhalten von Regelstrecken	297
Einstellung von Reglern	298
Verlauf eines Regelvorganges	298
Reglereinstellung nach Ziegler und Nichols	298
Reglereinstellung nach Chien, Hrones und Reswick	299
Zweipunktregelung	299
Digitale Regelung	300
Industriebussysteme	302
ASI-Bus	305
ASI Safe	309
Multi Point Interface (MPI)	309
Profibus	310
Profinet	315
Interbus	325
CAN-Bus	325
Safety Bus	326
Maschinensicherheit	327
Zusätzliche Stromkreise	327
Sicherheitskategorien	329
Risikobeurteilung	330
Not-Befehlseinrichtung	334
Not-Aus und Drahtbruchsicherheit	335
Zweihandverriegelung	335
Beschaltung einer SPS	335
Selbstüberwachende Sicherheitsschaltung	336
Not-Aus-Schaltgerät	336
Erdschlusssicherheit	337
Steuertransformator	338
Netzanschluss	338
Toleranzbereich der Versorgungsspannung	339
Elektromagnetische Verträglichkeit	340
Filtereinsatz	342
Netzqualität	343
Stromrichter	347
Kennzeichnung von Stromrichtern	347
Ungesteuerte Stromrichter (Gleichrichter)	348
Gesteuerte Stromrichter	348
Wechselrichter	353

Inhalt

7

Drehzahlsteuerung von Drehfeldmaschinen	354
Gleichstromsteller	357
Wechselstromsteller	357
Schutz von Halbleitern und Stromrichtern	358
Halbleiterschütz	359
Softstarter	360
Frequenzrichter	365
Netz- und Gerätefilter	373
Schaltschrank und Leitungsführung	373
Spannungsversorgung von Betriebsmitteln	374
Kenndaten von Gleichrichterschaltungen zur Spannungsversorgung	374
Siebschaltungen und Spannungsstabilisierung	375
Schaltnetzteile	376
Oberschwingungen	378

Installationstechnik 381

Sicherheitsregeln	381
Arbeiten unter Spannung	381
Zulässiger Spannungsfall	382
Installationsrohre	382
Installationsschaltungen	384
Schalten von Leuchtstofflampen	387

Technische Dokumentation 389

Normung	389
Technisches Zeichnen	389
Papierformate	389
Beschriftung	390
Maßstäbe	390
Linien	390
Projektionen	390
Körperansichten	391
Bemaßung	392
Gewinde	395
Kenzeichnung von Schaltplänen	395
Kenzeichnung elektrischer Betriebsmittel	396
Stromlaufpläne	411
Regeln für Stromlaufpläne	411
Klemmverbindungen	413
Übergangswiderstand von Klemmen	414
Kontakttabellen	415
Hauptstromkreis und Steuerstromkreis	417
Anschlusstabelle (Klemmenplan)	419
Anordnungsplan	419
Stromkreisverteiler	420
Programmablaufplan (Flussdiagramm)	421
Elementare Programmstrukturen	421
Metalltechnische Bemaßung	424
Toleranzen	430
Toleranzangaben in Zeichnungen	434
Formtoleranzen	435
Lagetoleranzen	436
Geometrische Produktspezifikation (GPS)	438
Symbole der Prüftechnik	443
Allgemeintoleranzen	444
Passungen	445
Auswahl von Passungen	446
System Einheitsbohrung	448
System Einheitswelle	450
Grenzabmaße für Bohrungen	452
Grenzabmaße für Wellen	452

8

Inhalt

Oberflächenangaben	456
Wärmebehandelte Werkstücke in Zeichnungen	460
Beschichtete Oberflächen	463
Schweißen und Löten	463
Darstellung von Schweißnähten	463
Bemaßung von Schweißnähten	465
Stoß- und Nahtarten	465
Kennzahlen für Schweiß- und Lötverfahren	469
Schweißpositionen	470
Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen	470
Gewindedarstellung	471
Löcher, Schrauben, Niete	473
Darstellung und Bemaßung von Löchern	474
Darstellung und Bemaßung von Gewinden	475
Darstellung und Bemaßung von Senkungen	476
Darstellung von Zentrierbohrungen	479
Rändel	480
Freistiche	481
Schraffuren	481
Werkstückkanten	482
Zahnräder, Sinnbilder für Getriebepläne	485
Dichtelemente	486
Wälzlager	488
Federn	490
Gewindeausläufe, Gewindefreistiche	491
Freistiche, Zentrierbohrungen	492
Senkungen	494

Informationstechnik 499

Aufbau eines Computers	499
Externe Schnittstellen	500
Parallele Schnittstelle	501
Serielle Schnittstelle	502
USB-Schnittstelle	502
Stecker	503
Bluetooth	505
Speichermedien	505
Flachbildschirm	509
Drucker	510
LAN und WLAN	512
Netzwerkkomponenten	514
Verkabelung von Netzwerken	515
Verbinder	518
Lichtwellenleiter	519
Netzwerkprotokolle	524
Datensicherheit	528
Datenschutz-Grundverordnung	530

Anhang 1071

Spezifischer Widerstand	1071
Spezifische Leitfähigkeit	1071
Temperaturbeiwert	1071
Beziehung zwischen Einheiten	1072
Längeneinheiten	1073
Flächeneinheiten	1073
Volumeneinheiten	1074
Masseeinheiten	1075

Inhalt

9

Geschwindigkeits- und Beschleunigungseinheiten	1076
Dielektrizitätszahlen fester und flüssiger Stoffe	1077
Permeabilitätszahlen	1078
Magnetisierungskurven	1078
Koerzitivfeldstärken	1078
Eisenblechkerne	1079
Dauermagnetwerkstoffe	1080
Stoffabscheidung durch Elektrolyse	1081
Normenverzeichnis	1082
Deutsch – Englisch	1091
Englisch – Deutsch	1115

Sachwortverzeichnis	1139
----------------------------------	-------------

Inhalt

535

Inhalt

Grundlagen	545
Flächenberechnung	545
Dreieck	545
Strahlensätze	546
Teilungen	547
Gestreckte Länge	548
Verschnitt	549
Volumen, Oberflächen	550
Masse	554
Dichte von Stoffen	555
Schwerpunkt	556
Kraft, Bewegung	557
Reibung	560
Hebel, Drehmoment	563
Zahnradgetriebe	562
Rolle, Flaschenzug, Winde	562
Arbeit, Energie	564
Leistung	567
Wirkungsgrad	568
Fluidtechnik	568
Wärme	574
Belastungsarten	580
Beanspruchungsarten	580
Festigkeitslehre	581
Biegung	584
Torsion, Kerbwirkung	585
Axiale und polare Trägheits- und Widerstandsmomente	586
Symbole und Bildzeichen	589
Werkstofftechnik	599
Periodensystem der Elemente	599
Stoffwerte chemischer Elemente	600
ph-Wert	601
Stoffwerte wichtiger Werk- und Hilfsstoffe	602
Chemische Stoffe und Formeln	603
Längenausdehnungszahlen	603
Bezeichnung für Stähle	604
Grenzgehalte für die Einteilung der Stähle	607
Kurznamen von Stählen	608
Zusatzsymbole der Stähle	610
Werkstoffnummern	612
Stahlgruppennummern	613
Erzeugnisse aus unlegiertem Baustahl	615
Wichtige Stahlsorten	616
Automatenstähle	616
Einsatzstähle	617
Vergütungsstähle	617
Baustähle für spezielle Verwendungszwecke	618
Schweißgeeignete Feinkornbaustähle	619
Kohlenstoffarme, unlegierte Stähle für Schrauben, Muttern und Niete	619
Warmgewalzte Stähle für vergütbare Federn	619
Federstahldraht	620
Nicht rostende Stähle	620
Nicht rostende Chromstähle	620
Druckbehälterstähle	620

536

Inhalt

Warmfeste Druckbehälterstähle und warmfeste Rohrstähle	621
Nicht rostende Chrom-Nickel-Stähle	622
Werkzeugstähle	623
Schnellarbeitsstähle	623
Unlegierte und legierte Kaltarbeitsstähle, Warmarbeitsstähle, Schnellarbeitsstähle	624
Eisen-Gusswerkstoffe	625
Gusseisen mit Lamellengrafit, Grauguss	625
Stahlguss für Druckbehälter	626
Temperguss	627
Gusseisen mit Lamellengrafit	628
Gusseisen mit Kugelgrafit	628
Bainitisches Gusseisen	629
Austenitisches Gusseisen	629
Form und Maßnormen von Stahlerzeugnissen	629
Werkstoffkurzzeichen und Werkstoffnummern	644
Werkstoffnummern für Gusseisenwerkstoffe	644
Werkstoffbezeichnung für Gusseisenwerkstoffe	645
Stoffeigenschaftsänderungen von Stahl	645
Wärmebehandlungsverfahren	645
Glühen	645
Härten	646
Vergüten	646
Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	647
Vergütungsstähle	648
Nicht rostende Stähle	648
Einsatzstähle	649
Druckbehälterstähle	650
Nitrierstähle	650
Werkzeugstähle	651
Automatenstähle	654
Federstahl	655
Stähle für Flamm- und Induktionshärten	655
Nichteisenmetalle	656
Systematische Bezeichnung	656
Zustandsbezeichnung für Kupfer/Kupferlegierungen	656
Europäisches Werkstoffnummernsystem für Kupfer und Kupferlegierungen	657
Werkstoffnummern – Systematik Hauptgruppen 2 und 3	657
Kurzzeichen von Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen	658
Chemische Zusammensetzung, Erzeugnisformen von Aluminium und Aluminiumlegierungen	661
Profile aus Aluminium, Aluminium-Knetlegierungen	666
Magnesium-Knetlegierungen	669
Magnesium- und Titanlegierungen	669
Verbundwerkstoffe (Gleitlagerwerkstoffe)	670
Bleilegierungen für allgemeine Verwendung	670
Gleitlagerwerkstoffe	671
Sinterwerkstoffe	672
Schneidstoffe	673
Schmierstoffe	675
Ökologische Aspekte von Kühlschmiermitteln	675
Korrosion und Korrosionsschutz	677
Behandlung von Metalloberflächen	677
Korrosionsschutz von Metallen	679
Korrosionsarten	680
Korrosionsverhalten wichtiger Metalle	681
Kunststoffe	683
Einteilung von Kunststoffen	683
Kennbuchstaben und Kurzzeichen von Kunststoffen	683
Thermoplastische Kunststoffe für Gleitlager	687
Verhalten von Kunststoffen unter Temperatureinfluss	688
Eigenschaften, Verwendung und Verarbeitung von Kunststoffen	689
Verbundwerkstoffe	691
Werkstoffprüfung	693
Werkstoffprüfung von Metallen	693

