

鐵の滲炭並に鋼の脱炭現象の定量的研究 (II)

(日本鐵鋼協會第 17~19 回講演大會講演 昭 12, 4, 昭 13, 4)

志村清次郎*

B. 其他の炭酸鹽の滲炭促進作用

以上は孰れも $BaCO_3$ を促進劑とする滲炭劑による滲炭現象を説述し來たが、こゝには其他の炭酸鹽の主なものに關する實驗結果を掲げることとする。

(1) 滲炭劑及實驗條件 この場合使用した炭酸鹽は $SrCO_3$, Na_2CO_3 , $CaCO_3$ 及 $MgCO_3$ の 4 種であつて、其木炭に對する配合割合は第 13 表に示されてゐる。これ等は孰れも小島化學株式會社製分析保證書附の純品であることは $BaCO_3$ の場合と同様である。而して前述各實驗に於けると同じく、これ等を先づ第 6 圖に示されてゐる鋼製團結裝置を以て、ブリネル硬度計によつて 1,000 kg の荷重の下で團結した後 500°C で 1 時間加熱、放冷、粉碎、14~20 メッシュの粒子を篩別して使用に供したものである。 Na_2CO_3 は其融點 852°C であつて、本實驗の滲炭温

度に於ては單獨には使用不可能であるによつて $BaCO_3$ と混用し、其影響を検することとした。而して第 13 表に擧げられるが如く $BaCO_3$ に 5 或は 10% Na_2CO_3 を混合した 2 つの場合に就いて實驗を行つたものであるが、今第 13 表に掲げられる滲炭劑番号 8 及 9 に於ける材料の割合を示せば次の如くである。

滲炭劑番号	櫛木炭(2)	$BaCO_3$	Na_2CO_3 (重量%)
8	60	38	2
9	60	36	4

この場合 Na_2CO_3 が 5% を越える時は、實驗中に石英管が犯される爲操作不可能であつたによつて 4% を以て最大限度と爲したのである。其他の實驗條件は第 1 節の場合と同様である。

(2) 實驗結果 この場合の實驗結果は第 14 表並に第 28, 29 圖に集録せられてゐる。

第 13 表

滲炭劑番号	滲炭劑の配合割合 (重量%)		滲炭劑の粒子の大きさ (メッシュ)	滲炭箱中の各材料の量						滲炭劑の配合割合 (容積%)	
	櫛木炭 (2)	促進劑		櫛木炭(2) (gr)	促進劑 (gr)	計 (gr)	櫛木炭(2) (cc)	促進劑 (cc)	計 (cc)	櫛木炭(2)	促進劑
1	100	0	14~20	10.44	0	10.44	26.11	0	26.11	100	0
2	90	$SrCO_3$ 10	"	10.12	1.12	11.24	25.30	0.81	"	96.90	3.10
3	80	$SrCO_3$ 20	"	9.74	2.43	12.17	24.35	1.76	"	93.26	6.74
4	70	$SrCO_3$ 30	"	9.29	2.98	12.27	23.23	2.88	"	88.97	10.03
5	60	$SrCO_3$ 40	"	8.75	5.84	14.59	21.88	4.23	"	83.80	16.20
6	50	$SrCO_3$ 50	"	8.10	8.10	16.20	20.28	5.83	"	77.67	22.33
7	40	$SrCO_3$ 60	"	7.28	10.92	18.20	18.20	7.91	"	69.71	20.29
8	60	Na_2CO_3 5%を混 じた $BaCO_3$ 40	"	7.31	5.54	12.85	20.78	5.33	"	79.59	20.41
9	60	Na_2CO_3 10%を混 じた $BaCO_3$ 40	"	8.28	5.52	13.80	20.70	5.41	"	79.28	20.72
10	80	$CaCO_3$ 20	"	9.44	2.36	11.70	23.60	2.51	"	90.39	9.61
11	60	$CaCO_3$ 40	"	8.14	5.42	13.56	20.31	5.80	"	77.79	22.21
12	80	$MgCO_3$ 20	"	8.40	2.10	10.50	21.00	5.11	"	80.43	19.57
13	60	$MgCO_3$ 40	"	6.33	4.22	10.55	15.83	10.28	"	60.63	39.37

* 秋田鐵山専門學校

第 14 表

試片番號	滲炭剤の配合割合 (重量%)		試片の壁厚 (mm)	滲炭温度 (°C)	全滲炭時間 (時)	滲炭温度に於ける滲炭による膨脹量 (尺度の読み, mm)								滲炭温度に於ける滲炭による各1時間の膨脹量 (尺度の読み, mm)								滲炭後の試片増加 (mm) 又は (%)	滲炭後の試片重量増加 (gr)	滲炭後の試片炭素含有量 (%)		
	槽木炭 (2)	促進剤				滲炭温度に於ける滲炭による膨脹量 (尺度の読み, mm)								滲炭温度に於ける滲炭による各1時間の膨脹量 (尺度の読み, mm)												
						0	1	2	3	4	5	6	7	8	第1時	第2時	第3時	第4時	第5時	第6時	第7時				第8時	
51	100	0	14~20	0.75	950	8	58.6	83.4	119.2	149.2	176.0	198.4	219.2	237.7	254.4	44.8	36.8	30.0	26.8	22.4	20.8	18.5	16.7	0.70	0.0880	1.082
52	90	SrCO ₃ 10	"	"	"	"	51.1	127.8	179.5	216.7	247.0	270.8	291.2	308.2	322.9	76.7	51.7	37.2	30.3	23.6	19.4	17.1	14.7	0.80	0.0992	1.243
53	80	SrCO ₃ 20	"	"	"	"	52.0	151.1	219.1	263.2	295.7	318.2	333.9	345.6	351.9	99.1	58.0	44.1	31.5	22.5	15.7	11.6	6.3	0.85	0.1023	1.291
54	70	SrCO ₃ 30	"	"	"	"	56.4	188.5	278.6	328.0	363.3	380.5	384.9	385.5	384.9	132.1	90.1	49.4	35.3	17.2	4.4	1.2	0.4	0.90	0.1068	1.368
55	60	SrCO ₃ 40	"	"	"	"	58.0	196.6	281.7	330.6	361.4	375.1	380.0	381.2	380.8	137.6	85.1	48.9	29.8	13.7	4.9	1.2	0.4	0.90	0.1072	1.348
56	50	SrCO ₃ 50	"	"	"	"	63.2	224.2	296.9	331.8	357.7	373.1	377.7	378.1	377.4	162.0	74.7	35.9	25.9	15.4	4.6	4.0	0.7	0.90	0.1070	1.358
57	40	SrCO ₃ 60	"	"	"	"	69.5	242.0	311.1	349.6	375.6	385.3	385.8	385.1	384.5	172.6	70.1	58.5	26.0	9.7	0.5	0.7	0.5	0.90	0.1076	1.365
58	60	Na ₂ CO ₃ 5% を混じた BaO	"	"	"	"	87.2	275.3	361.9	377.0	378.3	378.5	378.3	378.1	377.7	188.0	86.6	15.1	1.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.90	0.1076	1.349
59	60	Na ₂ CO ₃ 10% を混じた BaCO ₃	"	"	"	"	122.3	331.4	376.2	383.2	383.7	364.6	384.2	382.8	382.2	209.1	45.8	7.0	0.5	0.1	0.5	0.4	0.6	0.90	0.1072	1.361
60	80	CaCO ₃ 20	"	"	"	"	50.5	116.1	155.1	188.7	210.6	228.6	241.4	253.7	263.1	39.9	33.6	21.9	18.0	12.8	12.4	9.4	0.70	0.0885	1.084	
61	60	CaCO ₃ 40	"	"	"	"	49.7	98.9	136.8	165.1	182.9	195.1	204.5	211.9	218.5	49.2	37.9	28.1	17.6	12.6	9.4	7.4	6.6	0.55	0.0773	0.925
62	80	MgCO ₃ 20	"	"	"	"	41.7	95.7	141.7	167.7	198.4	217.1	234.7	249.3	260.5	54.0	46.0	31.0	25.7	18.7	17.6	14.6	11.2	0.70	0.0905	1.101
63	60	MgCO ₃ 40	"	"	"	"	51.6	127.0	170.8	201.1	221.9	237.4	250.3	261.7	272.2	75.4	42.9	29.7	20.4	15.2	12.6	11.4	10.5	0.70	0.0913	1.110

(a) SrCO₃の作用 第28圖に於て、曲線1~7は槽木炭(2)に配するに0, 10, 20, 40, 50, 60重量% SrCO₃を以てした滲炭剤による場合であるが、今これ等を對照するにSrCO₃の配合割合を増加するに從て曲線の初期の傾斜急であつて、且急速に緩慢となり、其度はSrCO₃が30%以上に於て特に著しく4~2.5時間以上に在ては極めて徐々となり、遂に膨脹停止に到達する。曲線4, 5, 6及7に於けるSは其點を表はすものである。而してS點に達せんとする附近に於ては、膨脹量は極めて微量となり、毎10分間約0.1mmと成り、遂に停止に到るものである。今これ等に就て滲炭温度に達してより膨脹停止に到る所要時間を擧げる時は次の如くである。

