

Lohrmann · Lueb

Kleine Werkstoffkunde für das Schweißen von Stahl und Eisen

8., überarbeitete und erweiterte Auflage

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 8. Auflage

1	Entwicklung der Eisen- und Stahlerzeugung und der Schweißtechnik	1
1.1	Entwicklung der Eisen- und Stahlerzeugung	1
1.2	Entwicklung der Schweißtechnik	6
2	Zustandsschaubild Eisen – Kohlenstoff	7
2.1	Allgemeine Betrachtung	7
2.2	Kristallarten des reinen Eisens und der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen	7
2.3	Einfluß des Kohlenstoffs auf die Schmelz- und Erstarrungsvorgänge	11
2.3.1	Legierung mit 1% Kohlenstoff	13
2.3.2	Legierung mit 2,5% Kohlenstoff	13
2.3.3	Legierung mit 4,3% Kohlenstoff	14
2.3.4	Legierung mit 6% Kohlenstoff	14
2.4	Einfluß des Kohlenstoffs auf die Umwandlungsvorgänge	14
2.4.1	Legierung mit 0,2% Kohlenstoff	15
2.4.2	Legierung mit 0,5% Kohlenstoff	15
2.4.3	Legierung mit 0,8% Kohlenstoff	16
2.4.4	Überperlitische Legierungen	17
2.4.5	Legierungen mit mehr als 2,06% Kohlenstoff	18
2.4.6	Umwandlungsvorgänge beim Erwärmen	18
2.4.7	Gefüge der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen	18
2.5	Einfluß beschleunigter Abkühlung	20
2.6	Umwandlungen bei gleichbleibender Temperatur	22
2.6.1	Umwandlungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur	22
2.6.2	Erforderliche Zeit für den Umwandlungsvorgang (isothermes ZTU-Schaubild)	24
2.6.3	Umwandlungsvorgänge bei kontinuierlicher Abkühlung (kontinuierliches ZTU-Schaubild)	25
3	Schweißvorgang	29
3.1	Grundlagen	29
3.2	Entstehen der Schweißverbindung	30
3.2.1	Entstehen der Schweißnaht	30
3.2.2	Entstehen der Wärmeeinflußzone und der Anlaßzone	30
4	Schweißbarkeit	33
4.1	Allgemeines	33
4.2	Schweißbeignung	33

4.3	Einflüsse auf die Verformungsfähigkeit der Stähle	34
4.3.1	Art des Stahles	34
	Gefüge in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung	34
	Gefüge in Abhängigkeit von der Abkühlzeit	34
	Erzeugungsverfahren	35
	Vergießungsart	35
4.3.2	Temperatur	36
4.3.3	Korngröße und Spannungszustand	36
4.3.4	Feinstausscheidungen in den Kristallen	37
4.3.5	Belastungsgeschwindigkeit	37
5	Grundlagen zur Wärmebehandlung der Stähle	38
5.1	Allgemeines	38
5.2	Hauptsächliche Arten der Wärmebehandlung	38
5.2.1	Glühverfahren	39
	Diffusionsglühen	39
	Normalglühen	39
	Grobkornglühen	40
	Weichglühen	40
	Rekristallisation und Rekristallisationsglühen	40
	Spannungsarmglühen	43
	Entspannen	43
	Wasserstoffarmglühen oder „Nachwärmen“	43
	Tempern	44
	Lösungs- oder Abschreckglühen	44
5.2.2	Härten	44
	Abschreckhärten	44
	Oberflächenhärten	45
5.2.3	Vergüten	46
5.3	Wärmebehandlung vor, während und nach dem Schweißen	46
5.3.1	Wärmebehandlung vor dem Schweißen	47
5.3.2	Wärmebehandlung während des Schweißens	47
5.3.3	Wärmebehandlung nach dem Schweißen	47
6	Einteilung der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen (Begriffsbestimmungen und Bezeichnungssysteme)	48
7	Baustähle	53
7.1	Einteilung der Baustähle	53
7.2	Unlegierte Baustähle	53
7.2.1	DIN EN 10025 „Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen“	53
7.2.2	Flacherzeugnisse nach DIN EN 10130 „Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Kaltumformen“	56
7.2.3	DIN EN 10028 Teil 2 „Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Unlegierte und legierte warmfeste Stähle“	56
7.2.4	DIN EN 10028 Teil 3 „Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht“	56

