

Inhaltsverzeichnis

1	Geschichtliche Entwicklung des Stranggießens von Stahl	
	Maßgebende Ideen und Patente, Vorschläge	1
	Erste Versuchsanlagen, Probleme bei Stahl	4
	Vergleich Strang – Block (Wirtschaftlichkeit)	9
2	Einführung in das Stranggießen von Stahl	
	Bauarten und Bauhöhen, Anlagenlänge, Gießleistungen und Strangformate, Grenzen des Verfahrens (Qualitäten, Abmessungen)	12 18
3	Bauteile der Stranggießanlagen	
3.1	Einrichtungen zur Aufnahme und zum Halten der Gießpfanne	20
3.2	Verteilerrinne und ihre Aufnahmevorrichtungen	22
3.3	Einrichtungen zur Regelung der Stahlzufuhr	25
3.3.1	Schieberverschlüsse für Pfanne und Verteiler	26
3.3.2	Der Stopfen als Regelement	28
3.3.3	Drehbarer Ventilstopfen	28
3.4	Kokille und Hubtisch	28
3.4.1	Allgemeines	28
3.4.2	Aufbau der Plattenkokille	29
3.4.2.1	Kokillenplatten	30
3.4.2.1.1	Breitseiten	30
3.4.2.1.2	Aufbau der Schmalseiten	30
3.4.2.2	Wasserkästen und Kokillenrahmen	30
3.4.2.3	Kokillenfußrollen	31
3.4.2.4	Strangführung unmittelbar unter der Kokille	31
3.4.2.5	Kokillenlänge	32
3.4.3	Werkstoffe für Kokillenplatten	33
3.4.3.1	Kupfer und Kupferlegierungen	33
3.4.3.1.1	DHP-Kupfer	33
3.4.3.1.2	Legiertes Kupfer	33
3.4.3.1.3	Ag-legiertes Kupfer	34
3.4.3.2	Beschichtung der Kokillen-Innenoberfläche	34
3.4.4	Kokillenkonzität	35
3.4.5	Kokillenoszillation	36
3.4.6	Reibungskräfte zwischen Strangschale und Kokille	37
3.4.7	Breiteneinstellung während des Gießvorganges	37

3.4.7.1	Breiteneinstellung bei Strangstillstand	38
3.4.7.2	Kontinuierliche Breitenverstellung	39
3.5	Strangführung und Strangstützung	40
3.5.1	Allgemeines	40
3.5.2	Strangführung bei sich selbsttragenden Querschnitten	40
3.5.3	Strangführung bei Brammenquerschnitten	41
3.5.3.1	Möglichkeiten der Strangstützung	41
3.5.3.2	Rollen	42
3.5.3.3	Rollenkühlung	43
3.5.3.4	Rollenwerkstoffe	44
3.5.3.5	Einbauarten der Stützrollen, Ausrichtung und Einstellung	45
3.5.4	Strangantrieb	46
3.5.4.1	Strangausziehkräfte bei verschiedenen Anlagentypen	47
3.5.4.2	Der Vielrollenantrieb	48
3.6	Strangtrennen und Ausfördern	50
3.6.1	Kaltstrang und Kaltstrangaufnahme	51
3.7	Strangkühlung und Wasserwirtschaft	52
3.7.1	Kokillenkühlung	52
3.7.2	Strang-Sekundärkühlung	52
3.7.2.1	Aufgabe und Möglichkeiten der Spritzwasser-Kühlung	52
3.7.2.2	Spritzkühlung mit Wasser	53
3.7.2.3	Spritzkühlung mit Wasser und Luft	54
3.7.2.4	Wasserversorgung und Aufbereitung	54
3.8	Prozeßsteuerung und Automatisierung	54
3.8.1	Allgemeines	54
3.8.2	Automatische Gießspiegelkontrolle	56
3.8.3	Komponenten der Gießspiegelregelung	57
3.8.3.1	Meßverfahren	57
3.8.3.1.1	Radiometrische Verfahren	57
3.8.3.1.2	Elektromagnetische Verfahren	57
3.8.3.1.3	Elektrooptische Verfahren	58
3.8.3.1.4	Thermometrische Verfahren	58
3.8.3.2	Regelelektronik	58
3.8.3.3	Stellsysteme	59
3.8.3.4	Angießautomatik	59
3.8.3.5	Erkennen von Schlacke	60
3.8.4	Automatische Steuerung der Sekundärkühlung	60
3.8.5	Längenmessung und automatischer Gießablauf	61
3.8.6	Aufbau eines Prozeßleit- und Automatisierungssystems	61
3.8.6.1	Steuerungen	63
4	Vorbereitung der Anlage und Betriebsablauf	
4.1	Einführung	64
4.2	Vorbereitung der Anlage	64