SrCO ₃	30%	40%	50%	60%
時間・分	7.20	7.0	6.50	5.40

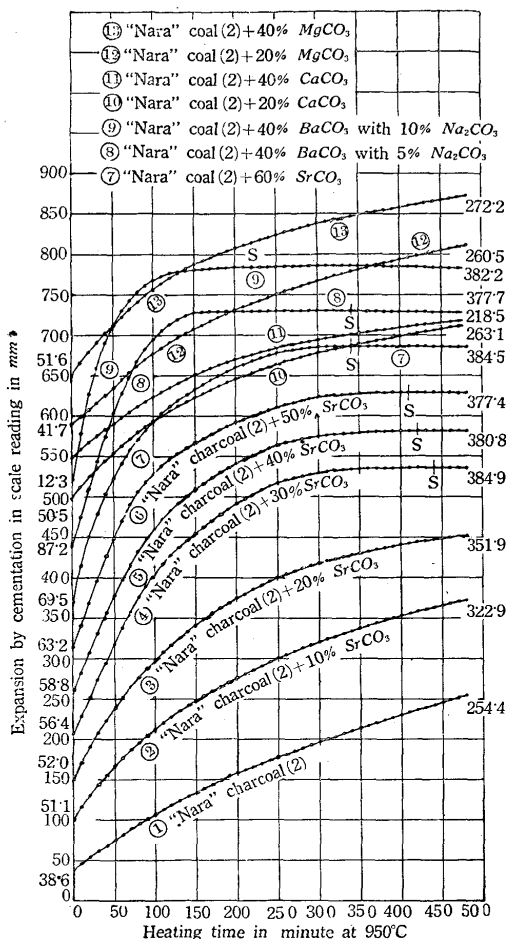
これによれば、滲炭剤中のSrCO₃の配合割合を増加するに從て滲炭停止に到る所要時間は短縮せられるものであつて、これ初期滲炭速度の増進を表はしてゐる。更にこれを第29圖、曲線1~7と對照する時は、以上の有様は一

層明瞭となる。即ちこれ等の曲線に於てSrCO₃の割合の増加に伴て膨脹、從て滲炭速度は初期に於て著しく大で其減少は急速である。但SrCO₃30%以上の場合は、滲炭温度に到達した當初より約20分後に最大速度に達するのを見るのである。而して今總括的に鐵の滲炭促進作用に及ぼすところの影響をBaCO₃のそれと比較する時は、SrCO₃の方が相當大であることを知るのである。尙第28圖、曲線4~7に於けるS點の全膨脹量は夫々385.1mm, 381.2mm, 381.2mm及375.9mmであつて孰れも大同小異である。且8時間後に於ける膨脹量及滲炭度も亦其軌を同じうしてゐることは、第14表に就て見られる。これによる時は滲炭速度の如何に拘らず試片は膨脹の停止に到達するものであつて、これに關しては後編に於て再說せんとするものである。今寫眞第30は50% SrCO₃配合の滲炭剤による場合の實驗後の試片の顯微鏡組織を示してゐる。

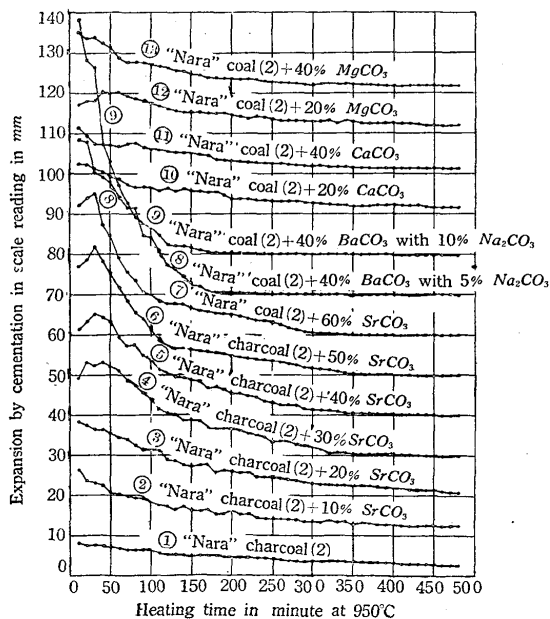
次に以上の試験に關して、著者は滲炭温度に於ける時間の経過に伴ふところの毎30分の滲炭室中のガス壓力の變化を檢したが、其結果は第30圖に包含せられてゐる。本

圖は縦軸に於て曲線1より9に到るまで夫々順次に 50mm づゝずらして畫かれてゐるが、本場合に關するものは曲線 1, 4, 5, 6, 7, 8 及 9 である。これ等の諸曲線は楕木炭(2)

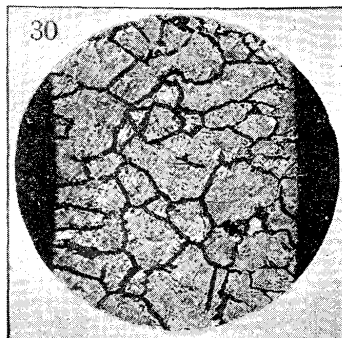
第 28 圖



第 29 圖



寫眞第 30

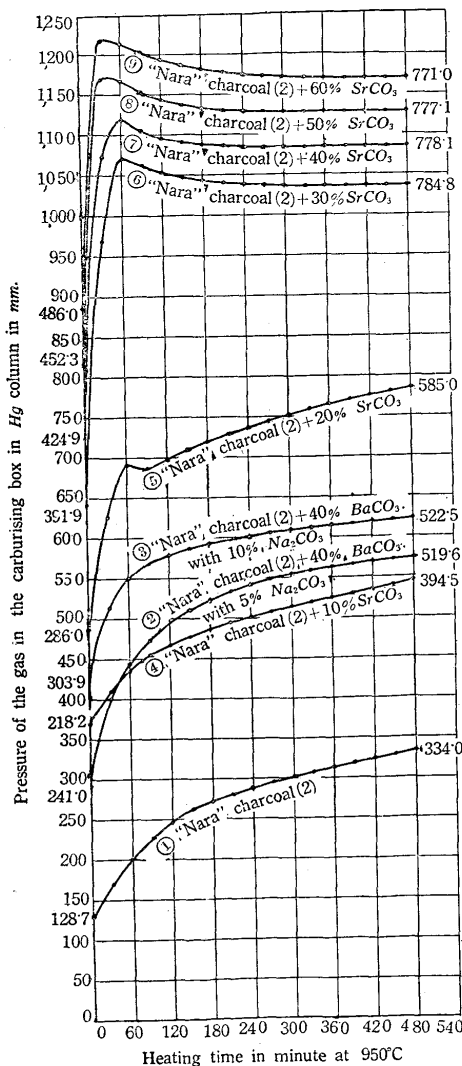


A 56. アルカリ性ピクリン酸曹達 ×45 腐蝕 C=1.358%

に順次に 10% づゝの間隔に於て SrCO₃ を配合した滲炭剤による場合であつて、これ等による時は、一般的に SrCO₃ の増加に従てガス壓力は上昇する、而して孰れの場合に於ても、最初實驗

に先立て装置内を真空ボムブによつて排氣しつゝ 120°C で 3 時間加熱し、以て水分及空氣を排除し、真空ボムブに到る活栓を閉鎖し、一旦室溫に到るまで放冷し、其後は全くガスの出入のない状態で加熱を行たものである

第 30 圖



故、本實驗に於て現はれたガス壓力は全く滲炭剤より發生したガスに基因するものであつて、其ガス量は壓力より見る時は相當に多い事を知るものである。今 0, 10, 20% SrCO₃ の 3 者に在ては、曲線 1, 4, 5 に示される如く、初期の壓力は小であるが、時間の経過と共に急に上昇し、後次第に緩慢となる。但 20% SrCO₃ の場合には最初約 1 時間までは壓力は急速に上昇し、曲線上に極

大點を生じ、約 1.5 時間で極小點が現はれ然る後は徐々に上昇してゐる。30, 40, 50, 60% SrCO₃ の場合即ち曲線 6, 7, 8, 9 に在ては最初のガス壓力は前 3 者に比して

更に大であつて、且上昇も急速で、又短時間に極大點に達し、以後徐々に低下し、孰れも類似の形狀を呈する。而して極大點に達する所要時間は $SrCO_3$ の配合割合が大なるに従つて短い。併し8時間後の壓力は孰れも大同小異である。今これ等の場合はいづれも滲炭力が特に大であつて比較的短時間内に滲炭の停止點に到達するものであるが、 $SrCO_3$ の配合割合が或範圍内で大なる程滲炭力が大なるものである。因てこれ等に於ける滲炭力の差異は大略初期のガス壓力、從つて量に依據するものと考へられる。

(b) Na_2CO_3 の作用 鐵の滲炭促進作用に及ぼす Na_2CO_3 の影響の大なることに關しては一般によく知られ、且工業的に利用せられるところであるが、其融點は前述の如く $852^\circ C$ であつて、一般滲炭溫度に對しては稍低い憾があると同時に、このものが多い時は鐵材を犯す恐があるによつて、工業的には單獨に使用せられることなく $BaCO_3$ と混用せられるのを常とする。其割合は次の如くである。

木炭	$BaCO_3$	Na_2CO_3 (重量%)
60~70	30~20	<10

然るに本實驗に於ては Na_2CO_3 が5%を越える時は不都合を生ずること前述の如くである故に2及4%の2者に就て行つた結果は第14表、試片番號 A58, A59 並に第28及29圖、曲線8及9に掲げられてゐる。今兩圖、曲線8及9に就て見るに、試片の膨脹、從つて滲炭作用は2~1時間内に於て極めて迅速に進行し、然る後は緩慢となり、短時間で停止點Sに到達する。而して試片番號 A58 の場合の停止點は滲炭溫度に到達後5時間40分、又 A59 は3時間40分に於て現はれ、これを $BaCO_3$ 及 $SrCO_3$ の場合に比する時は遙かに短時間でよろしいこととなるのである。但8時間後の試片の膨脹及滲炭度は $SrCO_3$ 滲炭劑による膨脹停止に到た場合と大差のないことは第14

