

Abschnitte Sections Paragraphs	Inhalt der Abschnitte	Contents of the sections
1.	<b>Auswahl der Stahlsorten und der Gefügestände</b>	<b>Selection of the Various Types of Steel and their Microstructures</b>
1.1.	<b>Auswahl der Stahlsorten</b>	<b>Selection of the Various Types of Steel</b>
1.2.	<b>Auswahl der abzubildenden Gefügestände</b>	<b>Selection of the Microstructures</b>
2.	<b>Präparationstechnik</b>	<b>Preparation Techniques</b>
2.1.	<b>Schliffherstellung und Ätzverfahren</b>	<b>Polishing and Etching Treatment</b>
2.1.1.	Verhalten von chromhaltigem Zementit und (Cr,Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> -Karbonid beim Ätzen in Natriumpikrat und in der Murakami-Lösung	Behaviour of Cementite Containing Chromium and (Cr,Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> Carbides During Etching in Sodium Picrate and in Murakami's Solution
2.2.	<b>Abdruckverfahren für die elektronenmikroskopische Gefügeuntersuchung.</b>	<b>Replica Techniques for the Electron Microscopical Examination of Microstructures</b>
3.	<b>Gefüge der unlegierten und niedrig legierten Stähle</b>	<b>Microstructures of the Unalloyed and Low-alloy Steels</b>
3.1.	<b>Einfluß des Kohlenstoffgehaltes auf die Mengenanteile von Ferrit, Perlit und Zementit</b>	<b>Effect of Carbon Content upon the Proportions of Ferrite, Pearlite and Cementite</b>
3.2.	<b>Ausbildungsformen der Gefügebestandteile</b>	<b>Appearance of the Microstructural Constituents</b>
3.2.1.	Ferrit	Ferrite
3.2.1.1.	Korngefüge von Ferrit	Structure of Ferrite Grains
3.2.1.2.	Unterkorngrenzen im Ferrit	Sub-Grain Boundaries in Ferrite
3.2.1.3.	Auscheidungen im Ferrit ε-Karbonitrid und Zementit α''- und γ'-Nitrid	Precipitation in Ferrite ε-Carbonitride and Cementite The Nitrides α'' and γ'
3.2.1.4.	Ferrit in Widmannstättenscher Anordnung	Widmannstätten Ferrite Structure
3.2.2.	Perlit	Pearlite
3.2.2.1.	Lamellarer Perlit	Lamellar Pearlite
3.2.2.2.	Entarteter Perlit	Degenerate Pearlite
3.2.2.3.	Weichglühgefüge (körniger Perlit)	Sub-critically Annealed Structure (Spheroidised Pearlite)
3.2.3.	Zementit	Cementite
3.2.4.	Bildung des Austenits	Formation of Austenite
3.2.4.1.	Auflösen von Perlit, Zementit und Ferrit	Re-austenitisation of Pearlite, Cementite and Ferrite
3.2.4.2.	Ferrithöfe	"Coring" in Ferrite
3.2.5.	Umkörnchen und Normalglühen	Normalizing and Grain Refinement
3.2.6.	Zeilengefüge	Banded Structures
3.2.6.1.	Primäres Zeilengefüge	Primary Banded Structures
3.2.6.2.	Sekundäres Zeilengefüge	Secondary Banded Structures
3.3.	<b>Einfluß der Bildungsbedingungen auf das Gefüge. Gefüge der Zwischenstufe</b>	<b>Effect of Transformation Conditions on the Microstructure. Bainite</b>
3.4.	<b>Gefüge der Martensitstufe</b>	<b>Microstructure of Martensite</b>
3.5.	<b>Gefügeveränderungen beim Anlassen des Martensits</b>	<b>Changes in the Microstructure during the Tempering of Martensite</b>
3.6.	<b>Allgemeine Baustähle</b>	<b>General Structural Steels</b>
3.7.	<b>Automatenstahl</b>	<b>Free Cutting Steel</b>
4.	<b>Gefügeausbildung der legierten Stähle nach kontinuierlicher Abkühlung, isothermischer Umwandlung, nach Härten, Anlassen und Vergüten. Gefügeveränderungen nach langzeitiger Beanspruchung bei erhöhten Temperaturen</b>	<b>Microstructure of Alloy Steels after Continuous Cooling, Isothermal Transformation, after Quenching, Tempering, Hardening and Tempering. Structural Changes after Long Time Stressing at High Temperatures</b>
4.1.	<b>Silizium im Stahl</b>	<b>Silicon in Steels</b>
4.1.1.	Silizium-Stähle	Silicon Steels
4.1.1.1.	71 Si 7	Si-Mn Spring steel (En 45 A)

