

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Autors	3
Literaturverzeichnis	9
Einleitung.....	11
1 Grundbegriff Drahtziehen	12
2 Arbeitsprinzip der Drahtziehanlagen.....	13
2.1 Kontinuierliches Drahtziehen.....	13
2.2 Gleitendes und gleitloses Drahtziehen	14
2.2.1 Gleitloses Drahtziehen	14
2.2.2 Gleitendes Drahtziehen.....	15
2.2.3 Schlupf	18
2.3 Mehrdrahtziehen und Schnellwechselsystem.....	20
2.4 Rekristallisationsglühen.....	23
2.4.1 Stationäre Glühe (Topfglühe).....	24
2.4.2 Durchlauf-Widerstandsglühe	24
2.4.3 Induktionsglühe	28
2.5 Auf- und Abwickeln von Einzeldrähten und Drahtbündeln.....	30
2.5.1 Dynamisches Wickeln	31
2.5.1.1 Dynamisches Aufwickeln	31
2.5.1.2 Dynamisches Abwickeln	32
2.5.2 Statisches Wickeln	32
2.5.2.1 Statisches Wickeln mit Spulen	32
2.5.2.1.1 Statisches Aufwickeln auf Spulen	33
2.5.2.1.2 Statisches Abwickeln von Spulen.....	34
2.5.2.2 Statisches Auf- und Abwickeln mit Fässern	35
2.5.3 Einzelspuler, Automatikspuler, Doppelspuler, Fördersysteme	36
3 Drahtziehanlagen	38
3.1 Grobzug.....	39
3.1.1 Ablaufsystem am Grobzug.....	40
3.1.2 Grobdraht Ziehmaschine.....	41
3.1.3 Glühe für den Grobzug.....	44
3.1.4 Aufwickelsysteme am Grobzug	45
3.2 Mittelzug, Feinzug, Feinstzug; Mehrdrahtziehmaschinen.....	47
3.2.1 Ablaufsysteme.....	47
3.2.2 Mehrdrahtziehmaschinen für den Bereich 1,4...0,05 mm	48
3.2.3 Aufwickelsysteme für den Bereich 1,4...0,05 mm	52
3.2.4 Vorziehdraht.....	53
3.3 Inlineziehmaschine	54
3.4 Nebenaggregate für Ziehmaschine und Glühe.....	56
3.4.1 Kühlschmierstoffversorgungsanlagen	56
3.4.2 Reinigungsanlagen für Kühlschmierstoffe	58
3.4.3 Kompaktbandfilter	59
3.4.4 Schutzgasatmosphäre in der Glühe	60
3.4.5 Anspitzmaschinen	63

3.4.5.1 Anspitzen mittels Walzen	64
3.4.5.2 Anspitzen mittels Erhitzens	65
3.4.6 Drahtschweißmaschinen	66
3.4.6.1 Warmpressschweißen	67
3.4.6.2 Kaltpressschweißen	67
3.4.6.3 Zusammenfassung Pressschweißverfahren	70
3.4.7 Messgeräte zur Qualitätsüberwachung von Drähten	71
3.4.7.1 Messung des Drahtdurchmessers	71
3.4.7.2 Messung des elektrischen Widerstandes	72
3.4.7.3 Messung der Bruchdehnung	73
3.4.7.4 Messung der Zugspannung am laufenden Draht	73
3.4.7.5 Messung der Schichtdicke metallischer Beschichtungen auf Drähten ...	74
3.4.7.6 Optische Bewertung von Drahtoberflächen und Ziehsteinen	76
3.4.8 Messgeräte zur Störungsbehebung an Drahtziehenanlagen	76
4 Drahtberührende Teile in Ziehmaschine und Glühe	78
4.1 Ziehkonen, Ziehscheiben, Ziehwalzen und Umlenkrollen	79
4.1.1 Ziehkonen, Ziehscheiben, Ziehwalzen	79
4.1.2 Umlenkrollen und Umlenkwalzen	82
4.2 Ziehsteine	83
4.2.1 Diamantziehstein	84
4.2.2 Ziehsteine aus polykristallinem Diamant (PKD)	87
4.2.3 Monokristalliner Diamant	89
4.2.4 Ziehsteinfassung	89
4.2.5 Herstellung der Ziehsteinbohrung	90
4.2.6 Ziehsteingeometrie	90
4.2.7 Verschleiß und Schäden an Ziehsteinen	96
4.2.7.1 Ziehsteinstandzeit	96
4.2.7.2 Schäden an Ziehsteinen	97
4.2.8 Prüfung und Verwaltung von Ziehsteinen	99
4.2.9 Berechnung und Auslegung von Ziehsteinsätzen	101
4.2.9.1 Ein- und mehrstufiges Ziehen	101
4.2.9.2 Ziehsteinsätze nach Drahtverlängerung	106
4.2.9.2.1 Drahtverlängerung nach der Standardmethode	106
4.2.9.2.2 Methode der halben Standard-Toleranz	106
4.2.9.2.3 REDIES Matrix Methode	107
4.2.10 Auswirkung falscher Ziehsteinabstufung auf den Ziehprozess	109
4.3 Kontaktübertragungselemente in der Glühe	112
4.4 Drahttrocknungsdüsen in der Glühe	114
4.5 Drahtführungsstrecken in der gesamten Ziehanlage	116
5 Werkstoff Kupfer	119
5.1 Vom Kupfererz zum Walzdraht	119
5.1.1 Kupfererz	119
5.1.2 Vom Erz zum reinen Kupfer	120
5.1.3 Gießwalzdraht	121
5.1.3.1 Southwire-Verfahren	121
5.1.3.2 Contirod® -Verfahren	122
5.1.3.3 Properzi® Verfahren	122
5.1.4 Weitere Verfahren zur Walzdraht- bzw. Gießdrahtherstellung	123