表に就て見ることを得る。以上によれば Na_2CO_3 の影響は極めて大なるものがあり、而も4%配合の場合には2%のそれに比して著しく大であつて、斯る少量の配合による滲炭効果の大なることは他の促進劑の及ぶところではないのである。寫眞第31は楡木炭(2)に配するに10%の Na_2CO_3 を混合した $BaCO_3$ 4% を以てした滲炭劑による場合の滲炭後の試片の顯微鏡組織を示してゐる。

次にこの場合の滲炭室内のガス壓力の變化は第30圖、曲線2及3に示されてゐる。これによれば、初壓力並に時間の経過に伴ふ壓力の上昇は相當大なるものがあるが、多量の $SrCO_3$ を配合する滲炭劑による場合に比して遙かに及ばざるものがある。

(c) $CaCO_3$ 及 $MgCO_3$ の作用 これ等の實驗結果は第14表、試片番號 A60, A61, A62, A63 及第28, 29圖、曲線10, 11, 12 並に13に示されてゐる。これ等の内曲線10及11は楡木炭(2)に配するに夫々20及40% $CaCO_3$ を以てした滲炭劑によるもの、又12及13は同様20及40% $MgCO_3$ を以てしたものによる場合である。今第28圖、曲線10を見るに、初期の膨脹、從つて滲炭作用は曲線1即ち楡木炭(2)のみによる場合に比して稍大なるものがあるが、時間の経過に伴ふ増進の割合は稍少ない。これを第29圖、曲線10に對比する時は、滲炭速度の變化をよく見ることを得る。而して總體的に見て、本場合に關しては滲炭効果に及ぼす $CaCO_3$ の影響は稍積極的である。次に兩圖、曲線11によるに、初期の滲炭度及速度は曲線1の場合に比して稍大であるが、時間の経過に伴ふこれ等の減少の度は相當に著しいものがある。因てこの場合の滲炭効果は稍負的である様に考へられる。而してこれ等各場合の滲炭後の試片の炭素含有量は第14表に掲げられるが以上の結果とよく一致してゐる。寫眞第32は40% $CaCO_3$ の場合の顯微鏡組織である。以上の2結果のみを

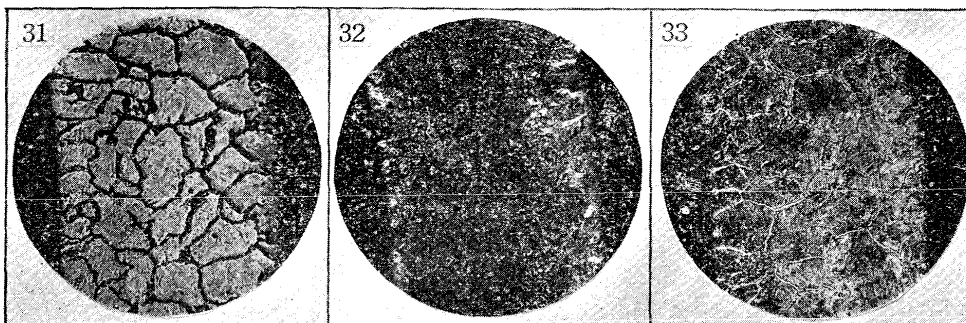
以て推す時は、木炭中の $CaCO_3$ は其量が少い時は鐵の滲炭作用を稍増進し、多ければこれを減退するものと見得るのである。

次にこの場合の滲炭室中のガス壓力の變化は第31圖、曲線1及2によつて表はされてゐる。同圖に於て、各曲線は縦軸は總て0點を基點として畫かれてゐる。曲線1は20%、2は40%

寫眞第31

寫眞第32

寫眞第33



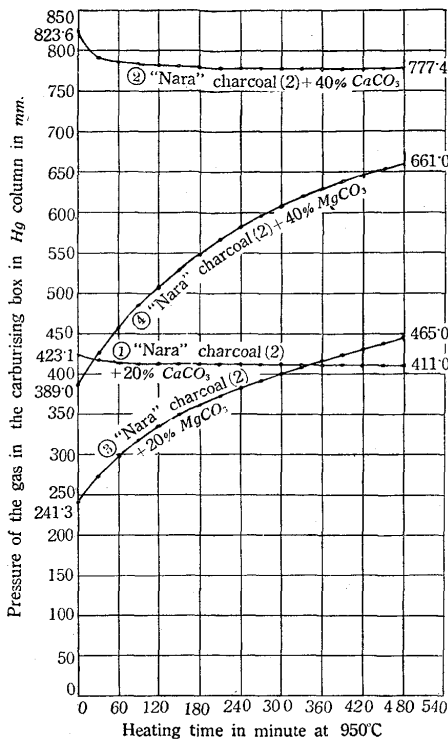
A59.アルカリ性ピクリン酸書達 $\times 45$
腐蝕 $C=1.361\%$

A61. 硝酸腐蝕 $\times 45$
 $C=0.925\%$

A63. 硝酸腐蝕 $\times 45$
 $C=1.110\%$

40% CaCO_3 配合の滲炭剤による場合である。曲線 1 に

第 31 圖



よれば、壓力は最初に於て最大であつて、且相當大なる値を示してゐるが、時間の経過に従て極めて徐々に減少する。曲線 2 の場合に関して は最初の壓力が最大であることは前者と其軌を一にしてゐるが短時間後に稍急速に下降し、然る後極めて緩慢に低下する。但總體的に其壓力

は著大であることを特徴とする。

次に MgCO_3 の影響に就て考察するに、第 28 及 29 圖、曲線 12 及 13 によつて見るに、これを曲線 1 と對比する時は、孰れも初期の滲炭度及速度は稍大であるが、時間の経過に伴ふ變化は稍緩徐となる。而して MgCO_3 が木炭の滲炭力に及ぼす影響は稍積極的であつて、且 20% の場合よりも 40% の方が多少効果が多いことは、第 14 表試片番號 A62 及 A63 の滲炭後の試片の炭素有含量より見ても明かである。併し總體的に考ふる時は、試片番號 A51, A62 及 A63 の 3 者に於ける差異は小であつて、 MgCO_3 配合量 40% 以内に関しては、其効果は僅少なものと觀すべきである。今 40% MgCO_3 の場合の實驗後の試片の顯微鏡組織を示せば寫眞第 33 の如くである。

この場合の滲炭室中のガス壓力の變化に関しては第 31 圖、曲線 3 及 4 に示されてゐる。これ等によれば、時間の経過に伴て曲線は相當急速に上進を現はし CaCO_3 の場合に比して著しく異てゐる。而して 40% MgCO_3 配合の方が 20% の場合よりも遙かに大である。

終りに其他の炭酸鹽、例へば K_2CO_3 , Li_2CO_3 等に関しては、相當に大なる滲炭促進作用を有するものと報ぜられてゐるが前者は其融點低くあつて 891°C であると同時に潮解性なるにより、又後者は其融點更に著しく低くあつて

618°C である故に、これ等に就ての實驗はこれを行はなかつたのである。

C. 滲炭剤中の水分と滲炭力

(1) 滲炭剤及實驗條件 この場合使用した滲炭剤は次の 4 種である。

1. 檜木炭(2)+20% BaCO_3 , 水分含有量 = 7.74%
2. " +40 " , " = 6.73
3. " +20 SrCO_3 , " = 7.99
4. " +40 " , " = 6.33

以上は孰れも 14~20 メッシュの檜木炭(2)及炭酸鹽を調合し、廣口硝子瓶中に收め、其口を開放したまゝ大氣中に 1 夜放置した後均一に混和し、其一部を採て分析に附し殘部を直ちに滲炭箱中に移し、以て試験に供したものである。而してこの場合は大略大氣中に於ける自然水分吸收状態と見ることが得る。今以上各場合の水分含有量を比較するに、孰れも炭酸鹽の配合割合が多い場合に於て少い。これ炭酸鹽に比して木炭の方が吸水力が大なることを示すものである。

諸實驗法は試片及滲炭剤を收めた滲炭箱を装置中に挿入し、各部を充分氣密と爲し、室溫に於て真空ポンプを以て其中の空氣を排除した後活栓 L (第 1 圖) を閉ち、加熱を開始したものである。其他の條件は第 1 節の場合と同様である。

(2) 實驗結果 本實驗の結果は第 15 表及第 32 圖に示されてゐる。先づ今 BaCO_3 配合の場合に就て考察するに、試片番號 A64 及 A65 の滲炭過程は第 32 圖、上下兩圖、曲線 1 及 2 によつてよく其有様を見ることを得る。