# Table des matières

Sujet des paragraphes	Kennzeichnende Legierungsbestandteile Characterize alloying elements Éléments d'alliage caractéristiques	Seite Page Page	Bildtafel Plate Planche
<b>Nuances d'aciers choisies et leurs états structuraux</b>		1	
<b>Nuances d'aciers choisies</b>		2	
<b>Etats structuraux représentés</b>		4	
<b>Technique de la préparation</b>		9	
<b>Polissage des échantillons et méthodes d'attaque</b>		10	
Comportement de la cémentite contenant du chrome et du carbure (Cr,Fe) <sub>3</sub> par attaque au picrate de soude et au réactif de Murakami.	≈ 0,5% C; 0—3,0% Cr	18	
<b>Techniques des répliques pour l'examen au microscope électronique</b>		20	
<b>Structures des aciers non-alliés et faiblement alliés</b>		23	
<b>Influence de la teneur en carbone sur les proportions de ferrite, de perlite et de cémentite</b>	0,06% C; 0,15% C; 0,22% C; 0,35% C; 0,45% C; 0,60% C; 0,75% C; 1,30% C	24	301
<b>Morphologie des constituants des microstructures</b>		24	
<b>Ferrite</b>		24	302—307
Structure granulaire de la ferrite	0,06% C	24	302
Sous-joints de grains dans la ferrite	0,06% C; 0,002% C	25	302
Précipités dans la ferrite Carbonitrures ε et cémentite Nitrures α' et γ'	0,06% C 0,006% N <sub>2</sub> ; 0,06% C 0,018% N <sub>2</sub> ; Fe + 0,1% N <sub>2</sub> ;	26	302—306
Ferrite en structure de Widmannstätten	0,19% C 1,25% Mn	32	306, 307
<b>Perlite</b>		44	
Perlite lamellaire	0,70% C; 0,30% C 1,25% Mn; 0,35% C; 0,98% C 1,84% Mn.	44	307, 308
Perlite dégénérée	1,25% C; 1,29% C; 0,50% C	46	309, 310
Structure après recuit de coalescence (perlite globulaire)	0,45% C; 1,00% C	48	310, 311
<b>Cémentite</b>		50	
Formation de l'austénite		50	311—313
Dissolution de la perlite, de la cémentite et de la ferrite	0,45% C; 0,70% C	50	311, 312
Cernes de ferrite	0,15% C	51	313
Recuit de régénération et de normalisation	0,15% C; 0,45% C	51	313
Structure en bandes		52	
Structure en bandes primaire		52	
Structure en bandes secondaire		53	
<b>Influence des conditions de transformation sur la structure. Bainite</b>	0,15% C; 0,35% C; 0,45% C; 0,75% C; 1,00% C	54	314—328
<b>Structure martensitique</b>	0,15% C; 0,35% C; 0,45% C; 0,60% C; 0,75% C; 1,00% C; 1,30% C	62	329—336
<b>Modifications structurales lors du revenu de la martensite</b>	0,15% C; 0,22% C; 0,35% C; 0,45% C; 0,75% C; 1,00% C; 1,30% C	65	337—346
<b>Aciers de construction ordinaires</b>	≤ 0,20% C	70	347, 348
<b>Aciers de décolletage</b>	≤ 0,12% C 0,20% S	72	348
<b>Structure des aciers alliés après refroidissement continu, transformation isotherme, trempe, revenu et trempe et revenu. Modifications structurales après sollicitation de longue durée à des températures élevées</b>		75	
<b>Silicium dans l'acier</b>		76	
<b>Aciers au silicium</b>		76	
70 S 7	0,71% C 1,75% Si	76	349—353