5.1.4.1 Dipforming.....	123
5.1.4.2 Upcasting	123
5.1.5 Liefergebände von Walzdraht	124
5.1.6 Qualitätsbeurteilung von Walzdraht	125
5.2 Mechanische und elektrische Eigenschaften von Kupfer	129
5.2.1 Einflüsse der Umformung auf die Eigenschaften von Kupfer	129
5.2.2 Reckung und Umformung von Kupferdrähten.....	130
5.2.3 Rekristallisation von Kupfer.....	131
5.2.4 Einfluss von Verunreinigungen auf die Eigenschaften von Kupfer.....	134
5.2.5 Zeitstandfestigkeit von hartem Kupferdraht.....	135
5.3 Drahtbrüche bei der Kupferdrahtproduktion	136
5.3.1 Einschnürungsbruch (Dehnungsabriss)	136
5.3.2 Drahtbruch durch Fremdkörpereinschluss (Einschlussbruch).....	137
5.3.3 Cup and Cone Bruch.....	139
5.3.4 Drahtbruch mit Oberflächenbeschädigung in Form von Krähenfüßen	140
5.3.5 Aufgestautes Kupfer im Ziehkegel	142
5.3.6 Scherbruch.....	143
5.3.7 Spreizbruch	144
5.3.8 Fischmaulbruch.....	144
5.3.9 Bruch in der Glühe	146
5.3.10 Drahtbruchposition und deren Deutung	146
5.3.11 Schlussbetrachtung zum Thema Drahtbrüche	148
6 Störungen beim Ziehen	149
6.1 Fehlermöglichkeiten beim Drahtziehen	149
6.1.1 Drahtbruch	150
6.1.2 Schlechte Drahtoberfläche	150
6.1.3 Dimensionsabweichung	151
6.1.4 Hoher Werkzeugverschleiß	151
6.2 Schlussbetrachtung zum Thema Störungen beim Ziehen.....	152
7 Kühlschmierstoffe	155
7.1 Wassermischbarer Kühlschmierstoff für den Kupferdrahtzug.....	155
7.2 Umgang mit wassermischbaren Kühlschmierstoffen im Einsatz	167
7.2.1 Arbeiten beim Wechsel des Kühlschmierstoffes	167
7.2.2 Wasser.....	168
7.2.3 Neuansatz des Kühlschmierstoffes	169
7.2.4 Pflege des Kühlschmierstoffes / Messmethoden.....	169
7.2.5 Optische Erscheinung	170
7.2.6 Konzentration	170
7.2.7 pH-Wert.....	170
7.2.8 Elektrische Leitfähigkeit	171
7.2.9 Bakterien / Pilze / Hefen.....	171
7.2.10 Gelöstes Kupfer	172
7.2.11 Nitrit.....	172
7.3 Schlussbetrachtung zum Thema Kühlschmierstoff.....	172
8 Formeln und Größengleichungen rund um den Draht	174
8.1 Gewicht - Durchmesser - Querschnittsfläche - Länge	174
8.2 Widerstand – Querschnittsfläche.....	176

8.3 Berechnung von Produktionsmengen Draht.....	178
8.4 Wickellängenberechnung	179
8.5 Berechnungen von metallischen Beschichtungen auf Kupferdrähten	180
8.6 Veränderung der Schichtdicke beim Ziehen von beschichteten Drähten	184
8.7 Amerikanische Norm für Drahtabmessungen AWG	185
8.7.1 Drähte	185
8.7.1.1 Umrechnung Draht AWG-No. in mm Durchmesser.....	186
8.7.1.2 Umrechnung mm Drahtdurchmesser nach AWG-No.	186
8.7.2 Litzen	187
8.7.2.1 Umrechnung der AWG Nummer einer Litze in das metrische System.	187
mit Litzenquerschnitt und Anzahl der Drähte	187
8.7.3. Umrechnung von metrischen und angloamerikanischen Maßen.....	189
8.8 Zugspannung an Kupferdrähten.....	191
8.9 Zugkrafteerhöhung durch Umlenkung (Seilreibung).....	193