Inhalt

537

Spannungs-Dehnungs-Diagramm	693
Zugproben	693
Druckversuch	695
Kerbschlag-Biegeversuch	695
Scherversuch	697
Dauerschwingversuch	697
Wöhlerverfahren	698
Härteprüfung nach Brinell	698
Härteprüfung nach Rockwell	699
Härteprüfung nach Vickers	701
Martenshärte durch Eindringprüfung	702
Werkstoffprüfung von Kunststoffen	702
Zerstörungsfreie Prüfverfahren	704

Fertigungstechnik 707

Fertigungsverfahren	707
Hauptgruppen	707
Begriffe des Spanens	708
Werkzeug-Anwendungsgruppen	710
Schneidstoffe	710
Kühlschmierstoffe	713
Drehzahldiagramm	714
Anwendungsrichtlinien	715
Spezifische Schnittkraft	716
Bohren	716
Bohrertypen und Einsatzgebiete	717
Bohren mit Spiralbohrern aus Schnellarbeitsstahl, Schnittdaten	718
Bohren mit Spiralbohrern aus Hartmetall, Schnittdaten	719
Probleme und deren Abhilfe beim Bohren	719
Reiben und Gewindebohren	719
Maschinelles Gewindebohren und Gewindeformen, Schnittdaten	720
Zulässige Abweichung beim Bohren	721
Bohrungsarten	721
Bohr- und Senkverfahren	721
Aufbohren und Senken	722
Gewindeschneiden	723
Drehen	724
Benennungen und Winkel am Drehmeißel	724
Drehmeißel	725
Wendeschneidplatten	725
Drehmeißel aus HSS	727
Richtwerte für Winkel am Werkzeug, Drehen	728
Drehen mit Schneidkeramik	728
Schnittgeschwindigkeit und Standzeit	730
Kegeldrehen	730
Gewindedrehen	731
Bezeichnung von Wendeschneidplatten	732
Klemmhalter	733
Probleme und deren Abhilfe beim Drehen	735
Fräsen	735
Benennungen und Winkel am Fräser	736
Walzenstirnfräser HSS	737
Schafffräser HSS	738
Hartmetall-Wendeschneidplatten	739
VHM-Schafffräser	741
Bezeichnung von Werkzeugen mit Wendeschneidplatten	742
Richtwerte für Winkel am Werkzeug	743
Probleme und deren Abhilfe beim Fräsen	744
Teilen	744
Schleifen	746

538

Inhalt

Eigenschaften der Schleifkörper	746
Umfangsgeschwindigkeiten der Schleifkörper	747
Arbeitshöchstgeschwindigkeit von Schleifkörpern	748
Bezeichnung von Schleifscheiben	749
Schleifmittel	750
Sägen	754
Bügel sägemaschine	754
Bi-Metall-Sägeband	755
Störungsursachen beim Bandsägen	756
Arbeitsvorbereitung – Vorgabezeit nach REFA	756
Kostenkalkulation	758
Hauptnutzungszeit	759
Schweißen und Löten	764
Schweißpositionen	765
Allgemeintoleranzen für Schweißpositionen	765
Schmelzschweißverfahren	766
Bewerten von Schweißnähten	766
Schweißnahtvorbereitung	768
Schweißbeignung	769
Kennzeichnung von Gasflaschen	769
Gasverbrauch	770
Fehler beim Arbeiten mit dem Schweißbrenner	771
Lichtbogenschweißverfahren	772
Stabelektroden	772
Schweißnahtvolumen	774
Schutzgasschweißen	775
Eigenschaften der Schutzgase	776
MAG-Schweißen	778
WIG-Schweißen	778
MIG-Schweißen	779
Unterpulverschweißen	780
Punktschweißen	781
Thermisches Schneiden	781
Brennschneiden	782
Plasmaschneiden	782
Laserstrahlschneiden	782
Wasserstrahlschneiden	783
Löten	785
Lötverfahren	785
Weichlote	786
Flussmittel zum Weichlöten	786
Hartlote	787
Flussmittel zum Hartlöten	788
Kleben	789
Klebeart, Werkstoffe	789
Abbindebedingungen	789
Vorbehandlung der Klebeflächen	790
Kunststoffkleben	790
Metallkleben	790
Kunststoffschweißen	791
Schmierstoffe	793
Benennung von Schmierstoffen	793
Schmieröle, Sonderöle, Hydraulikflüssigkeiten, Syntheflüssigkeiten	794
Kennbuchstaben und Symbole für Schmierfette	794
Eigenschaften und Einsatz von Schmierfetten	796
Kennbuchstaben und Symbole für Schmierfette	798
Mindestanforderungen an Hydraulikflüssigkeiten	799
Festschmierstoffe	799
CNC-Werkzeugmaschinen	800
Koordinatenachsen und Bewegungsrichtungen	801
Aufbau von CNC-Programmen	801
Adressbuchstaben, Sonderzeichen	803
Werkzeugbahnkorrekturen	807

Inhalt

539

Befehlskodierung von PAL-CNC-Drehmaschinen	808
Befehlskodierung von PAL-CNC-Fräsmaschinen	816
Programmierverfahren	826
Flexible Fertigungssysteme	828
Handhabungs- und Robotertechnik	829
Industrieroboter	834
Additive Fertigung	837
Industrie 5.0	839

Mess- und Prüftechnik 843

Längenprüftechnik	843
Begriffe und Definitionen	843
Messtechnische Begriffe	846
Grundsätze der Längenprüftechnik und Messgeräte	849
Messschieber	851
Messschrauben	852
Messuhren	857
Winkelmessgeräte	859
Maßverkörperungen	861
Parallelendmaße	861
Winkelendmaße	863
Lehren	863
Lehrdorne	864
Lehrringe	866
Rachenlehren	867
Kegellehren	868
Gewindeprüfung	869
Oberflächenprüftechnik	870
Qualitätsmanagement	872

Fluidtechnik 887

Pneumatik	887
Drucklufterzeugung	887
Druckluftaufbereitung	888
Rohrleitungsverlegung	889
Pneumatikzylinder	890
Luftverbrauch	890
Kolbenkraft	891
Kolbengeschwindigkeit	892
Pneumatikventile	893
Wegeventile	893
Verzögerungsventile	893
Druckventile	894
Druckluftmotoren	895
Pumpen	896
Logische Verknüpfungen mit Pneumatikelementen	896
Pneumatische Grundsteuerungen	898
Funktionsdiagramme	900
Wegabhängige Ablaufsteuerungen	902
Elektropneumatische Steuerungen	903
Magnetventile	903
Grundsaltungen der Elektropneumatik	904
Hydraulik	906
Hydrauliköle	906
Berechnung hydraulischer Anlagen	908
Bauelemente einer Hydraulikanlage	910
Hydraulikzylinder	911

540

Inhalt

Hydraulische Ventile	912
Schaltung von Hydraulikventilen	913
Druckventile	914
Stromventile, Drosselventile	916
Sperrventile	916
Hydrospeicher	917
Schläuche und Rohre	917
Hydrauliksteuerungen	918
Proportionalventile	923

Maschinenelemente 925

Gewinde	925
Gewindearten	925
Zusätzliche Eigenschaften von Gewinden	927
Empfohlene Toleranzklassen für Außengewinde	927
Metrisches ISO-Gewinde	928
Feingewinde	928
Rohrgewinde	929
Withworth-Rohrgewinde	929
Metrisches ISO-Trapezgewinde	930
Gewindeausläufe und Gewindefreistiehe	930
Schrauben	931
Schraubenformen	931
Bezeichnung von Schrauben	934
Festigkeitsklassen von Stahlschrauben	935
Mindesteinschraubtiefen	935
Durchgangsbohrungen für Schrauben	935
Mechanische Eigenschaften von Schrauben und Muttern	935
Kennzeichen auf Schrauben und Muttern	937
Gewindearten und Bolzenenden	937
Sicherungseigenschaften von Schrauben	938
Sechskantschrauben	938
Zylinderschrauben	941
Senkschrauben	942
Flachkopfschrauben	943
Sechskant-Sperrzahnschrauben	943
RIPP-Schrauben	944
Stiftschrauben	945
Gewindebolzen, Gewindestangen	945
Anschweißenden	945
Hammerschrauben	946
Augenschrauben	946
Flachrundschrauben	947
Flügelschrauben	947
Verschlusschrauben	948
Gewindestifte	948
Blechschraben	949
Gewindeschneidschrauben	950
Bohrschrauben	950
Kräfte in einer Schraubenverbindung	952
Mechanische Eigenschaften von Schrauben	952
Vorspannkkräfte und Anziehdrehmomente	953
Auswahl von Schaftschrauben	954
Gewinde	954
Metrisches ISO-Gewinde und Toleranzen	954
Grenzmaße für Außen- und Innengewinde	955
Einschraubtlängen	955
Muttern	956
Bezeichnung von Muttern	956
Festigkeitsklassen von Muttern	956