Abschnitte Sections Paragraphe	Inhalt der Abschnitte	Contents of the sections
4.2.	<b>Mangan im Stahl</b>	<b>Manganese in Steels</b>
4.2.1.	Mangan-Stähle	Manganese Steels
4.2.1.1.	19 Mn5, MRSt 52-3; MRRSt 52-3; MRRSt 52-3 mit Stickstoff und Vanadin; St 55-2 mit Kupfer, Nickel und Vanadin.	En 14A; C-Mn steel fine grained with Al; C-Mn steel with N <sub>2</sub> and V; C-Mn steel with Cu, Ni and V
4.2.1.2.	X 120 Mn 12	Austenitic Manganese Steel
4.2.2.	Mangan-Silizium-Stähle	Manganese Silicon Steels
4.2.2.1.	37 MnSi 5	En 46
4.2.3.	Mangan-Chrom-Stähle	Manganese Chromium Steels
4.2.3.1.	16 MnCr5; 16 MnCr5 aufgekocht auf 0,3 0,6 0,9% C; 20 MnCr 5 aufgekocht	Approx. En 207; carburized to 0,3 0,6 0,9% C; Approx. En 18A carburized industrially
4.2.3.2.	X 12 MnCr 18 10	Mn-Cr Austenitic Steel
4.2.3.3.	X 40 MnCr 18	Mn-Cr Austenitic Steel
4.2.4.	Mangan-Vanadin-Stähle	Manganese Vanadium Steels
4.2.4.1.	90 Mn V 8	Low Distortion High C Mn-V Steel
4.3.	<b>Molybdän im Stahl</b>	<b>Molybdenum in Steels</b>
4.3.1.	Molybdän-Stähle	Molybdenum Steels
4.3.1.1.	Eisen-Kohlenstoff-Molybdän-Legierung	Iron Carbon Molybdenum Alloy
4.3.1.2.	15 Mo 3	Low Carbon Molybdenum Steel (Approx S 102)
4.3.2.	Molybdän-Vanadin-Stähle	Molybdenum-Vanadium Steels
4.3.2.1.	17 Mo V 8 4	Low Carbon Mo-V Steel
4.4.	<b>Chrom im Stahl</b>	<b>Chromium in Steels</b>
4.4.1.	Chrom-Stähle	Chromium Steels
4.4.1.1.	Eisen-Chrom-Kohlenstoff-Legierung	Iron Chromium Carbon Alloy
4.4.1.2.	34 Cr 4	En 18B
4.4.1.3.	100 Cr 6	En 31
4.4.1.4.	X 40 Cr 13	Approx. En 56D
4.4.1.5.	X 210 Cr 12	2% C, 12% Cr Steel
4.4.1.6.	X 10 Cr 13	En 56A
4.4.1.7.	X 8 Cr 17	En 60
4.4.2.	Chrom-Aluminium-Stähle	Chromium Aluminium Steels
4.4.2.1.	X 10 CrAl 18	En 60 with 1% Al
4.4.3.	Chrom-Molybdän-Stähle	Chromium Molybdenum Steels
4.4.3.1.	25 CrMo 4 42 CrMo 4 50 CrMo 4	Low Carbon En 19 En 19A En 19B En 19C
4.4.3.2.	13 CrMo 4 4	Low Carbon 1% Cr-Mo Steel (almost En 20A)
4.4.3.3.	10 CrMo 9 10	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> % Cr-Mo Steel
4.4.3.4.	12 CrMo 19 5	5% Cr-Mo Steel
4.4.4.	Chrom-Vanadin-Stähle	Chromium Vanadium Steels
4.4.4.1.	50 Cr V 4	En 47
4.4.5.	Chrom-Molybdän-Vanadin-Stähle	Chromium Molybdenum Vanadium Steels
4.4.5.1.	21 CrMoV 5 11	Low C, 1% Cr-Mo-V Steel
4.4.5.2.	45 CrMoV 6 7	Medium C, 1% Cr-Mo-V Steel
4.4.5.3.	X 22 CrMoV 12 1	12% Cr-Mo-V Steel
4.4.5.4.	X 38 CrMoV 5 1	5% Cr-Mo-V Steel
4.4.6.	Chrom-Silizium-Vanadin-Stähle	Chromium Silicon Vanadium Steels
4.4.6.1.	61 CrSiV 5	1% Cr-Si-V Steel
4.4.7.	Chrom-Nickel-Stähle	Chromium Nickel Steels
4.4.7.1.	18 CrNi 8	2% Ni-Cr Steel, Low Alloy En 352
4.4.7.2.	50 NiCr 13	0,5% C, 3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> % Ni-Cr Steel
4.4.7.3.	X 22 CrNi 17	En 57