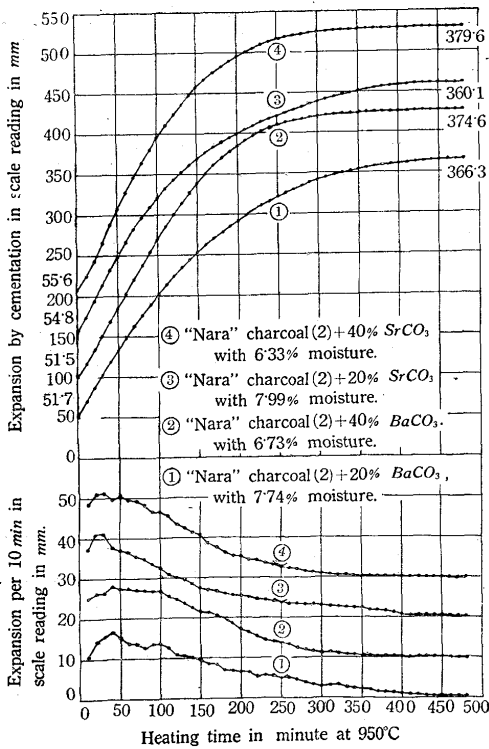
上圖によるに、試片の膨脹、從て滲炭度は孰れも最初は相當急速に上昇し、後次第に緩慢となり、特に 40% BaCO_3 の場合に於て其傾向が著しく 8 時間後に在ては殆ど膨脹停止に垂んとするけれども、尙微少の進行途上にある。而して下圖によつて其速度を見るに、孰れも滲炭溫度に達した當初には左程大ではないが、約 30 分に到るまでは急速に上昇して 1 の極大點を表はし、然る後比較的急速に低下する。以上を第 1 節試片番號 A7 及 A3 と對照するに、孰れも 20 及 40% BaCO_3 を配合したことは同一であるが、唯水分を含むと然らざるとの相異がある。而して本場合の方が遙かに滲炭度及初速度が大なることを見るのである。これによれば、滲炭剤中の水分は自然吸收程度に在ては却て滲炭力を増進することを知るべきであつて、これ大體に於て村上、關口兩氏³⁾の研究結果と一致してゐる。

第 15 表

試片番	滲炭剤の配合割合 (重量%)		滲炭剤の粒子の大きさ (mm)	試片の壁厚 (mm)	滲炭温度 (°C)	全滲炭時間 (時)	滲炭温度に於ける滲炭による膨脹量 (尺度の読み, mm)											滲炭温度に於ける滲炭による各1時間の膨脹量 (尺度の読み, mm)								滲炭後の長さの試片増加 (100mmに對し (mm) 或は(%)	滲炭後の重量増加 (1ccに對し (gr)	滲炭後の炭素含有量 (%)
	檜木炭(2)	促進剤水分					0	1	2	3	4	5	6	7	8	第1時	第2時	第3時	第4時	第5時	第6時	第7時	第8時					
A 64	80	BaCO ₃ 20 水分 7.74	14~20	0.75	950	8	51.7	147.6	224.6	278.7	315.5	340.3	356.1	363.3	366.3	85.9	76.9	51.1	36.8	24.8	15.8	7.2	3.0	0.85	0.1021	1.294		
A 65	60	BaCO ₃ 40 水分 6.73	"	"	"	"	51.5	152.6	250.2	320.1	355.9	370.0	374.9	376.4	376.4	101.1	97.6	69.9	35.8	14.1	4.9	1.3	0.2	0.90	0.1045	1.325		
A 66	80	SrCO ₃ 80 水分 7.99	"	"	"	"	54.8	165.6	242.5	287.3	317.0	337.6	352.4	358.4	360.1	110.8	76.9	44.8	29.7	20.6	14.8	6.0	1.7	0.85	0.1039	1.312		
A 67	60	SrCO ₃ 40 水分 6.33	"	"	"	"	55.5	175.8	274.2	333.3	361.6	374.2	377.5	378.1	379.6	120.3	98.4	58.1	29.3	12.6	3.3	0.6	0.5	0.90	0.1077	1.364		

SrCO₃ 配合の場合は第 15 表, 試験番號 A66, A67 並に第 32 圖, 曲線 3 及 4 に表はされてゐる. 今第 32 圖,

第 32 圖

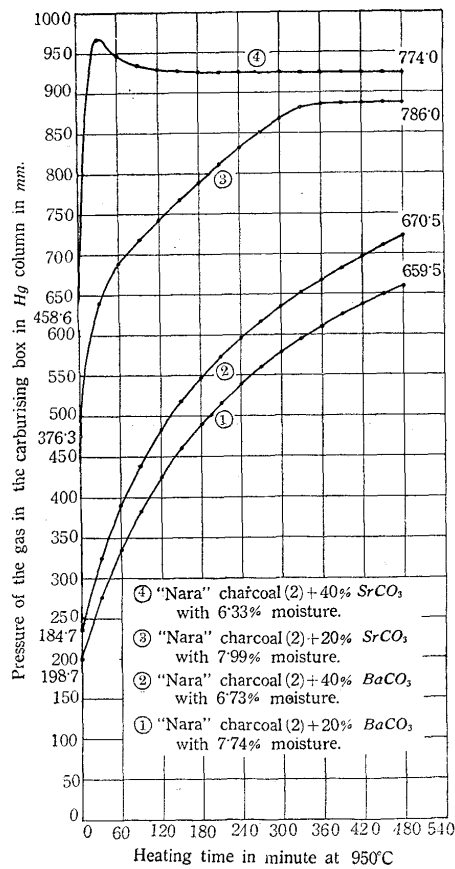


曲線 3 による SrCO₃ 20% 配合の場合には時間の経過に伴ふところの膨脹, 従て滲炭度及其速度の變化は曲線 1 のそれと大同小異である. 然るに曲線 4 即ち 40% SrCO₃ の場合に於ては初期の滲炭

力は特に大であつて, 約 4 時間後に在ては其速度の衰微著しく 6 時間 50 分で膨脹の停止點に到達してゐる. 而してこの結果を前述試片番號 A53 及 A55, 第 29, 30 圖, 曲線 3 及 5 と對比するに, 以上の範圍の水分含有量は或程度に於て本滲炭剤の滲炭力を増進するの事實を知るのである. 但其影響は BaCO₃ 配合の場合程は著しくない. これを要

するに滲炭剤中の水分は自然吸收程度の量では, 其滲炭力を増進するの作用を與へるものと認め得るのである. 實際

第 33 圖



工業上滲炭剤は特に乾燥せられないで使用せられるが, 何等差支がないのみならず, 却て自ら滲炭力促進の結果となるのである.

以上の場合の滲炭室内のガス壓力の變化は第 33 圖に示されてゐる. 圖中各曲線は縦軸に於て, 夫々順次に 50mm づゝずらして畫かれてゐる. 先づ BaCO₃ 配合の場合を考

へるに, 曲線 1 及 2 によつて見られる如く, 其壓力は最初は比較的小であるが, 時間の経過に伴て急速に上昇し 8 時間後でも尙相當上昇の姿勢にある. 而して 40% BaCO₃ の方が 20% のものに比して上昇の度は稍大である. 今こ

れ等を水分を含有しない場合即ち第 11 圖, 曲線 2 及 3 と對照するに, 本場合の方が遙かに大であるところよりこれを見る時は, 滲炭剤中の水分は或範圍内に於て其壓力の上昇に相當の影響を與へることを知るのである. 次に $SrCO_3$ 配合の場合は第 33 圖, 曲線 3 及 4 に表はされるが 20% $SrCO_3$ のものに對する曲線 3 では初期壓力の上昇は更に急速であつて, 其後長く稍徐々に上昇を續け, 約 6 時間以降に於て殆ど一定となる. 而してこれを水分を含まない場合即ち第 30 圖, 曲線 5 と比較するに, 其形狀は著しく異て居り, 又初期並に終期の壓力は水分を含有する場合の方が相當に大である. 40% $SrCO_3$ 配合の場合即ち第 33 圖, 曲線 4 では, 壓力の初期上昇の度は極めて急速であつて, 約 0.5 時間に於て最大に達し, 然る後急速に, 次で極めて徐々に下降を現はしてゐることは恰も $SrCO_3$ 配合に於て水分を含有しない場合即ち第 30 圖, 曲線 6, 7, 8 及 9 とよく類似してゐる. 而して本場合の曲線を第 30 圖, 曲線 7 と比較するに, 水分を含有する場合の方が初期壓力は相當大であるが, 終期に於ては大差のないことを見るのである.

終りに以上の各實驗に於て, 滲炭中發生するガスの發生機構は本研究結果によつては充分了解し得ない. その究明に關しては, 更に精細なる研究を必要とするものである.

VI 鐵の飽和滲炭

1. 飽和滲炭の意義

以上諸實驗の結果によれば, 強大なる滲炭力を有する滲炭剤を使用する時, 一定の試片に於ては, 滲炭の進行に従つて鐵試片の膨脹速度は最初著大であつて, 漸次に減退し, 或時間後にあつては遂に零となるのを一般とする. 而して更に加熱を繼續する時は, 次第に微量の收縮を現はすに到るものである. この際長さの變化を停止してゐる時間は, 滲炭溫度及滲炭剤の滲炭力によつて異なるもので, 溫度高く又滲炭力が大なる程少く, 凡そ 10~30 分である. この場合膨脹停止に到る所要時間も亦溫度及滲炭力によつて相異し, 溫度高く滲炭力が大なる程小である. 又滲炭力が弱少なる場合でも, 滲炭室内のガスが逸出するが如きことなく, 苟も滲炭作用が進行してゐる間は決して膨脹の停止することのないことは著者のよく經驗したところである. 茲に既述の諸實驗に於ける膨脹停止が 8 時間以内に起つた場合の停止に到る所要時間及滲炭後の試片の炭素含有量を再録すれば, 第 16 表の如くである.