Inhalt

541

Kombination Muttern mit Schrauben	957
Abstreiffestigkeit von Muttern	957
Ausführungsformen von Muttern	958
Schlüsselweiten	966
Vierkante	967
Scheiben	967
Stifte, Kerbnägel, Blindniete	972
Bolzen, Splinte	978
Sicherungsringe, Pass- und Stützscheiben	979
Schraubensicherungen	981
Dichtelemente	983
Passfedern, Scheibenfedern, Nuten	985
Wellenenden, Keilwellen-Verbindungen	988
Werkzeugkegel	989
Wälzlager	990
Bezeichnung von Wälzlagern	990
Maßreihen und Toleranzklassen von Wälzlagern	991
Wälzlager, Bezeichnungen, Kennzeichen	994
Ausführungsformen von Wälzlagern	998
Gleitlager	1001
Schmiernippel	1003
Federn	1005
Kupplungen	1009
Normteile für den Vorrichtungsbau	1011
Zahnradtrieb	1018
Riementrieb	1019
Schneckentrieb	1024
Rollenketten	1025

Arbeits- und Umweltschutz, Instandhaltung 1027

Kennzeichnung von Rohrleitungen	1027
Arbeitsplatzgrenzwert	1027
Biologischer Grenzwert	1027
Biologischer Wert	1027
Schutz vor Gefahrstoffen am Arbeitsplatz	1028
Aufnahme von Gefahrstoffen	1028
Lärmschutz	1028
Gehörschutz	1029
Atemschutz	1030
Handschutz	1030
Fußschutz	1031
Arbeits- und Schutzbekleidung	1032
Abfälle	1033
Entsorgung von Sonderabfällen	1033
Verpackungsverordnung	1034
Recycling von Kunststoffen und Metallen	1035
Verhalten in Notfällen	1035
Hinweisschilder zur Arbeitssicherheit	1036
Sicherheitskennzeichen	1036
Verbotszeichen	1037
Warnzeichen	1038
Gebotszeichen	1039
Brandschutzzeichen	1040
Rettungszeichen	1040
Prüfzeichen	1041
Risikosätze für Gefahrstoffe (H-Sätze)	1041
Sicherheitsratschläge für Gefahrstoffe	1042
Hinweise auf besondere Gefahren	1043
GHS/CLP	1043
Instandhaltung	1045

542

Inhalt

Wichtige Begriffe der Instandhaltung	1046
Abnutzungsvorrat	1046
Fehlermanagement und Fehlersuche	1048
Total Productive Maintenance (TPM)	1048

Berufsübergreifende Qualifikationen 1051

Produktionsfaktoren	1051
Betrieb und Unternehmung	1051
Umwelt und Betrieb	1052
Arbeitsvertrag	1053
Arbeitszeit	1054
Arbeitszeugnis	1054
Arbeitsschutz	1055
Weiterbildung	1055
Kündigung und Kündigungsschutz	1056
Versicherungsarten, Versicherungsprinzipien	1057
Gesetzliche Sozialversicherung	1057
Lohn- und Gehaltsabrechnung	1059
Arbeitsgericht	1059
Sozialgericht	1060
Tarifrecht	1060
Betriebsrat	1061
Rechtsgeschäfte	1062
Betriebliche Kennzahlen	1063
Kalkulation	1064
Kaufvertrag	1067
Abschreibung	1067
Rechtsformen der Unternehmung	1068

Anhang 1071

Spezifischer Widerstand	1071
Spezifische Leitfähigkeit	1071
Temperaturbeiwert	1071
Beziehung zwischen Einheiten	1072
Längeneinheiten	1073
Flächeneinheiten	1073
Volumeneinheiten	1074
Masseeinheiten	1075
Geschwindigkeits- und Beschleunigungseinheiten	1076
Dielektrizitätszahlen fester und flüssiger Stoffe	1077
Permeabilitätszahlen	1078
Magnetisierungskurven	1078
Koerzitivfeldstärken	1078
Eisenblechkerne	1079
Dauermagnetwerkstoffe	1080
Stoffabscheidung durch Elektrolyse	1081
Normenverzeichnis	1082

Deutsch – Englisch	1091
---------------------------------	-------------

Englisch – Deutsch	1115
---------------------------------	-------------

Sachwortverzeichnis 1139

RCD-Typen



121

Errichtung elektrischer Anlagen

Schutz gegen elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen

RCD-Typen

DIN VDE 0664-101

Typ/Zeichen	B+ 	F 
Eigenschaft	Wie B, jedoch bei Wechselfehlerströmen bis 20 kHz mit max. Auslösewert von 420 mA.	Bei sinusförmigen Wechselfehlerströmen und pulsierenden Gleichfehlerströmen der Bemessungsfrequenz und bei einem Gemisch von Wechselfehlerströmen unterschiedlicher Frequenzen. RCDs vom Typ F erfassen keine glatten Gleichfehlerströme und dürfen B bzw. B+ <i>nicht</i> ersetzen.
Kennzeichen	K <i>RCD mit kurzverzögerter Abschaltung</i> Minimale Auslöseverzögerung von 10 ms; geeignet für Verbrauchsmittel, die beim Einschalten einen hohen Ableitstrom haben.	
	S <i>RCD mit selektiver Abschaltung</i> Die Auslösung erfolgt zeitverzögert. Dadurch lässt sich bei Reihenschaltung von RCDs Selektivität erreichen.	

Elektr. Anlagen

RCCB (Residual Current Circuit-Breaker)
 Fehlerstromschutzschalter *ohne* integrierten Überstromschutz.

RCBO (Residual Current operated Circuit-Breaker with integral Overcurrent Protection)
 Fehlerstromschutzschalter *mit* integriertem Überstromschutz (LS-Schalter).

RCU (Residual Current Unit)
 Fehlerstromeinheit zum Anbau an LS-Schalter.

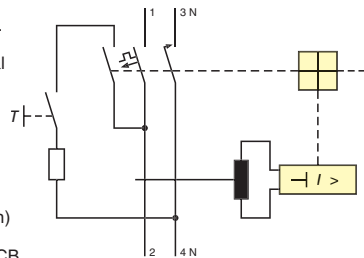
CBR (Circuit-Breaker incorporating Residual current protection)
 Leistungsschalter mit Fehlerstromschutz, Einsatz im Industriebereich, wenn wegen des hohen Bemessungsstromes ein RCCB nicht eingesetzt werden kann.

SRCD (fixed Socket-outlet with Residual Device)
 Ortsfeste Fehlerstromschutzzeineinrichtung in Steckdosenausführung zur Erhöhung des Schutzpegels nach E DIN VDE 0662.
 Dürfen *nicht* zur *Automatischen Abschaltung der Stromversorgung* verwendet werden, da sie den Verbraucher *nicht* vom speisenden Netz trennen.

PRCD (Portable Residual Current Device)
 Ortsveränderliche Fehlerstromschutzzeineinrichtung ohne integrierten Überstromschutz.
 Dienen nur der Schutzpegelerhöhung (s. SRCD) bei Anwendung ortsveränderlicher Verbrauchsmittel an einer fest installierten Steckdose.

Schutzpegelerhöhung ist ein *ergänzender Schutz*, der eine evtl. *geforderte* Schutzmaßnahme (z. B. Automatische Abschaltung der Stromversorgung) *nicht* ersetzt.

Trenneigenschaft
 RCDs dürfen zum *Freischalten* von Stromkreisen eingesetzt werden. Keinesfalls aber zum *betriebsmäßigen Schalten* von Stromkreisen.



Schaltung eines RCBO nach Herstellerunterlagen

122

Leitungsberechnung, Mindestquerschnitt, Strombelastbarkeit

Errichtung elektrischer Anlagen

Leitungen und Kabel

DIN VDE 0100-520

Mindestquerschnitt

Strombelastbarkeit

Spannungsfall

Für Leitungen und Kabel gelten anwendungsbezogene Mindestquerschnitte.

Die Strombelastbarkeit darf nicht überschritten werden.

Sie ist abhängig von der Verlegeart und der Umgebungstemperatur und den Umgebungsbedingungen.

Niemals darf sich die Leitung oder das Kabel unzulässig erwärmen.