Sujet des paragraphes	Kennzeichnende Legierungsbestandteile Characterize alloying elements Éléments d'alliage caractéristique	Seite Page Page	Bildtafel Plate Planche
<b>Manganèse dans l'acier</b>		80	
Aciers au manganèse		80	
20 M 5	0,19% C 0,50% Si 1,15% Mn;	80	354—356
20 M 5	0,19% C 0,50% Si 1,15% Mn 0,03% Al;		
20 M 5 au N <sub>2</sub> , V	0,19% C 0,50% Si 1,15% Mn 0,04% Al 0,02% N <sub>2</sub> 0,13% V;		
20 M 5 au Cu, Ni, V	0,19% C 1,0% Cu 1,0% Ni 0,30% V		
Z 120 M 12	1,2% C 12,5% Mn	84	356, 357
Aciers au manganèse-silicium		85	
35 MS 5	0,37% C 1,25% Si 1,25% Mn	85	358—361
Aciers au manganèse-chrome		88	
16 MC 5, 16 MC 5 cémenté jusqu'à 0,3 0,6 0,9% C	0,16% C 1,25% Mn 1,0% Cr	88	362—365
20 MC 5 après cémentation industrielle	0,20% C 1,25% Mn 1,15% Cr		
Acier austénitique au manganèse-chrome	0,12% C 18,0% Mn 10,0% Cr	92	365
Z 40 MC 18-03	0,40% C 18,0% Mn 3,25% Cr	92	366
Aciers au manganèse-vanadium		93	
90 MV 8	0,9% C 2,0% Mn 0,1% V	93	366
<b>Molybdène dans l'acier</b>		94	
Aciers au molybdène		94	
Alliage fer-carbone-molybdène	0,5% C 0,5% Mo	94	367—368
15 D 3	0,15% C 0,3% Mo	96	368—370
Aciers au molybdène-vanadium		98	
15 DCV 9	0,17% C 0,8% Mo 0,4% V	98	370—372
<b>Chrome dans l'acier</b>		99	
Aciers au chrome		99	
Alliage fer-chrome-carbone	0,43% C 3,52% Cr	99	373, 374
32 C 4	0,34% C 1,0% Cr	102	375—378
100 C 6	1,0% C 1,5% Cr	106	379—383
Z 40 C 13	0,4% C 13,0% Cr	110	
Z 200 C 13	2,1% C 12,0% Cr	113	387—389
Z 10 C 13	0,1% C 13,0% Cr	116	390
Z 08 C 17	0,08% C 17,0% Cr	116	390
Aciers au chrome-aluminium		117	
	0,1% C 18,0% Cr 1,0% Al	117	390
Aciers au chrome-molybdène		118	
25 CD 4, 25 CD 4 S	0,25% C 1,0% Cr 0,2% Mo	118	391—404
42 CD 4	0,42% C 1,0% Cr 0,2% Mo		
50 CD 4	0,50% C 1,0% Cr 0,2% Mo		
15 CD 4-04	0,13% C 1,0% Cr 0,4% Mo	124	405—407
12 CD 9-10	0,10% C 2,25% Cr 1,0% Mo	127	408—412
Z 12 CD 5	0,12% C 4,75% Cr 0,5% Mo	130	413—416
Aciers aux chrome-vanadium		132	
50 CV 4	0,50% C 1,0% Cr 0,1% V	132	417—419
Aciers au chrome-molybdène-vanadium		135	
	0,21% C 1,25% Cr 1,1% Mo 0,3% V	135	420, 421
45 CDV 7	0,45% C 1,5% Cr 0,7% Mo 0,3% V	136	422—424
Z 20 CDNV 12	0,22% C 12,0% Cr 1,0% Mo 0,3% V	139	424
Z 35 CDSV 5	0,38% C 5,0% Cr 1,0% Mo 0,3% V	140	425—427
Aciers au chrome-silicium-vanadium		143	
	0,61% C 1,25% Cr 0,9% Si 0,1% V	143	428—430
Aciers au chrome-nickel		146	
	0,18% C 2,0% Cr 2,0% Ni	146	431—435
50 NC 12	0,50% C 3,25% Ni 1,0% Cr	151	436
Z 20 CN 17-02	0,22% C 17,0% Cr 1,8% Ni	152	436