これによれば 10 種の試片の滲炭後の炭素含有量は多少

の差異があるが大同小異であつて, 其平均は約 1.36% である. 而して各試片は孰れも 950°C に 8 時間加熱せられたものであつて, 膨脹停止後相當に長時間繼續加熱せられた

第 16 表

試片 番號 (A)	滲炭剤の配合 割合(重量%)		滲炭剤 の粒子 の大き (μ シユ)	試片 の壁厚 (mm)	滲炭 溫度 (°C)	全滲 炭時 間 (時)	膨脹停 止に到 る所要 時間 (分)	滲炭後の試片 の炭素含有量	
	木炭種	促進劑						(%)	平均 (%)
34	松木炭 60	$BaCO_3$ 40	14~20	0.75	950	8	450	1.355	1.357
38	檜木炭(2) 60	"	28~35	"	"	"	420	1.358	
39	"	"	35~48	"	"	"	"	1.360	
40	"	"	<48	"	"	"	350	1.352	
54	檜木炭(2) 70	$SrCO_3$ 30	14~20	"	"	"	440	1.368	
55	檜木炭(2) 60	$SrCO_3$ 40	"	"	"	"	420	1.348	
56	檜木炭(2) 50	$SrCO_3$ 50	"	"	"	"	410	1.358	
57	檜木炭(2) 40	$SrCO_3$ 60	"	"	"	"	340	1.365	
58	檜木炭(2) 60	Na_2CO_3 5%を混 じた $BaCO_3$ 40	"	"	"	"	"	1.349	
59	"	Na_2CO_3 10%を混 じた $BaCO_3$ 40	"	"	"	"	230	1.361	

たものがあり, 或は短時間で加熱が中止せられたものもあるに拘らず, 其滲炭量は實驗誤差範圍を出でない. これによつて見る時は, この溫度に於ける最大滲炭量は平均 1.36% であるといふことを得る. 換言すれば約 1.36% は 950°C に於ける鐵中の飽和滲炭量であると看做すことを得るのである. 尚滲炭力が弱小な場合に於ても, 苟も滲炭作用の進行しつゝある間は, 決して膨脹の停することがないことは前述の如くである.

更に各種の滲炭溫度に於ける, 膨脹停止に到る所要時間と滲炭度との關係を求める爲施行した實驗の結果は第 17 表に掲げられてゐる.

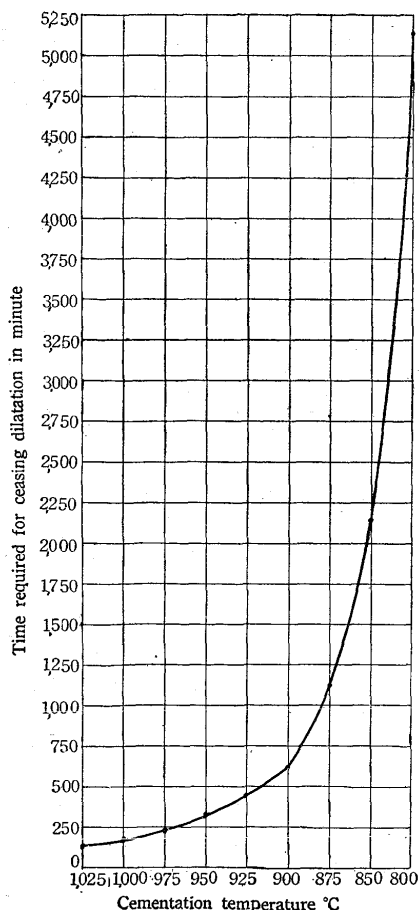
この場合には, 滲炭剤は可及的滲炭力の強大なものを選び, 檜木炭(2)に配するに 60% $SrCO_3$ を以てしたものを用ひ, 滲炭室は豫めこれを排氣しつゝ 120°C に 3 時間加熱し, 水分及空氣を排除した後, 一旦室溫に到るまで放冷し, 以て加熱を開始したものである. 而してこの場合滲炭溫度は最高 1,025°C 最低 800°C である. 蓋し 1,025°C 以上例へば 1,050°C に於ける實驗もこれを試みたが, 多少試片軟化の影響が現はれ, 膨脹停止の極限を決定することが困難であつたによつてこれを省略し, 又 800°C 以下例へば 750°C に關しても調査したが, 膨脹, 從て滲炭速

第 17 表

試片 番號	滲炭剤の配合 割合(重量%)		滲炭剤 の粒子 の大きさ (メツ シユ)	試片の 壁 厚 (mm)	滲炭 温度 (°C)	膨脹停 止に到 る所要 時間 (分)	滲炭後の試片 の炭素含有量	
	樫木炭 (2)	SrCO ₃					(%)	平均 (%)
A 68 A 69	40	60	14~20	0.75	1,025	130 140	1.529 1.532	1.531
A 70 A 71 A 72 A 73 A 74	"	"	"	"	1,000	170 180 180 190 200	1.490 1.481 1.478 1.486 1.492	1.485
A 75 A 76	"	"	"	"	975	250 270	1.427 1.432	1.429
A 77 A 78 A 79	"	"	"	"	950	320 340 340	1.362 1.369 1.358	1.363
A 80 A 81 A 82 A 83 A 84	"	"	"	"	925 900 875 850 800	450 590 1,120 2,130 5,140	1.285 1.238 1.174 1.135 1.042	

度極めて小であつて、停止に到るまでの所要時間は著しく延長し、遂に停止に到達せずに実験を中止したものである。尙第 17 表に掲げられてゐる諸実験に於ては、各試片が膨脹停止に到達した後 30 分間で加熱を中止し、其儘爐中放

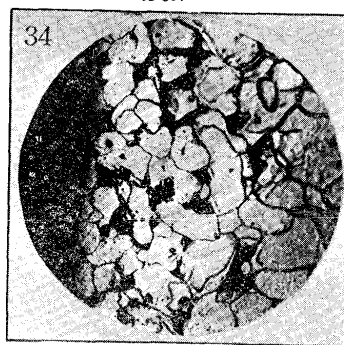
第 34 圖



冷に附したものである。又 875°C, 850°C 及 800°C の場合には 1 日中に実験を終了することが不可能であつた故、第 1 日の終期に於て其まゝ爐中冷却を行ひ、第 2 日に更に同一温度に上昇し加熱を繼續するが如く反覆したものである。従てこれ等 3 者の場合には膨脹停止に到る所要時間は第 17 表に示されたものよりも實際上稍長時間を要した理である。 借今滲炭温度と

膨脹停止に到るまでの所要時間との關係を曲線で表はせば第 34 圖の如くである。これによれば 900°C 以上に於ては低温に到るに従て曲線は徐々に上昇し、900°C 以下では其上昇は急速となつて垂直に近づき、殊に 800°C に在ては實に 85 時間餘を要した。且 900°C で急に曲線の方角を變じ、ここに一の折點を生ずる。これ 900°C 以上では最初より γ -鐵を處理するに反し、それ以下に於ては最初は α -鐵或は α -及 γ -鐵兩相を取扱たに外ならない。抑々アームコ鐵の如き純度高き鐵を 900°C 以下の温度に於て滲炭する場合其滲炭の可能性に關しては、著者は最初疑なき能はざるところであつたが、滲炭速度は極めて小

寫眞第 34



A 85, 硝酸腐蝕 × 150

であるが、實際上測定可能の程度に於て滲炭せられる事實を確認したのである。例へば寫眞第 34 は第 17 表試片番號 A 84 と同一條件の下にて 800°C に於て 3 時間滲炭せしめた場合であつて、側壁よりの滲炭過程をよく表はしてゐる(試片番號 A 85)。而して試片 A 84 に就て見るに、其滲炭過程に於ける膨脹速度は最初は極めて小であつて、約 1 時間は毎 10 分間の膨脹量は尺度の讀で約 0.1mm 程度であつて、其後漸次に増加し、5 時間目で約 0.5mm となり、更に時間の経過に従て増進し 14 時間目では 1.5mm 程度に達し、其後相當長時間斯る狀況を持續し、約 25 時間頃より微少の減少を現はし、次で遙かに膨脹停止に到るまで順次に速度の衰退を見るのである。惟ふに斯る場合の滲炭作用は、若しアームコ鐵の炭素含有量が炭滲温度に於て α -鐵に對する炭素の溶解限度以下である時は、滲炭は先づ其限度點に到るまで行はれ、然る後はこの温度に相當する A₃ 點の組織のオーステナイトが初析フェライト中に増加し、遂に全試片がこの組織のオーステナイトとなり、其後はオーステナイト單相への滲炭が進行すべき理である。又若しアームコ鐵の炭素含有量が α -鐵に對する炭素の溶解限度以上に在る時は先づこの滲炭温度に相當する A₃ 點の組成のオーステナイト單相に向ての滲炭が進行する筈である。而して斯る場合 α -鐵への滲炭速度は極めて小であつて、時間の経過と共に滲炭作用は微少の進行を續け、其度が A₃ 點を越えるに及んで即ちオーステナイト單相となり、漸く其度を増加する