Max. Spannungsfall Hausanschluss-Zähler

- Bis 100 kVA: 0,5 %
- Über 100 kVA bis 250 kVA: 1 %
- Über 250 kVA bis 400 kVA: 1,25 %
- Über 400 kVA: 1,5 %

Zähler-Steckdose
Maximal 3 %

Beleuchtung
Maximal 3 % (6 % in privaten Netzen)

Sonst
Maximal 5 % (8 % in privaten Netzen)

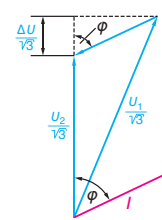
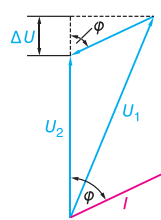
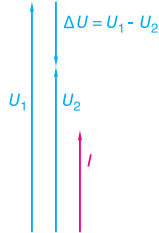
Leitungsberechnung

Gleichstromleitung

**Einphasen-
Wechselstromleitung**

**Dreiphasen-
Wechselstromleitung**

Zeigerbild



Spannungsfall

$$\Delta U = I \cdot R_L$$

$$R_L = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$R_L = \frac{l}{\gamma \cdot A}$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\gamma \cdot A}$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$$

Leistungsverlust

$$P_V = I^2 \cdot R_L$$

$$P_V = \frac{2 \cdot I^2 \cdot l}{\gamma \cdot A}$$

$$P_V = \frac{2 \cdot I^2 \cdot l}{\gamma \cdot A}$$

$$P_V = \frac{3 \cdot I^2 \cdot l}{\gamma \cdot A}$$

Prozentualer Spannungsfall

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

$$\rho_U = \frac{\Delta U}{U_1} \cdot 100 \%$$

$$\rho_U = \frac{\Delta U}{U_1} \cdot 100 \%$$

$$\rho_U = \frac{\Delta U}{U_1} \cdot 100 \%$$

Prozentualer Leistungsverlust

$$\rho_P = \frac{P_V}{P} \cdot 100 \%$$

$$\rho_P = \frac{P_V}{P} \cdot 100 \%$$

$$\rho_P = \frac{P_V}{P} \cdot 100 \%$$

Hinweis

l: Leitungslänge

l: Leitungslänge

l: Leitungslänge

Höchstzulässiger Spannungsfall → 122, 382

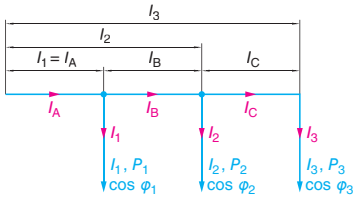
Elektr. Anlagen

Verzweigte Leitung, Mindestquerschnitt

123

Errichtung elektrischer Anlagen

Verzweigte Leitung (gleicher Querschnitt)



- I_1, I_2 Zweigströme in A
- l_1, l_2 Leitungslänge bis Abzweige in m
- I_A, I_B Hauptabschnittsströme in A
- l_A, l_B Hauptabschnittslängen in m
- P_1, P_2 Wirkleistungen der Zweige in W
- $\cos \varphi$ Leistungsfaktoren, bei Wechsel- und Drehstrom

	Gleichstromleitung	Wechselstromleitung	Drehstromleitung
Spannungsfall ΔU	$\Delta U = \frac{2}{\gamma \cdot A} \cdot \Sigma I \cdot l$ $\Delta U = \frac{2}{\gamma \cdot A \cdot U_1} \cdot \Sigma P \cdot l$	$\Delta U = \frac{2 \cdot \cos \varphi_m}{\gamma \cdot A} \cdot \Sigma I \cdot l$ $\Delta U = \frac{2}{\gamma \cdot A \cdot U_1} \cdot \Sigma P \cdot l$	$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi_m}{\gamma \cdot A} \cdot \Sigma I \cdot l$ $\Delta U = \frac{1}{\gamma \cdot A \cdot U_1} \cdot \Sigma P \cdot l$
	$\Sigma I \cdot l = I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2$	$\Sigma P \cdot l = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2$	$\cos \varphi_m$ mittlerer $\cos \varphi$
Prozentualer Spannungsfall	$\rho_U = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100 \%$		
Leistungsverlust P_V	$P_V = \frac{2}{\gamma \cdot A} \cdot \Sigma I^2 \cdot l$	$P_V = \frac{2}{\gamma \cdot A} \cdot \Sigma I^2 \cdot l$	$P_V = \frac{3}{\gamma \cdot A} \cdot \Sigma I^2 \cdot l$
	$I_A = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$ $I_B = I_2 + I_3 + \dots$ $I_C = I_3 + \dots$	$\Sigma I^2 \cdot l = I_A^2 \cdot l_A + I_B^2 \cdot l_B + I_C^2 \cdot l_C$	
Prozentualer Leistungsverlust	$\rho_P = \frac{P_V}{P} \cdot 100 \%$		

- ΔU Spannungsfall
- U_1 Spannung am Leitungsanfang
- U_2 Spannung am Leitungsende
- R_L Leitungswiderstand
- I Strom in der Leitung
- γ spezifische Leitfähigkeit
- A Leiterquerschnitt
- $\cos \varphi$ Leistungsfaktor
- P_V Verlustleistung
- P Leistung Verbrauchsmittel

Mindestquerschnitte von Kabeln und Leitungen DIN VDE 0100-520

Feste Verlegung	Aderleitung Mantelleitung Kabel	Lichtstromkreise, Leistungsstromkreise	1,5 mm ² Cu	16 mm ² Al
		Meldestromkreise, Steuerstromkreise	0,5 mm ² Cu (Elektronik 0,1 mm ² Cu)	–
	Blanke Leiter	Leistungsstromkreise	10 mm ² Cu	16 mm ² Al
		Meldestromkreise, Steuerstromkreise	4 mm ² Cu	
Bewegliche Verbindungen	Schutz- und Funktionskleinspannung für besondere Anwendungen		0,75 mm ² Cu	
	Vieladrige flexible Leitungen mit mindestens 7 Adern		0,1 mm ² Cu	

Starkstromkabel → 125

Elektr. Anlagen

124

Aderfarben, Spannungsangaben

Elektr. Anlagen

Errichtung elektrischer Anlagen			
Aderfarben bei Niederspannungsleitungen und Kabeln			DIN VDE 0293-308
Anzahl Adern	Mit grün/gelber Ader Kurzzeichen J bzw. G	Ohne grün/gelbe Ader Kurzzeichen O bzw. X	Mit konzentrischem Leiter
2	—		
3			
4			
5			
6 und mehr	weitere Adern BK mit Ziffern	BK-Adern mit Ziffern	BK-Adern mit Ziffern
Aderfarben in mehradrigen Kabeln für feste Verlegung			DIN IEC 60757
Anzahl Adern	Mit grün/gelber Ader Kurzzeichen J bzw. G	Ohne grün/gelbe Ader Kurzzeichen O bzw. X	Mit konzentrischem Leiter
2	—		
3			
4			
5			—
6 und mehr	weitere Adern BK mit Ziffern	BK-Adern mit Ziffern	BK-Adern mit Ziffern
Aderfarben in mehradrigen Kabeln für ortsveränderliche Verbraucher			
Anzahl Adern	Mit grün/gelber Ader Kurzzeichen J bzw. G	Ohne grün/gelbe Ader Kurzzeichen O bzw. X	Mit konzentrischem Leiter
2	—		—
3			—
4			—
5			—
6 und mehr	weitere Adern BK mit Ziffern	BK-Adern mit Ziffern	—
BK: Black (Schwarz), BN: Brown (Braun), GY: Grey (Grau), BU: Blue (Blau), GNYE: Green/Yellow (Grün-Gelb)			
Spannungsangaben von Starkstromleitungen		DIN VDE 0250/0281/0282/0298	
Betriebsspannung	Spannung zwischen Außenleitern		
U_0	Bemessungsspannung zwischen Außenleiter und Metallmantel bzw. Erde		
U	Bemessungsspannung zwischen den Außenleitern		
$\frac{U_0}{U} = \frac{1}{\sqrt{3}}$	Spannungsverhältnis bei Kabeln für Drehstromsysteme		
$\frac{U_0}{U} = \frac{1}{2}$	Spannungsverhältnis bei Kabeln für Gleichstrom- und Einphasensysteme		
$\frac{U_0}{U} = 1$	Spannungsverhältnis bei Kabeln für Gleichstrom- und Einphasensysteme, wenn der Außenleiter isoliert ist		

Bauartkurzzeichen für harmonisierte Leitungen → 126

Bauartkurzzeichen, Betriebsspannung

125

Errichtung elektrischer Anlagen

Bauartkurzzeichen von Kabeln

DIN VDE 0271, DIN VDE 0276

N	Kennzeichnung der Bestimmung genormte Ausführung	F	Bewehrung Bewehrung aus Stahlfachdraht
A	Leiterausführung Leiter aus Aluminium	FO	Bewehrung aus Stahlfachdraht, offen
C	konzentrischer Leiter aus Kupfer	R	Bewehrung aus Stahlrunddraht
CE	konzentrischer Leiter aus Kupfer, bei drei- adriigen Kabeln über jeder Ader aufgebracht	Gb	Gegen- oder Haltewendel aus Stahlband
CW	konzentrischer Leiter aus Kupfer, wellenförmig aufgebracht	A	Schützhülle Schützhülle aus Faserstoff
Y	Isolierung Isolierung aus Polyvinylchlorid (PVC)	E	Schützhülle mit eingebetteter Schicht aus Elastomerband oder Kunststoffolie
2X	Isolierung aus vernetztem Polyethylen (VPE)	-J	Schutzleiter Kabel mit grün/gelb gekennzeichneten Ader für Kabel mit $U_0/U = 0,6 \text{ kV/1 kV}$
2Y	Isolierung aus Polyethylen (PE)	-O	Kabel ohne grün/gelb gekennzeichneten Ader für Kabel mit $U_0/U = 0,6 \text{ kV/1 kV}$
E	Schirmung einzeln mit einem Metallmantel umgebene Adern (Dreimantelkabel)		Adernzahl
H	Schirmung beim Höchststädter-Kabel		Leiterquerschnitt in mm²
S	Schirm aus Kupfer		Leiterform
SE	Schirm aus Kupfer, bei dreiadriigen Kabeln über jede Ader aufgebracht	RE	runder, eindrätiger Leiter
K	Mantel Bleimantel	RF	runder, feindrätiger Leiter
KL	gepresster, glatter Aluminiummantel	RM	runder, mehrdrätiger Leiter
Y	Mantel aus Polyvinylchlorid (PVC)	SE	sektorförmiger, eindrätiger Leiter
YV	verstärkter PVC-Mantel	SM	sektorförmiger, mehrdrätiger Leiter
2Y	Mantel aus Polyethylen (PE)		Schirmquerschnitt wird nach dem Kurzzeichen für den Außen- leiter hinter einem Schrägstrich angegeben
B	Bewehrung Bewehrung aus Stahlband		Bemessungsspannung