4.2.1	Kontrollen	64
4.2.1.1	Lang- und mittelfristige Kontrollen	64
4.2.2	Vorbereitung des Verteilers	65
4.2.3	Vorbereitung und Einfahren der Anfahrkette	65
4.2.4	Vorbereiten der Kokille	65
4.2.4.1	Einstellung der Kokillenmaße	66
4.3	Gießvorgang	66
4.3.1	Einzuhaltende Gießbedingungen	67
4.3.2	Sequenzguß	68
4.3.2.1	Schlackenerkennungsverfahren	68
4.3.3	Gießende	68
4.4	Verfügbarkeit von Stranggießanlagen und notwendige Instandhaltung	70
4.4.1	Wartung der Kokillen	70
4.4.1.1	Verstellbare Brammenkokillen	70
4.4.1.1.1	Schmalseiten	70
4.4.1.1.2	Breitseiten	70
4.4.1.1.3	Stahlkonstruktion der Kokille	71
4.4.1.2	Rohrkokillen	71
4.4.2	Wartung der Strangführung	72
4.5	Betriebssicherheit und Störungen	72
4.5.1	Durchbruch	72
4.5.2	Strom- oder Medienausfall während des Gusses	74
4.5.3	Folgen von Bedienungs- und Wartungsfehlern	74
5	Sonderverfahren	
5.1	Verfahren zur Erhöhung der Anlagenauslastung	75
5.1.1	Zwillings- und Drillingsguß	75
5.1.2	Längsteilen und „Jumbo“-Brammen	77
5.1.3	Strangausziehen mit gleichzeitiger Zugentlastung (Compression Casting)	78
5.1.4	Verformung des Stranges in der Anlage	79
5.1.5	Brammenstranggießanlagen mit Kernanpreßzonen	80
5.2	Stranggießen besonderer Vorblockformate	80
5.2.1	Vorprofile für Träger	80
5.2.2	Rundstränge für die Erzeugung nahtloser Rohre	81
5.2.2.1	Bogenanlagen mit gerader oder gebogener Kokille	81
5.2.2.2	Rotations-Stranggießanlagen	82
5.2.3	Die Herstellung von Hohlsträngen	83
5.3	Gießen von Dünnbrammen	84
5.3.1	Stranggießen von Stahl in mitlaufenden Formen	85
5.3.1.1	Das Hazelett-Verfahren	85
5.4	Horizontalstranggieß-Verfahren	86

6	Metallurgie des Stranggießens	
6.1	Behandlung des Stahles in der Pfanne	89
6.1.1	Der schlackenfreie Abstich	89
6.2	Reinheitsgrad von stranggegossenem Halbzeug	90
6.2.1	Schutz des flüssigen Stahles gegen Reoxidation	91
6.2.1.1	Rohre als Abschirmung für den Pfannengießstrahl	93
6.2.1.2	Das Kammer-Verfahren	93
6.2.2	Schutz des Gießstrahles zwischen Verteiler und Kokille	94
6.2.3	Entstehung des Einschlußbandes in Bogensträngen	96
6.2.4	Morphologie und chemische Zusammensetzung der oxidischen Einschlüsse	97
6.2.4.1	Abscheidung der Desoxidationsprodukte	98
6.2.4.2	Einfluß des Verteilers auf den oxidischen Reinheitsgrad	98
6.2.4.3	Das Zusetzen der Tauchausgüsse	99
6.2.4.4	Vermeidung des Zusetzens von Tauchausgüssen	100
6.2.5	Einfluß der Ca-Behandlung des Stahles auf das Stranggießen	101
6.2.6	Behandlung des Stahles im Verteiler	102
6.3	Der Erstarrungsvorgang beim Stranggießen von Stahl	103
6.3.1	Berechnung der Liquidustemperatur	104
6.3.2	Die Wärmeabfuhr der Kokille	104
6.3.2.1	Die Bildung des Gas-Luftspaltes zwischen Strangschale und Kokillenwand	105
6.3.2.2	Die Wärmeabfuhr über die Kokillenlänge	106
6.3.3	Einflüsse auf die Wärmeabfuhr in der Kokille	106
6.3.3.1	Kokillenkonzität	106
6.3.3.2	Verzug der Kokillenhänge	107
6.3.3.3	Einfluß der Stahlzusammensetzung	107
6.3.3.4	Einfluß des Gießhilfsmittels	108
6.3.3.5	Einfluß der Gießgeschwindigkeit	109
6.3.3.6	Sonstige Einflüsse	110
6.3.4	Die Wärmeabfuhr in der Sekundärkühlzone	110
6.3.4.1	Der Wärmeübergangskoeffizient der Spritzkühlung	111
6.3.4.2	Wärmeflußdichte der Spritzkühlarten	113
6.3.4.3	Anteil der Rollenabfuhr an der Wärmeabfuhr in der Sekundärkühlzone	114
6.3.5	Vorgänge bei der Erstarrung	116
6.3.5.1	Das Quadratwurzel-Gesetz	116
6.3.5.2	Vorgänge an der Erstarrungsfront	117
6.3.6	Die Erstarrungsstruktur von stranggegossenem Material	119
6.3.6.1	Die Bildung von Seigerungen, Mikro- und Makroseigerung	120
6.3.6.2	Kernlunker und Kernporositäten	121
6.3.6.3	Bildung von Sulfidanreicherungen	121
6.3.7	Das elektro-magnetische Rühren und sein Einfluß auf den Erstarrungsvorgang	122
6.3.7.1	Theorie des EMS	123