に到るべきである。但最初は試片壁の内外に於て、其滲炭度は相當に不均一であることは免れ得ざるところである。

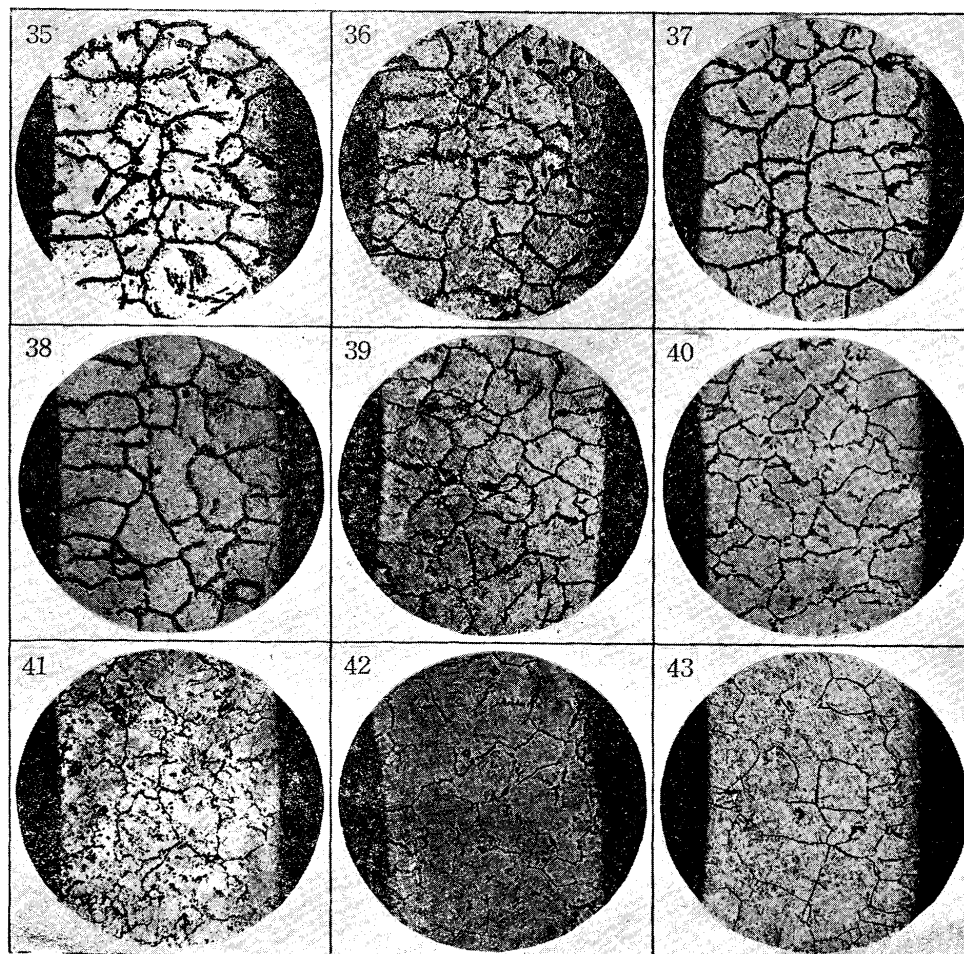
次に以上述べ來た膨脹の停止點に到達した後、更に引續いて加熱を行ふ場合の滲炭後の試片の炭素含有量に關し

第 18 表

試片 番號	滲炭剤の配合 割合(重量%)		滲炭剤の粒子 の大きさ (メツ シユ)	試片の 壁 厚 (mm)	滲炭 温度 (°C)	全滲 炭時 間 (時)	膨脹停 止に到 る所 要 時間 (分)	滲炭後の試片 の炭素含有量	
	檜木炭 (2)	SrCO ₃						(%)	平均 (%)
A 86 A 87	40	60	14~20	0.75	1,025	10	140 "	1.533 1.537	1.535
A 88 A 89	"	"	"	"	1,000	"	130 190	1.475 1.488	1.482
A 90 A 91	"	"	"	"	975	"	250 260	1.434 1.422	1.428

ては 950°C に就ては既に第 16 表に掲げたところであるが、今念の爲 1,025°C, 1,000°C 及 975°C に於て行た實驗の結果は第 18 表に示されてゐる。但これ等の場合の

寫眞 35~43 アルカリ性ピクリン酸曹達腐蝕



(35) A68 1,025°C 飽和滲炭 C=1.529% ×45 (40) A81 900°C 飽和滲炭 C=1.235 ×45
 (36) A72 1,000°C " C=1.478 ×45 (41) A82 875°C " C=1.174 ×45
 (37) A75 975°C " C=1.427 ×45 (42) A83 850°C " C=1.135 ×45
 (38) A79 950°C " C=1.358 ×45 (43) A84 805°C " C=1.042 ×45
 (39) A80 925°C " C=1.285 ×45

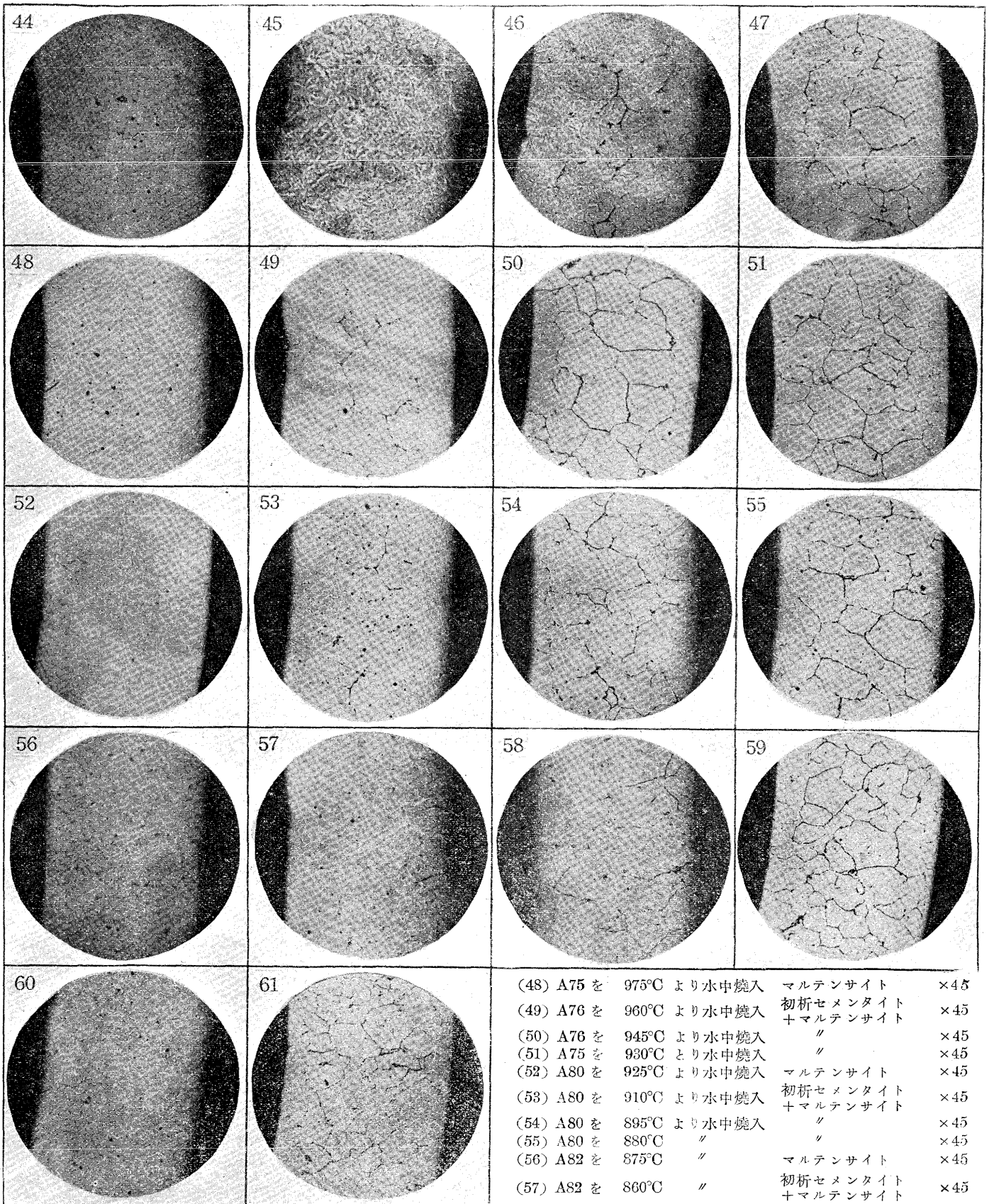
全滲炭時間は總て 10 時間とした。これによるに、滲炭後の試片の炭素含有量は各温度に就て第 17 表の値とよく一致してゐる。これより見る時は、試片の滲炭量は膨脹停止後の保持時間の長短には殆ど無關係であることを知るのである。換言すれば或温度に於ける鐵の滲炭作用には一の飽和點が存するものと結論することを得る。著者は茲にこれを飽和滲炭と名附けんと欲する。而して寫眞第 35~43 は第 17 表に掲げる各温度に於ける飽和滲炭後の試片の顯微鏡組織の各一例づゝを示してゐる。これ等によれば飽和滲炭試片は孰れもパーライト及初析セメントタイトより成てゐるものであるが、後者の量は略滲炭温度の上昇に従て漸増してゐる。即ち鐵の飽和滲炭量は滲炭温度の上昇に伴て漸増すべきである。