Elektr.
Anlagen

Höchste dauernd zulässige Betriebsspannung

DIN VDE 0298

Bemessungsspannung U_0/U in kV	Höchste dauernd zulässige Spannung in kV zwischen den Außenleitern		
	Einphasen-Wechselstrom		Dreiphasen- Wechselstrom
	ein Außenleiter geerdet	beide Außenleiter isoliert	
0,6/1	0,7	1,4	1,2
3,6/6	4,1	8,3	7,2
6/10	7,0	14,0	12,0
12/20	14,0	28,0	24,0
18/30	21,0	42,0	36,0

Bauartkurzzeichen für Starkstromkabel mit Kunststoffisolierung

DIN VDE 0273

N	Ader Normtyp	S	Leiter, Schirm, Bewehrung Schirm aus Kupfer
A	Aluminiumleiter (Kupferleiter sind nicht beson- ders gekennzeichnet)	SE	Schirm aus Kupfer, bei dreiadriigen Kabeln über jeder einzelnen Ader aufgebracht
Y	Isol. aus thermoplastischem Polyethylen (VPE)	(F)	längswasserdichter Schirmbereich
C	Leiter, Schirm, Bewehrung konzentrischer Leiter aus Kupfer	F	Bewehrung aus verzinkten Stahlfachdrähten
CW	konzent. Leiter aus Kupfer, bei dreiadriigen Kabeln über jeder einzelnen Ader aufgebracht	G	Gegen- oder Haltewendel aus verzinktem Stahlband
		R	Bewehrung aus Stahlrunddrähten

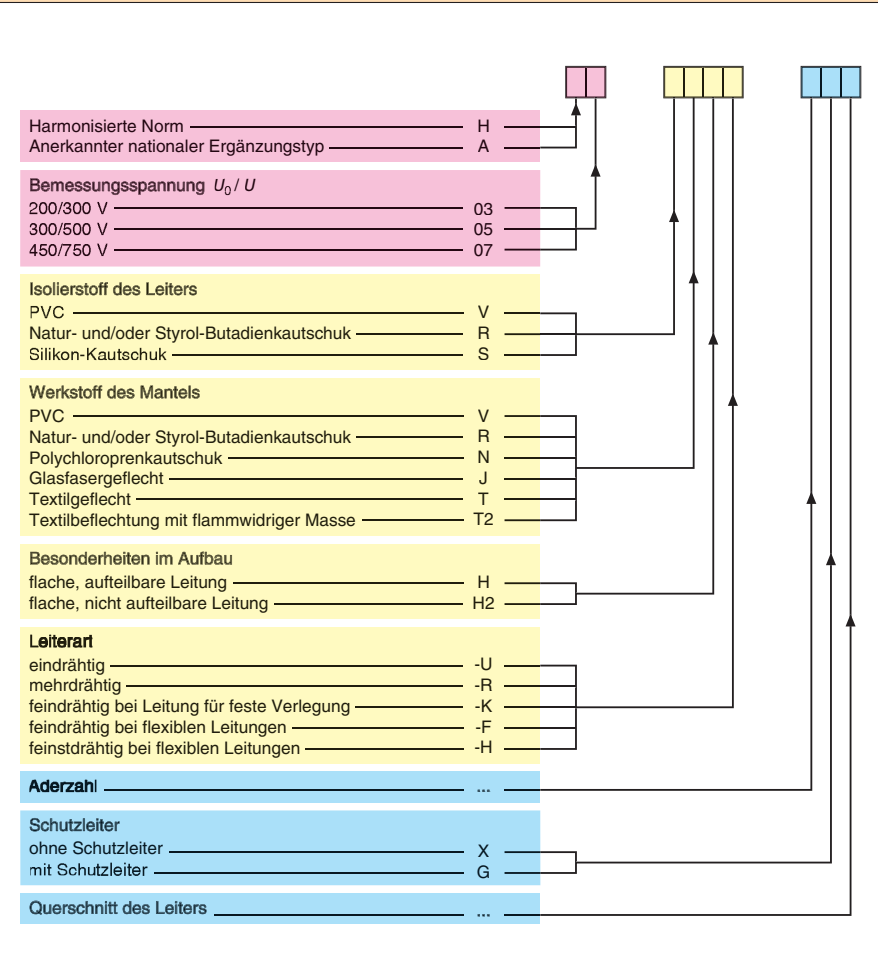
126 Bauartkurzzeichen für harmonisierte Leitungen, Betriebsspannung

Errichtung elektrischer Anlagen

Bauartkurzzeichen für Starkstromkabel mit Kunststoffisolierung

K	Mantel Bleimantel		Nennquerschnitt in mm²
Y	PVC-Mantel	RE	Leiterangaben eindrähtiger Rundleiter
2Y	PE-Mantel	RM	mehrdrähtiger Rundleiter
	Kabel mit $U_0 = 0,6/1$ kV ohne konzentrischen Leiter werden zusätzlich gekennzeichnet	SE	eindrähtiger Sektorleiter
J	Kabel enthält grün/gelbe Ader	SM	mehrdrähtiger Sektorleiter
O	Kabel enthält keine grün/gelbe Ader		

Bauartkurzzeichen für harmonisierte Leitungen DIN VDE 0281/0282



Elektr. Anlagen

674

Schneidstoffe

Werkstofftechnik

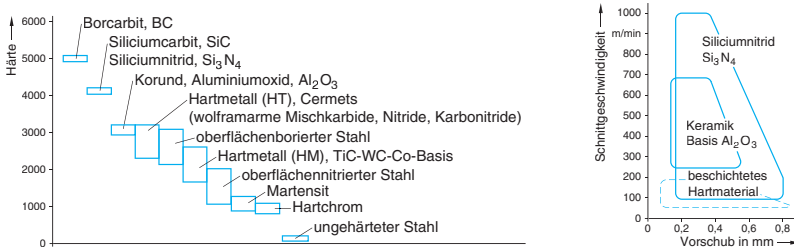
Werkstofftechnik

Schneidstoffe

DIN ISO 513

Hartmetalle

Vergleich der technologischen Eigenschaften wichtiger Schneidstoffe



Klassifizierung und Anwendung harter Schneidstoffe

Kennbuchstabe/ Farbe	Anwendungsgruppen	Werkstoff
P Kennfarbe blau	P01 P05 P10 P15 P20 P25 P30 P35 P40 P45 P50	alle Arten von Stahl und Stahlguss, ausgenommen nicht rostender Stahl mit austenitischem Gefüge
M Kennfarbe gelb	M01 M05 M10 M15 M20 M25 M30 M35 M40	nicht rostender austenitischer, austenitisch-ferritischer Stahl und Stahlguss
K Kennfarbe rot	K01 K05 K10 K15 K20 K25 K30 K35	Gusseisen mit Lamellengrafit oder Kugelgrafit, Temperguss
N Kennfarbe grün	N01 N05 N10 N15 N20 N25 N30	Aluminium und andere Nichteisenmetalle, Nichtmetallwerkstoffe
S Kennfarbe braun	S01 S05 S10 S15 S20 S25 S30	hochwärmfeste Speziallegierungen auf Grundlage von Eisen, Nickel und Kobalt, Titan und Titanlegierungen
H Kennfarbe grau	H01 H05 H10 H15 H20 H25 H30	gehärteter Stahl, gehärtete Gusseisenwerkstoffe, Gusseisen für Kokillenguss

Verschleißfestigkeit und Schnittgeschwindigkeit steigend

Vorschub und Zähigkeit steigend

Schmierstoffe

675

Werkstofftechnik

Schmierstoffe

Kühlschmierstoffe für die spanende Formgebung

Arten und Anwendung

DIN 51385

Wirkung	Art	Erläuterung	
	SESW Kühlschmierlösungen	Lösungen, Dispersionen	anorganische Stoffe in Wasser Schleifen organische oder synthetische Stoffe in Wasser Spanen mit großer Schnittgeschwindigkeit
		Emulsion	2 – 20 % lösbarer Kühlschmierstoff in Wasser hohe Kühlwirkung, geringe Schmierwirkung, Drehen, Fräsen, Bohren mit hoher Schnittgeschwindigkeit bei leicht zu bearbeiteten Werkstoffen, hohe Arbeitstemperaturen
	SN nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe	Schneidöl	Mineralöle mit Zusätzen zur Erhöhung der Schmierfähigkeit niedrige Schnittgeschwindigkeiten, hohe Oberflächengüte, schwer zerspanbare Werkstoffe, optimale Schmier- und Korrosionsschutzwirkung

Werkstofftechnik

Auswahl von Kühlschmierstoffen

Werkstoff	Drehen		Fräsen	Bohren	Reiben	Sägen	Räumen	Gewinde-schneiden	Gewinde-schleifen	Schleifen	Walz-fräsen, Walzstoßen	Hon- en, Lappen
	Schrup- pen	Schlich- ten										
Stahl	E, L	E, S	E, L, S	E, S	S, E	E	S, E	S	S	E, L, S	S	S
Gusseisen, Temperguss	tr.	E, S	tr., E	tr. E	tr., S	tr., E	E	S, E	S	L, E	S, E	S
Cu, Cu-Leg.	tr.	tr., E	tr., E, S	tr., S, E	tr., S	tr., S	S	S	-	E, L	-	-
Al, Al-Leg.	E, S	tr., S	S, E	S, E	S	S, E	S	S	-	E	-	-
Mg-Leg.	tr., S	tr., S	tr., S	tr., S	S	tr., S	S	S, tr.	-	-	-	-

E: Emulsion S: Schneidöl L: Lösung tr: trocken

Ökologische Aspekte von Kühlschmierstoffen (KSS)

Kühlschmierstoffe können *gesundheitsgefährdend* sein und werden deshalb nur in geringen Mengen eingesetzt. Sie müssen vor der *Entsorgung* gesondert behandelt werden, Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und Abwasserverordnung (AbwV).