Abschnitte Sections Paragraphe	Inhalt der Abschnitte	Contents of the sections
4.4.7.4.	Austenitische Chrom-Nickel-Stähle	Austenitic Chromium Nickel Steels
4.4.8.	Chrom-Nickel-Silizium-Stähle	Chromium Nickel Silicon Steels
4.4.8.1.	X 20 CrNiSi 25 4	25% Cr, 4% Ni Steel.
4.4.8.2.	X 15 CrNiSi 25 20	25% Cr, 20% Ni Steel S 109, S 523
4.5.	<b>Nickel im Stahl</b>	<b>Nickel in Steels</b>
4.5.1.	Nickel-Stähle	Nickel Steels
4.5.1.1.	24 Ni 8	2% Ni Steel
	12 Ni 19	En 37
	45 Ni 20	Medium Carbon 5% Ni Steel
	X 8 Ni 9	9% Ni Steel
4.5.2.	Nickel-Chrom-Molybdän-Stähle	Nickel Chromium Molybdenum Steels
4.5.2.1.	36 CrNiMo 4	En 24
4.5.2.2.	28 NiCrMo 7 4	Approx. En 25
4.5.2.3.	X 45 NiCrMo 4	En 28
4.5.3.	Nickel-Chrom-Molybdän-Vanadin-Stähle	Nickel Chromium Molybdenum Vanadium Steels
4.5.3.1.	56 NiCrMoV 7	0,5% C, Ni-Cr-Mo-V Steel
4.6.	<b>Wolfram im Stahl</b>	<b>Tungsten in Steels</b>
4.6.1.	Wolfram-Stähle	Tungsten Steels
4.6.1.1.	X 130 W 5	High Carbon, 5% W Steel
4.6.2.	Wolfram-Chrom-Stähle	Tungsten Chromium Steels
4.6.2.1.	105 WCr 6	1% C, 1% W, 1% Cr Steel
4.6.3.	Wolfram-Chrom-Vanadin-Stähle	Tungsten Chromium Vanadium Steels
4.6.3.1.	60 WCrV 7	0,6% C, 2% W-Cr-V Steel
4.6.3.2.	X 30 WCrV 9 3	9% W-Cr-V Steel
4.6.3.3.	S 18-0-1 (B 18)	18-4-1 High Speed Steel
4.6.4.	Wolfram-Chrom-Vanadin-Molybdän-Stähle	Tungsten Chromium Vanadium Molybdenum Steels
4.6.4.1.	45 CrVMoW 5 8	0,45% C, Cr-Mo-V-W Steel
4.6.4.2.	X 60 WCrMoV 9 4	0,6% C, 9% W, 4% Cr-Mo-V Steel
4.6.4.3.	S 2-9-1 (BMo 9)	9% Mo High Speed Steel
4.6.5.	Wolfram-Chrom-Vanadin-Molybdän-Kobalt-Stähle	Tungsten Chromium Vanadium Molybdenum Cobalt Steels
4.6.5.1.	S 12-1-4-5 (EV 4 Co)	13% W-Cr-Co-V High Speed Steel