2. 焼入試験

前述諸實驗の結果よりして明白である如く、鐵の飽和滲炭試片は常に過共析組成に在る。而して寫眞第 35~43 の

初析セメントタイトは其析出の過程に於て、滲炭温度よりの冷却に際して、これ等の試片が Acm を通過したものであるか否かに關しては問題の存するところである。若し Acm を通過したものである時は、これ等は不飽和オーステナイトの状態に在たもので、又これを通過しなかつたものである時は飽和組成以上に在たはすである。而して飽和以上の組成に在たものである時は、初析セメントタイトの一部は滲炭温度に於て既に生成せられてゐたものである理である。然るに不飽和オーステナイトの状態に在る間は、滲炭に際して試片は尙膨脹繼續の姿勢に在て、停止に到達しないはずである。従て膨脹停止に到た試片に於ては少くとも飽和オーステナイトに到るまで滲炭は進行したるものと見ることを得る。故に問題は飽和點まで、或はこれを超過した組成に到るまで滲炭

寫眞 44~61 アルカリ性ピクリン酸曹達腐蝕



(44) A68 を 1,025°C より水中焼入 マルテンサイト ×45
 (45) A69 を 1,005°C より水中焼入 初析セメントタイト ×45
 (46) A69 を 990°C より水中焼入 +マルテンサイト ×45
 (47) A68 を 975°C より水中焼入 // ×45

(48) A75 を 975°C より水中焼入 マルテンサイト ×45
 (49) A76 を 960°C より水中焼入 初析セメントタイト ×45
 (50) A76 を 945°C より水中焼入 +マルテンサイト ×45
 (51) A75 を 930°C より水中焼入 // ×45
 (52) A80 を 925°C より水中焼入 マルテンサイト ×45
 (53) A80 を 910°C より水中焼入 初析セメントタイト ×45
 (54) A80 を 895°C より水中焼入 +マルテンサイト ×45
 (55) A80 を 880°C // // ×45
 (56) A82 を 875°C // マルテンサイト ×45
 (57) A82 を 860°C // 初析セメントタイト ×45
 (58) A82 を 845°C // +マルテンサイト ×45
 (59) A82 を 830°C // // ×45
 (60) A84 を 800°C // マルテンサイト ×45
 (61) A84 を 755°C // 初析セメントタイト ×45
 +マルテンサイト

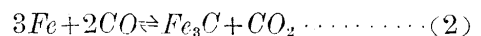
が進行して膨脹停止に到達すべであるかの孰れかとなるのである。而して著者はこれが決定に對して焼入試験を適用した。惟ふに各飽和滲炭試片を各滲炭温度より焼入する時、試片に初析セメンタイトを殘存する場合には滲炭は A_{cm} 以上に進行してゐたはずである。然るに初析セメンタイトを殘存しない場合には、滲炭度は A_{cm} 或はそれ以下にあつた理である。且焼入温度が滲炭温度よりも少しく下位に在て微量のセメンタイトが殘留する場合には、滲炭度は正しく A_{cm} に在たものと看做すことを得るのである。著者は茲にこの原理を應用し、以て飽和滲炭度と A_{cm} との關係を調査したものである。

楮本試験に於て、試片としては各温度の飽和滲炭材の化學分析試料採取後の殘部を約 12mm に切斷して使用したるものであつて、加熱は眞空爐を以てした。即ちニクロム線巻管狀電氣爐中に外部釉藥附の一端閉鎖せられた内徑 18mm、長さ 250mm の磁製管を挿入し、其底部より約 100mm だけ定温に保持し、底部に直徑約 14mm、長さ 20mm の木炭片を挿入し、其前方に木炭片に接して試片を整置し、固くゴム栓を施す。ゴム栓には 2 孔を備へ、其 1 に熱電對保護管としてシリマナイト管を氣密に挿入し、其熱點を略試片の中央部に來らしめる様配列する。又他孔には硝子管を挿入し、排氣用眞空ポンプに連結する。中間には水銀眞空計を置き、眞空度をして常に可及的良好に保持する様力めた。底部に木炭片を置いたのは、更に試片の酸化防止を有效ならしめる爲である。而して試片は實際上殆ど酸化することなく加熱することを得たのである。加熱速度に關しては充分の注意を拂ひ、焼入温度以下約 80°C より試片を爐中に挿入し、温度を上昇し 30°C 以下まで約 15 分、それより焼入温度まで約 15 分、特に終末の約 1°C には約 5 分を要したが如き緩速度を以て上昇し、急速にゴム栓を引抜き、爐を急傾斜し、以て水中に落下焼入したものである。今茲に注意すべ一事がある。即ち斯る再加熱に於ては、試片は酸化を受けずとも、或程度の脱炭を伴ふべきことは後述の如くである。然るに斯る短時間の加熱では其度は僅少であつて、且脱炭は側壁より漸次内部に及ぶもので、この場合其影響は著しくはなかつたが、内心に於て觀察することとし、安全の爲焼入試片の一端より約 2mm だけ削去した後檢鏡することとした。この場合の焼入温度は各試片の滲炭温度を最高とし、それより下方 15°C 毎にこれを探たものである。今焼入試片の顯微鏡組織を觀察するに、各温度の飽和滲炭試片は其等の温度に於て焼入したものは例

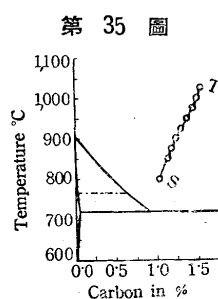
外なく初析セメンタイトを殘留しないで、全くマルテンサイト組織より成てゐる。

然るにそれより以下 15°C 毎で焼入した場合に在ては其温度に應じて滲炭温度より遠ざかつたもの程初析セメンタイトの殘留が漸増するのを見たのである。茲にこれ等の組織の數例を掲げることとする。寫眞第 44~47 は 1,025°C の飽和滲炭試片を 1,025, 1,005, 990, 975°C より、又寫眞第 48~51 は 975°C の飽和滲炭試片を 975, 960, 945, 930°C より、更に寫眞第 52~55 は 925°C の飽和滲炭試片を 925, 910, 895, 880°C より、又寫眞第 56~59 は 875°C の飽和滲炭試片を 875, 860, 845, 830°C より、尙寫眞第 60~61 は 800°C の飽和滲炭試験片を 800, 755°C より夫々水中に焼入したものである。これ等による時は極めて嚴密とは云ひ難いが膨脹停止に到た滲炭試片の炭素含有量は、各温度に應じて大略 A_{cm} 曲線上に在るものと認定することを得るのである。而して從來の説に従へば A_{cm} 以上の滲炭は其速度極めて緩慢であるが全く不可能に非ずとせられ、又滲炭時間さへ長ければ遂に 6.67% まで到達すべきものであると稱する向⁹⁾もある。然るに著者の研究によれば、研究範圍内の温度に於ては A_{cm} 以上の滲炭は一見不可能であるが如き結果となつたのである。

從來 CO による滲炭現象に關しては幾多の研究がある。特に松原博士⁸⁾、高橋博士⁹⁾、Johansen¹⁰⁾ 及 Seth, Schenck¹¹⁾、Becker¹²⁾、岩瀬博士¹³⁾、西村博士¹⁴⁾ 等は次の平衡關係に就て詳細な發表を行た。



本實驗に於ける滲炭作用が上式に基いて進行するものと



假定し、著者の結果に於て A_{cm} 以上の滲炭が一見不可能であるが如き結論を生じた理由を考察するに、CO が Fe に作用して生ずる Fe_3C は不飽和オーステナイトの存在の下では容易に其内に吸収せられるに依て、滲炭が易く進行す

ることとなるが、滲炭が進行して飽和點に達する時は Fe_3C がオーステナイト中に吸収せられざるに到る故に、それ以上の滲炭は極めて進行し難くなる様に考へられるのである。今第 17 表に示される滲炭温度と飽和滲炭後の試片の炭素含有量との關係を Fe-C 系状態圖上に表はす時は、第 35 圖曲線 ST の如くである。本曲線は從來幾多の研究者

によって發表せられた Fe-C 系に於ける Ac_m 曲線と略一致してゐる。

VII 滲炭高炭素鋼の脱炭現象

從來述べ来たところは孰れも滲炭現象に關する場合で滲炭劑の滲炭力が弱小なものに在ても一定の滲炭温度に保持するに、時間の経過に従て試験片は徐々に膨脹、従て滲炭

作用を繼續し、且滲炭力が強大なる滲炭劑を使用する時は比較的短時間内に於て膨脹、従て滲炭の停止點に到達する。而して其飽和滲炭鋼は常温に在ては初析セタイトのよく發達した過共析組成を呈するのを常とする。且著者はこの場合膨脹停止に到た試験片は、其後連續して長時間加熱せられても、最早や滲炭量の増進を來さない事實を指摘した。然るに上述の如き飽和滲炭試験片を一旦其儘或温度まで下