Minimalmengen-Kühlschmierung: ca. 20 – 50 ml/h

Werkstück, Späne und Maschine bleiben trocken und müssen nicht gereinigt werden. Die aufzubereitende Kühlschmiermittelmenge ist sehr gering.

676

Schmierstoffe

Werkstofftechnik

Werkstofftechnik

Schmierstoffe

Abfallarten nach dem europäischen Abfallverzeichnis (AVV)

Benennung	Kennbuchstabe nach DIN 51385	Abfall-Schlüsselnummer nach AVV	Beispiele
Bohröle, Schneidöle, Schleiföle	SN	120 106 (halogenhaltig)	nicht wassermischbares KSS
	SEM	120 107 (halogenfrei)	wassermischbares MSS ohne Öl-Wasser-Gemische
Synthetische Bearbeitungsöle	SES	120 110	KSS auf synthetischer Basis ohne Öl-Wasser-Gemische
Feinbearbeitungsöle	SN	120 106 (halogenhaltig) 120 107 (halogenfrei)	Honöle, Läppöle, Finishöle
Biogene Öle	SN	130 207	Pflanzenöle
Bohr- und Schleifemulsionen, Emulsionsgemische oder andere Öl-Wasser-Gemische	SEMW	120 108 (halogenhaltig) 120 109 (halogenfrei)	Kühlschmiermittel-Emulsionen
	SESW		Kühlschmierlösungen
Öl aus Öl- oder Wasserabscheidern		130 506	KSS-Pflegeanlagen (Filter, Zentrifugen, Magnetabscheider)
Hon-, Läpp- und ölhaltige Schleifschlämme		120 111 120 202	
Schlämme aus Öltrennanlagen, Ölabscheiderinhalte		130 502	

Behandlung der Kühlschmierstoffe (KSS)

Wassergemischte KSS

- Behandlung mit organischen Spaltnitteln und Trennung in Ölphase und Wasserphase (Dauer: ca. 1 Tag).
- Membranfiltration in Reihenfolge steigendem Rückhaltvermögens (Dauer: ca. 1 Woche).
- Verdampfung in einem Vakuumverdampfer (ca. 35 °C); Dauer: einige Stunden.
- Nachbehandlung nicht verdampfbarer Rückstände durch Verbrennung und Nanofiltration und Umkehrosmose.

Nicht wassergemischte KSS

- Entfernung der metallischen Feststoffe durch geeignete Reinigungsverfahren.
- Bei Vermischung mit Wasser: Prüfen, ob der KSS ohne Vorbehandlung entsorgt werden kann oder eine Trennung in Ölphase und Wasserphase notwendig ist.

Ölhaltige Rückstände

- Entölung und Entwässerung in Zentrifugen und Pressen.
- Wiederverwendung der abgetrennten Kühlschmierstoffe.
- Sammlung der nicht mehr verwendbaren ölhaltigen Abfälle und bestimmungsgemäße Entsorgung nach dem Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetz.

Korrosion, Korrosionsschutz

677

Werkstofftechnik

Korrosion und Korrosionsschutz

Behandlung von Metalloberflächen

Werkstoff	Beschichtungsverfahren, Überzug	Behandlungsfolge, Kennziffern
Aluminium, rein	Anodisieren	10 - 1 - 22 - 1 - 26 - 1 - 5
Al-Legierung (AlMg)	Anodisieren Galvanisieren	11 - 12 - 1 - 22 - 1 - 26 - 1 - 5 10 - 1 - 12 - 1 - 23 - 1 - 32 - 1
Al-Legierung (AlSi)	Anodisieren Galvanisieren	11 - 13 - 1 - 25 - 1 - 5 10 - 1 - 12 - 1 - 25 - 1 - 32 - 1
Kupfer, rein	Lack, farblos	11 - 21 - 1 - 2 - 5
Cu-Legierung (CuSn, CuZn)	Lack, farblos Chrom, Nickel	11 - 24 - 1 - 2 - 5 10 - 1 - 13 - 1 - 21 - 1 - 31 - 1
Stahl	Farbe, Lacke, Chrom, Nickel, Cadmium, Zink	11 - 20 - 1 - 30 - 1 - 3 - 5 - 33 10 - 1 - 12 - 20 - 1 - 31 - 1 10 - 1 - 12 - 1 - 20 - 1 - 4 - 1
Zink	Galvanisieren	10 - 1 - 12 - 1 - 25 - 1 - 31 - 1

Werkstofftechnik

Kennziffer der Behandlungsverfahren

Ziffer	Verfahren	Ziffer	Verfahren
1	Spülen in Kaltwasser	21	Beizen in 5 - 25 %-iger Schwefelsäure, 40 - 80 °C
2	Spülen in Heißwasser	22	Beizen in 10 %iger Natronlauge, 80 - 90 °C
3	Spülen in 0,2 - 1 %iger Sodalösung (Passivieren)	23	Beizen in 3 %iger Salpetersäure, 80 °C
4	Spülen in 10 %-iger Cyanidlösung	24	Gelbbrennen mit konzentrierter Salpeter- und Schwefelsäure, 1 : 1
5	Trocknen in Warmluft	25	Beizen in verdünnter Flußsäure (3 - 10 %)
10	Kochentfetten in alkalischen Entfettungsbädern	26	Beizen in 30 %iger Salpetersäure
11	Entfetten durch organische Lösungsmittel (Per, Tri, Tetra) durch Abwaschen, Tauchen, Dampfbad	30	Phosphatieren, Chromatieren
12	katodische Entfettung in alkalischer Lösung	31	Vorverkupfern als Zwischenschicht
13	anodische Entfettung in alkalischer Lösung	32	Zinkatbeize (Ausfällen von Zink)
20	Beizen mit 10 %iger Salzsäure, 20 °C, evtl. mit Zusatz von Phosphorsäure und Reaktionshemmern	33	Grundieren mit Rostschutzfarbe

Verfahren	Beschreibung
Anodisieren	Auf metallischen Werkstückoberflächen (vorzugsweise aus Aluminium, Mg, Zn) werden elektrochemisch mehrere Oxidschichten (etwa 20 µm) aufgebracht. Eine Einfärbung der Oxidschicht ist möglich.
Galvanisieren	Mithilfe einer katodischen Metallabscheidung (Werkstück = Kathode) wird in einem elektrochemischen Verfahren eine dünne Metallschicht auf die Werkstückoberfläche aufgetragen. Es lassen sich dadurch sehr gleichmäßige Überzüge erreichen. Überzugsmetalle sind zum Beispiel Chrom, Zink, Kupfer, Messing und Gold.
Kunststoffbeschichten - Wirtelsintern - Flamspritzen	Metallische Werkstücke werden erwärmt und in ein Kunststoff-Pulverbad getaucht. Die Kunststoffpartikel werden aufgeschmolzen und bilden einen haftenden festen Schutzüberzug. Mit einer Spritzpistole wird die Beschichtung auf die Werkstückoberfläche aufgetragen. Es bildet sich ein gut haftender Schutzüberzug.
Weitere Verfahren	Bitumen/Teer, Farbe/Lacke, Phosphatieren, Brünieren, Chromatieren, Aufspritzen, Diffundieren, Tauchen.

678

Korrosion, Korrosionsschutz

Werkstofftechnik

Werkstofftechnik	
Korrosion und Korrosionsschutz	
Behandlung von Metalloberflächen	
Behandlungsverfahren	
Verfahren	Beschreibung
Kugelplattieren	Auf die zu schützende Metalloberfläche wird Metallpulver in Trommeln aufgebracht und aufgehämmert. Besonders geeignet für Kleinteile aus Stahl.
Aufdampfen	Überzug durch Kondensation des im Vakuum verdampften Metalls oder oberflächenkatalytische chemische Reaktion mit gasförmigen Verbindungen des Metalls. Kondensationsverfahren (PVD): physical vapour deposition Chemisches Verfahren (CVD): chemical vapour deposition
Email-Überzug	Wässrige Suspensionen der Email-Komponenten (Schlicker) werden aufgebracht und bei hoher Temperatur (650 – 1000 °C) eingebrannt. Es entstehen glasartige Überzüge.
Elektrochemisch erzeugter oxidischer Überzug	In Elektrolytlösungen entstehen auf Aluminium und Aluminiumlegierungen Oxidüberzüge. Diese lassen sich auch auf anderen Metallen (z. B. nicht rostender Stahl, Titan, Magnesium) erzeugen. Solche Überzüge können farbig sein oder eingefärbt werden.
Nitrierüberzug	Glühen des Metalls in stickstoffabgebender Chemiekalie.
Borier-Überzug	Hergestellt mit pulver-, granulat- oder pastenförmigen Stoffen, die Bor abgeben.
Silicier-Überzug	Hergestellt durch Glühen in Gasen oder Salzschnmelzen, die Silizium abgeben.
Oberflächenvorbereitung	
Mechanische Oberflächenvorbereitung	
Bürsten	Die Metalloberfläche wird mit Bürsten mit einer Besteckung aus Metalldraht, Naturborsten oder Kunststoffborsten vorbereitet.
Strahlen	Ein Strahlmittel wird mit kinetischer Energie durch einen Gasstrom, durch einen Flüssigkeitsstrom oder durch Schleuderräder auf der Metalloberfläche zum Aufprall gebracht.
Schleifen	Die Metalloberfläche wird durch körnige Schleifmittel, durch Schleifvliese oder durch Stahlwolle vorbereitet.
Schaben	Die Metalloberfläche wird manuell mit einer gehärteten Stahlschneide vorbereitet.
Reinigen mit Drahtnadeln	Insbesondere zur Entfernung von Verunreinigungen aus Ecken und Winkeln wird die Metalloberfläche mit einer Drahtnadel-Druckluftpistole vorbereitet. Verwandte Verfahren sind das Meißel-, Fräs- und Klopffverfahren.
Thermische Oberflächenvorbereitung	
Flammstrahlen	Zur Entfernung unerwünschter Stoffe (z. B. Rost, Zunder) wird die Metalloberfläche kurzzeitig mit einem Flammstrahlbrenner bei reduzierend eingestellter Flamme erwärmt.
Blankglühen	Beim Blankglühen werden durch reduzierende Gase bei hohen Temperaturen dünne Oxidschichten von der Metalloberfläche entfernt.
Chemische und elektrochemische Oberflächenvorbereitung	
Entfetten	Der Werkstoff wird in flüssigen Medien behandelt: <ul style="list-style-type: none"> • Löse- oder Emulgiermittel, auch unter Anwendung von Ultraschall • Saure, neutrale oder alkalische wässrige Medien, auch unter Anwendung von Ultraschall sowie katodischer und/oder anodischer Polarisation • Tensidhaltige Reizlösungen • Alkalische wässrige Medien mit ölverzehrenden Bakterien