Tafeln 301—478

Tables 301—478

Literatur

Literature

Sujet des paragraphes	Kennzeichnende Legierungsbestandteile Characterize alloying elements Éléments d'alliage caractéristiques	Seite Page Page	Bildtafel Plate Planche
Aciers austénitiques au chrome-nickel	0,05—0,10% C 16,0—18,0% Cr 8,0—13,0% Ni	153	437—443
Aciers au chrome-nickel-silicium		159	
Z 20 CN 25-05	0,20% C 25,0% Cr 4,0% Ni 1,0% Si	159	444
Z 15 CNS 25-20	0,15% C 25,0% Cr 20,0% Ni 2,0% Si	160	444
<b>Nickel dans l'acier</b>		160	
Aciers au nickel		160	
22 N 8, Z 12 N 5 Z 45 N 5 Z 10 N 9	0,24% C 2,0% Ni 0,12% C 4,75% Ni 0,45% C 5,0% Ni 0,08% C 9,0% Ni	160	444—448
Aciers au nickel-chrome-molybdène		166	
35 NCD 4, 35 NCD 5	0,36% C 1,0% Cr 1,0% Ni 0,2% Mo	166	449
30 NCD 8	0,28% C 1,75% Ni 1,0% Cr 0,35% Mo	166	450—452
45 NCD 17	0,45% C 4,0% Ni 1,3% Cr 0,2% Mo	169	453—457
Aciers au nickel-chrome-molybdène-vanadium		173	
55 NCDV 7-05	0,56% C 1,75% Ni 1,0% Cr 0,5% Mo 0,1% V	173	458, 459
<b>Tungstène dans l'acier</b>		175	
Aciers au tungstène		175	
145 WCV 32	1,30% C 5,0% W	175	460
Aciers au tungstène-chrome		176	
100 MCW 4	1,05% C 1,25% W 1,0% Cr	176	461, 462
Aciers au tungstène-chrome-vanadium		178	
60 WCV 20	0,60% C 1,75% W 1,0% Cr 0,2% V	178	462, 463
Z 30 WCV 09-03	0,30% C 9,0% W 3,0% Cr 0,4% V	181	464—468
Z 75 WV 18-01	0,75% C 18,0% W 4,0% Cr 1,1% V	186	469, 470
Aciers au tungstène-chrome-vanadium-molybdène		191	
≈ 45 CVD 8	0,45% C 1,25% Cr 0,8% V 0,5% Mo, 0,5% W	191	471—474
Z 60 WCDV 10-04	0,60% C 9,0% W 4,0% Cr 0,9% Mo 0,7% V	194	475
Z 80 DWV 09-02-01	0,80% C 1,75% W 4,0% Cr 9,0% Mo 1,2% V	195	476, 477
Aciers au tungstène-chrome-vanadium-molybdène-cobalt		198	
Z 150 WKV 12-05-05	1,30% C 12,0% W 4,0% Cr 0,9% Mo 3,75% V 4,75% Co	198	477, 478
<b>Tableaux 301-478</b>		201	
<b>Littérature</b>		561	