7.2.5	DIN EN 10113 Teil 2 „Warmgewalzte Erzeugnisse aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen; Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte Stähle“ und DIN EN 10113 Teil 3 „Warmgewalzte Erzeugnisse aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen; Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte Stähle“	57
7.2.6	Rohre aus unlegierten Stählen	57
7.2.6.1	Entwurf DIN EN 10208 Teil 1 „Stahlrohre für Rohrleitungen für brennbare Medien – Technische Lieferbedingungen; Rohre der Anforderungsklasse A“ und Entwurf DIN EN 10208 Teil 2 „Stahlrohre für Rohrleitungen für brennbare Medien – Technische Lieferbedingungen; Rohre der Anforderungsklasse B“	57
7.2.7	DIN 17 210 „Einsatzstähle – Technische Lieferbedingungen“	62
7.2.8	DIN EN 10083 Teil 1 „Vergütungsstähle – Technische Lieferbedingungen für Edelstähle“ und DIN EN 10083 Teil 2 „Vergütungsstähle – Technische Lieferbedingungen für Qualitätsstähle“	62
7.2.9	DIN 1681 „Stahlguß für allgemeine Verwendungszwecke“	63
7.2.10	Sonstige Vorschriften und technische Lieferbedingungen	64
7.3	Legierte Baustähle	64
7.3.1	Allgemeine Betrachtungen	64
7.3.2	Wirkung der Legierungselemente und Eisenbegleiter	64
7.3.3	Wirkung einzelner Legierungselemente und Eisenbegleiter	67
	Legierungselemente	67
	– Kohlenstoff	67
	– Mangan	68
	– Silizium	69
	– Aluminium	69
	– Nickel	70
	– Chrom	70
	– Molybdän	71
	– Vanadium	72
	– Wolfram	72
	– Kupfer	72
	– Bor	73
	– Kobalt	73
	– Tantal/Niob	73
	– Titan	73
	– Zirkon, Tellur und Calcium	74
	Eisenbegleiter	74
	– Phosphor	74
	– Schwefel	74
	– Sauerstoff	74
	– Stickstoff	75
	– Wasserstoff	75
	– Antimon	76
	– Arsen	76
	– Kupfer	76
	– Zinn	76
7.3.4	Legierte Einsatzstähle nach DIN 17 210	76
7.3.5	Legierte Vergütungsstähle nach DIN EN 10083 Teil 1	76
7.3.6	Feinkornbaustähle – Allgemeine Betrachtungen	76
7.3.7	Arten von Feinkornbaustählen	78
7.3.8	Schweißen der Feinkornbaustähle	84

8	Warmfeste und druckwasserstoffbeständige Stähle	87
8.1	Allgemeines	87
8.2	Aufbau der warmfesten Stähle	90
8.2.1	Allgemeines	90
8.2.2	Stähle für eine Temperatur bis 520°C	90
8.2.3	Warmfeste 9- bis 12%-Chromstähle	91
8.2.4	Hochwarmfeste austenitische Stähle	95
8.2.5	Warmfester Stahlguß	95
8.2.6	Druckwasserstoffbeständige Stähle	95
8.3	Schweißen und Wärmebehandeln der warmfesten und druckwasserstoffbeständigen Stähle	97
8.4	Langzeitversprödung der CrMo-legierten, warmfesten und druckwasserstoffbeständigen Stähle	101
9	Chemisch beständige Stähle	103
9.1	Bedeutende Gruppen chemisch beständiger Stähle	103
9.2	Arten der Korrosion	105
9.3	Physikalische Eigenschaften	110
9.4	Versprödung	110
9.5	Chemische Zusammensetzung von nichtrostenden sowie hitzebeständigen Stählen	111
9.6	Schweißen der chemisch beständigen Stähle	116
9.7	Schweißen an plattierten Blechen	121
9.8	Schweißen von Schwarz-Weiß-Verbindungen	122
10	Sonderstähle	125
10.1	Kaltzähe Stähle	125
10.2	Wetterfester Baustahl	126
10.3	Stähle für den Bau von Kernkraftwerken	128
10.3.1	Eigenschaften der Stähle und Stahlsorten	128
10.3.2	Schweißen der Stähle für den Bau von Kernkraftwerken	130
11	Gußeisen	131
11.1	Gußeisensorten und deren Eigenschaften	131
11.2	Schweißen und Wärmebehandeln von Gußeisen	132
	Schrifttum	134