Korrosion, Korrosionsschutz

679

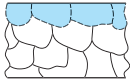
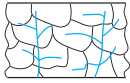
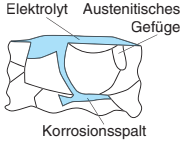
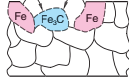

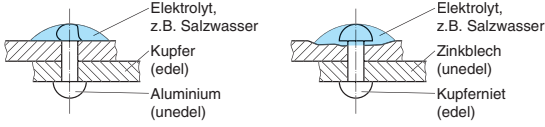
Werkstofftechnik

Werkstofftechnik							
Korrosion und Korrosionsschutz							
Behandlung von Metalloberflächen							
Oberflächenvorbereitung							
Chemische und elektrochemische Oberflächenvorbereitung							
Beizen		<ul style="list-style-type: none"> • Chemische oder elektrolytische Behandlung der Oberfläche zur Entfernung von Oxiden (z. B. Rost, Zunder) und anderen Metallverbindungen. • Beizen von Kupferwerkstoffen mit salpeterhaltigen Lösungen wird als Brennen bezeichnet. Organische Beschichtungen werden hierbei nicht entfernt. 					
Dekapieren		<ul style="list-style-type: none"> • Zum Aktivieren wird die zu bearbeitende Metalloberfläche kurzzeitig chemisch behandelt. 					
Korrosionsschutzschichten						DIN EN ISO 1461	
Bauteile		Oberflächenbeschichtung			Oberflächenbeschaffenheit		
Werkstoff	Dicke mm	Schichtdicken		Flächenbezogene Masse g/m ²	Rostgrade	Gemäß DIN EN ISO 12944 für Neukonstruktionen	
		soll ¹⁾	min.				
Stahl	– 1	50	45	360	A	Stahloberflächen Zunder fest haftend, sonst noch frei von Rost	
	1 – 3	55	50	400	B		Zunder bereits abblättern, leichter Rostangriff
	3 – 6	70	60	500	C		Zunder abgeblättert, wenige leichte Rostnarben sichtbar
	über 6	85	75	610	D		Zunder bereits weggerostet, zahlreiche sichtbare Rostnarben
Guss	–	70	60	500	¹⁾ Ohne Beeinträchtigung der Verwendung der Bauteile ist die Schichtdicke nach oben nicht begrenzt.		
Kleinteile	– 1	55	50	400			
Korrosionsschutz von Metallen, galvanische Überzüge						DIN EN 1403	
Symbole und Bezeichnungen galvanischer Überzüge (Feuerverzinken DIN EN ISO 1461)							
Grundmetalle		Symbole der galvanischen Überzüge			Symbole der Chromat-Umwandlungsüberzüge		
Fe	Eisen und Stahl	Zn	Zink	A	klar gebleicht iriesierend undurchsichtig schwarz		
Zn	Zink	Cd	Cadmium	B			
CU	Kupfer	Ni	Nickel	C			
		Cu	Kupfer	D			
Al	Aluminium	Cr	Chrom	F			
		Sn	Zinn				
		Pb	Blei				
		Ag	Silber				
		Au	Gold				
Beanspruchungsstufen und zugeordnete Beanspruchungen							
Beanspruchungsstufe	Stärke der Beanspruchung						
0	Dekorative Anwendung (ohne Beanspruchung)						
1	Innenraumbeanspruchung in warmer und trockener Atmosphäre						
2	Innenraumbeanspruchung in Räumen, in denen Kondensation auftreten darf						
3	Freibewitterung unter gemäßigten Bedingungen						
4	Freibewitterung unter schweren korrosiven Bedingungen, See- oder Industrieklima						

680

Korrosion, Korrosionsschutz

Werkstofftechnik

Werkstofftechnik		
Korrosion und Korrosionsschutz		
Behandlung von Metalloberflächen		
Korrosionsschutz von Metallen, galvanische Überzüge		DIN EN 1403
Zusätzliche Behandlungen (ausgenommen Umwandlungsüberzüge)		
Symbol	Art der Behandlung	
T1	Anwendung von Farben, Lacken, Pulverbeschichtungen oder ähnlichen Beschichtungsstoffen	<i>Bezeichnungsbeispiel:</i> Galvanischer Überzug EN ISO 2081 – Fe/HT (190)2/Zn12/D/T2: Galvanischer Überzug gemäß DIN EN 12329, Wirkstoff Fe, Wärmebehandlung (HT), 2-stündig, Mindesttemperatur 190 °C (vor einer elektrolytischen Metallabscheidung), 12 µm Zink (D), undurchsichtiger Chromatierüberzug (T2), Oberflächenversiegelung Der doppelte Schrägstrich (//) zeigt eine fehlende Bearbeitungsstufe an. Es hat keine weitere Wärmebehandlung (nach der elektrolytischen Metallabscheidung) stattgefunden. Sofern eine zusätzliche Behandlung vorgeschrieben wird (keine Umwandlungsüberzüge), ist diese Behandlungsart mit den Symbolen T1 – T5 anzugeben.
T2	Anwendung von anorganischen oder organischen Versiegelungsmitteln	
T3	Färben	
T4	Anwendung von Fetten, Ölen oder anderen Schmiermitteln	
T5	Anwendung von Wachsen	
Korrosionsarten		DIN EN ISO 8044
Flächenkorrosion 	Die Werkstückoberfläche wird gleichmäßig durch Umwelteinflüsse (Luft, Regen, Säure, Verwitterung, Verschmutzung) geschädigt und abgetragen. Dadurch verringert sich der Materialquerschnitt und verursacht so eine Schwächung tragender Bauteile.	
Transkristalline Korrosion 	Bei wechselbeanspruchten Bauteilen treten häufig quer zur Spannungsrichtung Risse auf. Diese verlaufen über die Korngrenzen hinweg durch die Körner. Es entsteht eine gefährliche Bauteilchwächung, die mit bloßem Auge nicht erkennbar ist.	
Interkristalline Korrosion  <p>Elektrolyt Austenitisches Gefüge Korrosionsspalt</p>	Elektrochemische Korrosion, die bei Legierungen mit Konzentrationsunterschieden an Korngrenzen und bei Anwesenheit eines Elektrolyten auftritt. Es können Bauteilchwächungen auftreten, die äußerlich nicht erkennbar sind.	Selektive Korrosion  <p>Fe (-) Fe₃C (+)</p> <p>Innerhalb des Werkstücks durch unterschiedliche Potenziale der Legierungsbestandteile.</p>
Lochkorrosion (Lochfraß) 	Tiefere Werkstoffzerstörungen durch starke, örtliche Korrosionswirkung. Erhebliche Bauteilchwächung, mit bloßem Auge oft nur schwer erkennbar.	
Kontaktkorrosion  <p>Elektrolyt, z.B. Salzwasser Kupfer (edel) Aluminium (unedel)</p> <p>Elektrolyt, z.B. Salzwasser Zinkblech (unedel) Kupfermörtel (edel)</p>	Elektrochemische Korrosion beim Fügen verschiedener Metalle und bei Anwesenheit eines Elektrolyten. Das unedle Metall wird aufgelöst und verbindet sich mit dem Elektrolyten. Die Folgen dieser Korrosionsart sind mit bloßem Auge gut erkennbar.	