6.3.7.2	Bauarten der EMS-Systeme	125
6.3.7.2.1	EMS für Knüppel und Vorblöcke	126
6.3.7.2.2	EMS beim Brammenstrangguß	127
6.3.7.3	Einfluß des EMS auf die mechanischen und technologischen Eigenschaften der Fertigprodukte	128
6.3.8	Die elektro-magnetische Bremse (EMBR)	130
6.4	Gießpulvertechnik	131
6.4.1	Prüfung der Gießpulver	132
6.4.1.1	Chemische Zusammensetzung der Gießpulver	132
6.4.1.2	Die physikalischen Eigenschaften von Gießpulver und Gießschlacke	133
6.4.2	Die Bildung der Oszillationsmarken	137
6.5	Strangmechanik, Biegen, Richten, Ausbauchen, Spannungen	138
6.5.1	Verhalten der Stähle bei hohen Temperaturen	139
6.5.2	Die Ausbauchung der Strangschale	141
6.5.3	Schalendeformation beim Biegen und Richten mit flüssigem Kern	143
7	Eigenschaften der gegossenen Stränge vor und nach der Weiterverarbeitung	
7.1	Mechanische Eigenschaften	144
7.1.1	Beständigkeit gegen wasserstoffinduzierte Risse	144
7.2	Strangfehler	146
7.2.1	Allgemeines	146
7.2.2	Nomenklatur der Strangfehler	146
7.2.3	Ursachen der Rißbildung und Maßnahmen zu deren Vermeidung	147
7.2.3.1	Rißbildung in der Kokille	147
7.2.3.1.1	Längsrißbildung in der Kokille	148
7.2.3.1.2	Querrißbildung in der Kokille	151
7.2.3.2	Bildung von Oberflächenquerrissen in der Sekundärkühlzone	151
7.2.3.3	Innenrisse	153
7.2.3.3.1	Innenquerrißbildung in der Strangführung	154
7.2.3.3.2	Innenlängsrißbildung in der Strangführung	157
7.2.3.4	Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit	157
7.2.4	Deckel	158
7.2.5	Oxidische Einschlüsse	159
7.2.5.1	Oxidische Einschlüsse in der Oberfläche	159
7.2.5.2	Oxidische Einschlüsse im Strangquerschnitt	159
7.2.6	Oberflächenporen und Randblasen	159
7.2.7	Aufkohlungen der Strangoberfläche	160

8	Besondere Verfahrenstechniken	
8.1	Verfahrenstechniken bei der Herstellung von Sonderstählen	161
8.1.1	Bleche für geschweißte Rohre und für die Offshore-Technik	161
8.1.2	Hochlegierte und nichtrostende Stähle	162
8.1.3	Automatenstähle	164
8.1.4	Stranggegossener Stahl für die Drahtherstellung	165
8.1.5	Schienen aus Strangguß	165
8.1.6	Strangguß für oberflächenveredeltes Feiblech und Sondertiefziehgüten	166
8.2	Direkt- und Heißeinsatz von Strängen	168
9	Hilfs- und Nebeneinrichtungen von Stranggießanlagen	
9.1	Einrichtungen zur Vorbereitung von Kokillen und Verteilerrinnen	169
9.2	Einrichtungen zur Kontrolle und Wartung der Strangführungsbahn	170
9.2.1	Rollenmaulweiten-Meßschlitten	170
9.2.2	Rollchecker zur Messung des Rollenschlages und der Ausrichtung der Strangführungsbahn	171
9.2.3	Kontrollgerät für Spritzdüsen	173
9.3	Inspektionseinrichtungen	174
10	Zukünftige Entwicklungen	175
11	Schrifttumsverzeichnis	178
12	Sachverzeichnis/Sachworte	188