780

Schutzgasschweißen, Unterpulverschweißen

Fertigungs-
technik

Fertigungstechnik

Fertigungsverfahren

Schutzgasschweißen

Drahtelektroden und Schweißgut zum MAG- und MIG-Schweißen

Drahtelektroden Durchmesser und Stromstärke

Werkstückdicke in mm	bis 1	1 bis 7	7 bis 15
genormter Drahtelektroden Durchmesser in mm	0,8	1,0	1,2
Stromstärke in A	bis 140	bis 220	bis 300

Prinzipskizzen der Schutzgas-Schweißverfahren

<p>MIG-/MAG-Schweißen</p> <p>abschmelzende Draht- oder Fülldraht-elektrode Lichtbogen MIG- bzw. MAG-Brenner aktives oder inertes Schutzgas</p>	<p>Wolfram-Intertgas-Schweißen (WIG)</p> <p>handgeführter Schweißstab Schutzgas Wolfram-elektrode WIG-Brenner (feststehend) Lichtbogen</p>	<p>Wolfram-Plasma-Schweißen (WP)</p> <p>WP-Brenner handgeführter Schweißstab Schutzgas inert Wolfram-elektrode wassergekühlte Kupferdüse Plasmagas (meist Argon) Plasmastrahl</p>
--	---	--

Anwendung der Schutzgas-Schweißverfahren

MAG-Schweißen	große Abschmelzleistung für unlegierte Baustähle, Feinkornbaustähle, Maschinenbaustähle, Chrom-Nickel-Stähle
MIG-Schweißen	Aluminium-, Kupfer-, Titan- und Nickel-Werkstoffe sowie Al-, Cu, Ti- und Ni-Legierungen, geringere Abschmelzleistung
WIG-Schweißen	alle schweißgeeigneten Stähle sowie NE-Metallwerkstoffe und NE-Legierungen, nahezu alle Metalle, geringe Abschmelzleistung
WP-Schweißen	alle schweißgeeigneten Stähle sowie NE-Metallwerkstoffe und NE-Legierungen, geringe Abschmelzleistung, bei mechanisierten Verfahren eingesetzt, hohe Schweißleistung

Unterpulverschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen DIN EN ISO 14171

<p>Drahtelektrode Stromzuführung Pulvertrichter Lichtbogen Pulver Schlacke Schweißnaht Werkstoff Schweißrichtung</p>	Drahtelektroden (Auswahl)	Schweißpulvertypen (vgl. DIN EN ISO 14174)	
	Z, S1, S2, S3, S4	Mangan-Silikat MS	Aluminat-basisch AB
	S1Si, S2Si2, S3Si, S4Si	Calcium-Silikat CS	Aluminat-Silikat AS
	S1Mo, S2Mo, S3Mo, S4Mo	Zirkon-Silikat ZS	Al-Fluorid-basisch AF
	S2Ni, S2Ni1,5, S2Ni2, S2Ni3	Rutil-Silikat RS	Fluorid-basisch FB
S2Ni1Mo, S3Ni1Mo, S3Ni1,5Mo, S2Ni1Cu	Aluminat-Rutil AR	Andere Typen Z	

- hoher thermischer Wirkungsgrad durch Pulverabdeckung
- hohe Abschmelzleistung im Vergleich zu anderen Schweißverfahren
- für Blechdicken ab 6 mm
- für Schiffs-, Brückenbau, Stahlbau
- mechanisierte/automatisierte Schweißverfahren für unlegierte und legierte Stähle
- Chrom-Nickel-Stähle schweißbar

Punktschweißen, thermisches Schneiden, Brennschneiddüsen

781

Fertigungstechnik

Fertigungsverfahren

Punktschweißen – Einstellwerte

Werkstoff	Blechdicke s in mm	Elektroden- durchmesser d in mm	Elektroden- kraft F in kN	Schweißzeit t in Perioden	Schweißstrom I in A	Überlapp- länge l ₀ in mm	Punkt- abstand e in mm
Stahl	0,40 – 1,00	4 – 6	1000 – 2500	4 – 8	5000 – 9000	8 – 13	8 – 20
13Cro44 leg. Stahl	1,00 – 3,00	6 – 10	2500 – 7500	12 – 40	7000 – 14000	13 – 22	20 – 46
verzinktes Stahlblech	0,60 – 1,50	5 – 6	1600 – 4000	7 – 14	8500 – 16500	11 – 16	12 – 30
Aluminium	0,50 – 1,50	13	2250 – 3200	6 – 8	27000 – 35000	12 – 26	–

Fertigungs-
technik

Thermisches Schneiden

Die *thermischen Schneidverfahren* können wie folgt beurteilt werden:

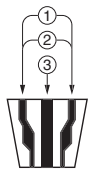
Physik des Schneidvorgangs	Brennschneiden, Schmelzschneiden, Sublemierschneiden
Art der Fertigung	Handschneiden (manuelles Schneiden), teilmechanisches Schneiden, vollmechanisches Schneiden, automatisches Schneiden
Energieträger	Gas, elektrische Gasentladung, Strahl
Anordnung des Wasserbades	über, auf und unter Wasser

Thermisches Schneiden – Begriffe

Begriff	Erläuterung
Schneidgeschwindigkeit	Geschwindigkeit zwischen Werkzeug, zum Beispiel Brenner und Werkstück
Schnittfugenbreite	der vom Schneidstrahl verursachte Abstand der Schnittfläche an den Schnittoberkanten oder bei vorhandenen Abschmelzungen unmittelbar darunter
Rillennachlauf	größter Abstand zweier Punkte einer Schnittrille in Schneidrichtung
Rechtwinkligkeits- und Neigungstoleranz u	Abstand zweier paralleler Geraden, zwischen denen das Schnittflächenprofil unter dem theoretisch richtigen Winkel (bei Senkrechtschnitten also 90°) liegen muss Die parallelen Geraden liegen in einer Ebene, die sowohl auf der Werkstückoberfläche als auch auf der Schnittfläche senkrecht steht
gemittelte Rautiefe R_{VS}	arithmetisches Mittel der Einzelrautiefen fünf aneinander grenzender Einzelmessstrecken (aus ISO 4287-1)
Anschmelzung r	bestimmendes Maß für die Form der Schnittoberkante. Diese kann eine scharfe Kante, eine Schmelzkante mit Überhang oder eine Schmelzperlenkette mit Überhang sein
Kolkungen	Auswaschungen unregelmäßiger Breite, Tiefe und Form vorzugsweise in Schnittdickenrichtung, die sonst eine gleichmäßige Schnittfläche unterbrechen

Brennschneiddüsen

Prinzip:



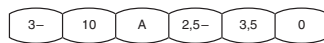
- Gase Heizflamme
 ① Acetylen, Propan, Erdgas
 ② Sauerstoff
 Schneidgas
 ③ Sauerstoff

Typen



Auswahl der Düsen

Die Düsenart ist passend zum Schneidbrenner, ihre Größe passend zur Schneiddicke zu wählen.



782 Plasmaschneiden, Laserschneiden, Laserstrahlschneiden

Fertigungstechnik

Fertigungstechnik								
Fertigungsverfahren								
Thermisches Schneiden								
Einstellwerte: Brennschneiden von Stahl, Acetylendruck ca. 0,2 bar								
Werkstückdicke <i>a</i> in mm	Düsen-Nr.	Fugenbreite mm	Acetylenverbrauch l/min	Sauerstoff			Schneidgeschwindigkeit	
				Gesamtverbrauch l/min	Druck		Trennschnitt mm/min	Konstruktionschnitt mm/min
					Heizen bar	Brennschneiden bar		
3 – 10	1; 2	1,5	4 – 6	27,5 – 36	2,0	2 – 3	870 – 750	720 – 600
10 – 25	3	1,8	6 – 7	41 – 53,5	2,5	2,5 – 4	750 – 600	620 – 400
25 – 40	4	2,0	7 – 7,5	57 – 64	2,7	4 – 5	600 – 530	400 – 330
40 – 60	5	2,2	7,7 – 8,8	83 – 97	3,0	4 – 5	540 – 460	340 – 310
Einstellwerte: Plasmaschneiden 0,5 bis 150 mm								
Werkstoff	Werkstückdicke mm	Stromstärke A		Düsenbohrung mm	Vorschubgeschwindigkeit mm/min		Volumenstrom des Plasmas l/min	
		Trennschnitt	Konstruktionschnitt		Trennschnitt	Konstruktionschnitt		
Stahl unlegiert und niedrig legiert	0,8 – 8	70	120	1,0	> 7000	> 4500	12 – 18	
	8 – 12			1,4	4500 – 2500	3000 – 1100	16 – 20	
	12 – 20			1,4	2500 – 1300	1100 – 700	20 – 24	
Cr-Ni-Stahl rost- und säurebeständig	0,8 – 2	70	120	1,0	> 2800	> 1800	12 – 18	
	2 – 8			1,4	2800 – 950	1800 – 800	16 – 20	
	8 – 18			1,4	950 – 450	800 – 250	20 – 24	
Aluminium und Al-Legierungen	0,8 – 2	70	120	1,0	> 7000	> 4500	12 – 18	
	2 – 6			1,4	7000 – 4000	4500 – 1300	16 – 20	
	6 – 12			1,4	4000 – 1300	1300 – 800	20 – 24	
Plasmagas: Argon-Wasserstoff, Druckluft 5 – 7 bar, Vorschub von Hand								
Einstellwerte: Laserschneiden 0,5 bis 32 mm (Leistung ca. 550 W)								
Werkstoff	Werkstoffdicke <i>a</i> mm	Sauerstoff-Schneidgas bar	Vorschubgeschw. <i>v_c</i> m/min					
Stahl, allgemein Werkzeugstahl Chrom-Nickel-Stahl	1 – 4	1,5 – 3,5	1 – 5					
	2,5 – 5,5	2,5 – 3,5	0,8 – 2,5					
	1 – 4	3,5	0,6 – 4,0					
Chrom-Nickel-Mangan-Stahl AlMg CuSn	≈ 1,5	≈ 3	≈ 4,5					
	0,5 – 1,5	2,0	0,4 – 5,0					
	0,15	2,5	3,0					
CuZn Zink	0,5 – 1,2	2,5	0,4 – 5,0					
	1,0	2,0	3,0					
Laserstrahlschneiden								
Vorteile:				Nachteile:				
<ul style="list-style-type: none"> – kein Werkzeugverschleiß – hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit – 3D-Konturbearbeitung möglich – hoher Automatisierungsgrad – kein Werkzeugwechsel – keine Kosten für Werkzeugerstellung – hohe Konturgenauigkeit – Schnittfugen ≈ 0,2 bis 0,4 mm – Vielzahl an Werkstoffen ist schneidbar 				<ul style="list-style-type: none"> – hohe Investitionskosten – hohe Energiekosten – eingeschränkter Blechdickenbereich – hohe Präzision nur bei dünnen Blechen – hoher Wärmeeintrag in das Bauteil 				