第 19 表

試片 番號	滲炭劑の配合 割合(重量%)		滲炭劑 の粒子 の大小 (メッシュ)	試片及 其壁厚 (mm)	實 驗 條 件	實 驗 後 の 試 片 の 組 織	實驗後 の試片 の炭素 含有量 (%)
	檜木炭 (2)	促進劑					
A 92	40	SrCO ₃ 60	41~20	アームコ鐵 0.75	1,000°C に於て飽和滲炭後、 800°C に下降 0.5 時間保持。	内外兩側に狭い脱炭層が認められる。	
A 93	"	"	"	"	1,000°C に於て飽和滲炭後、 800°C に下降 2 時間保持。	内外兩側より相當の脱炭を現はす。 脱炭層は全壁の約 1/2 の厚さに到る。	
A 94	"	"	"	"	1,000°C に於て飽和滲炭後、 800°C に下降 5 時間保持。	内外兩側より更に多量の脱炭を現は す脱炭層の厚さは全壁の約 1/2 に及ぶ。	
A 95	"	"	"	"	1,000°C に於て飽和滲炭後、 800°C に下降 8 時間保持。	内外兩側に更に著しい脱炭を現はす。 其脱炭層は全壁の約 1/2 に達する。	
A 96	"	"	"	"	1,000°C に於て飽和滲炭後、 850°C に下降 3 時間保持。	内外兩側より脱炭を現はすが其脱炭 層は比較的狭小で全壁厚の約 1/4 であ る。	
A 97	"	"	"	"	950°C に於て飽和滲炭後、 750°C に下降 20 時間保持。	總體的に略均一に脱炭特に著しく、 全體として亞共析組織を呈する。	0.656
A 98	"	"	"	"	1,000°C に於て飽和滲炭後、 690°C に下降 8 時間保持。	元の飽和滲炭試片の組織と相異ら ず。	
A 99	"	BaCO ₃ 60	"	"	1,000°C に於て飽和滲炭後、 800°C に下降 3 時間保持。	内外兩側よりの脱炭相當に著しく、 脱炭層の厚さは全壁の約 1/2 に及ぶ。	
A 100	"	Na ₂ CO ₃ 5%を混 じた BaCO ₃ 40	"	"	950°C に於て飽和滲炭後、 850°C に下降 5 時間保持。	内外兩側よりの脱炭認められるも著 しくなく、其脱炭層は全壁厚の程 度である。	
A 101	"	SrCO ₃ 40	"	"	1,000°C に於て飽和滲炭、室温に下 降、試片を取出し、清掃、滲炭劑を更 新 800°C に上昇 3 時間保持。	内外兩側に於て脱炭相當に著しく、 而して脱炭層の厚さは全壁の約 1/2 に 及ぶ。	
A 102	"	BaCO ₃ 60	"	"	"	内外兩側よりの脱炭相當に現はれ、 脱炭層の厚さは全壁の約 1/2 に到る。	
A 103	(1)40 (2)5	SrCO ₃ 60 BaCO ₃ 95	"	"	(1)の滲炭劑で 1,000°C に於て飽和 滲炭、室温に下降試片を取出し、清 掃、(2)の滲炭劑と更新 800°C に上昇 3 時間保持。	内外兩側よりの脱炭著しく、其脱炭 層の厚さは全壁の約 1/2 に達する。	
A 104	(1)40 (2)100	SrCO ₃ 60 0	"	"	(1)の滲炭劑で 1,000°C に於て飽和 滲炭、室温に下降試片を取出し、清 掃、滲炭劑(2)と更新、排氣しつつ 温度を 800°C に上昇し、3 時間保持。	内外兩側よりの脱炭特に著しく、殊 に内側に於て稍多い。而して其脱炭 層の厚さは全壁の約 1/2 に及ぶ。	
A 105	(1)40 (2)80	SrCO ₃ 60 SrCO ₃ 20	"	"	(1)の滲炭劑で 1,000°C に於て飽和 滲炭、室温に下降試片を取出し、清 掃、滲炭箱中に收め試片の外圍には 滲炭劑(1)を又内部には(2)を入れ、 800°C に上昇 3 時間保持。	内側には相當の脱炭が起て居るが、 外側では殆ど變化がない。内側の脱 炭層の厚さは全壁の約 1/2 に到る。	
A 106	(1)40 (2)100	SrCO ₃ 60 0	"	"	(1)の滲炭劑に 950°C に於て飽和滲 炭、室温に下降、試片を取出し、清 掃、滲炭箱中に收め試片の外圍には 滲炭劑(1)を又内部には(2)を入れ、 800°C に上昇 3 時間保持。	内側に於てのみ更に著しい脱炭現象 を見る。而して其脱炭層の厚さは全 壁の約 1/2 に達する。	
A 107	(1)40 (2)60 (3)60	SrCO ₃ 60 Na ₂ CO ₃ 5%を混 じた BaCO ₃ 40 Na ₂ CO ₃ 10%を混 じた BaCO ₃ 40	"	"	先づ滲炭劑(1)で 1,000°C に於て飽 和滲炭、室温に下降試片を取出し、 清掃、滲炭箱中に收め、試片の外圍 には滲炭劑(2)を又内部には(3)を 入れ 800°C に上昇 5 時間保持。	試片の内外兩側より或程度の脱炭現 象が現はれるけれども、其影響は外 側に於て著しい。	

降した後、更に其温度に保存する様な場合、或は一旦それを常温に到るまで下降し、滲炭箱より取出し、再度新滲炭剤中に收め、又は他のガス雰囲気等の中に於て飽和滲炭温度以下の或温度に到るまで上昇し、其儘保持する時は如何なる組織的變化を現はすべきかは興味ある問題である。而してこの場合著者は最初は初析セメントの黒鉛化が起るに非ずやとの豫想を抱いたのであるが、事實は全くこれに反し、多數の實驗の結果この現象は全く起らないことを確認した。これ試片アームコ鐵中の不純物、特に珪素含有量が極めて微量であるによるものである。更に著者は珪素含有量が稍多い市販の低炭素鋼に就ても調査したがこれ又同様の結果に到達したのである。

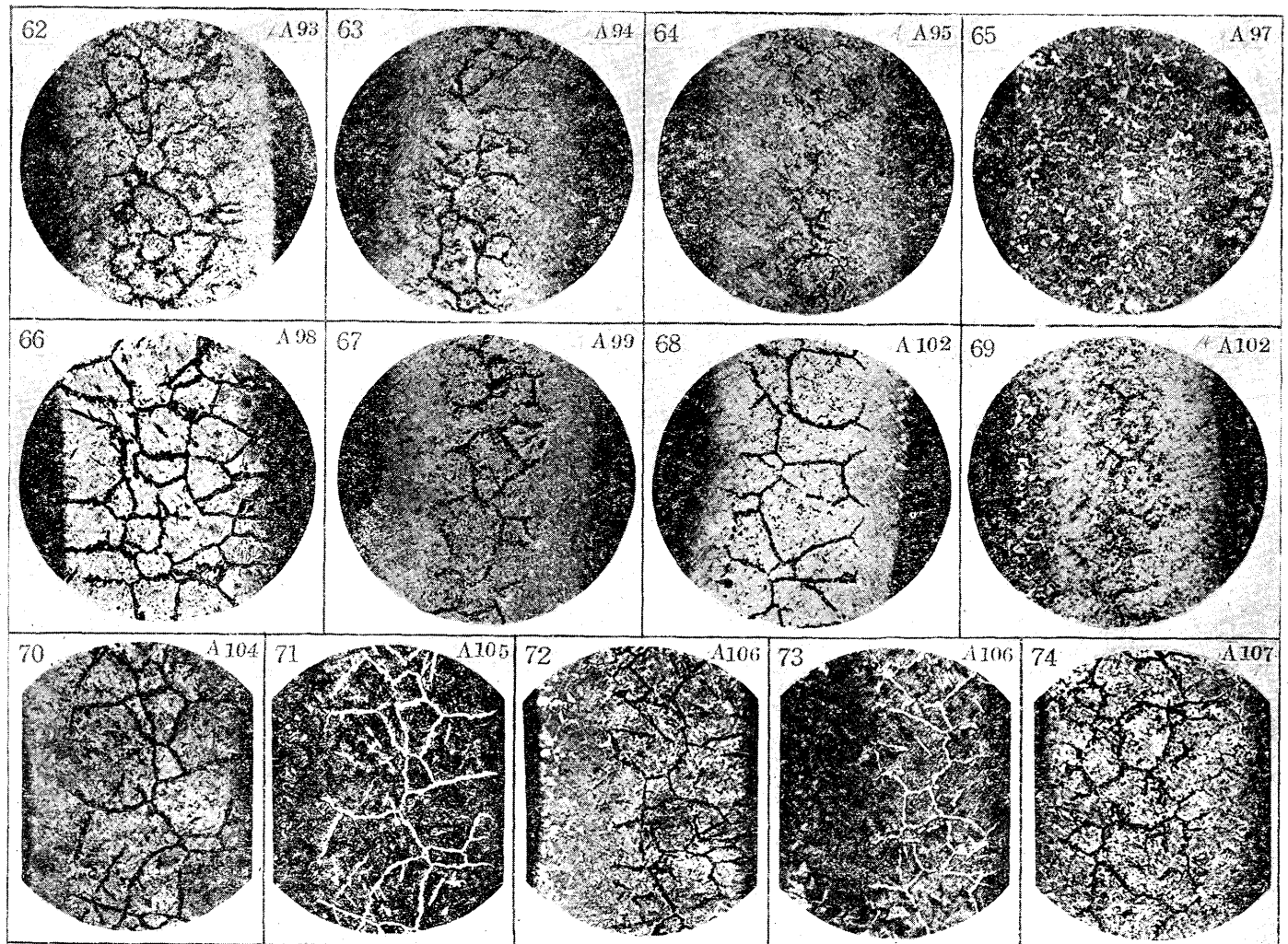
1. 固態滲炭剤中に於ける脱炭現象

茲にこの場合の脱炭現象を研究する爲行た實驗の條件及結果は第 19 表に集録せられてゐる。但試片の飽和滲炭に就ては装置内を豫め排氣しつゝ、120°C に於て3時間保持し、真空ポンプに到る活栓を閉ぢ、一旦常温に到るまで放

冷し、然る後加熱を開始したものである。

以上を約言すれば、鐵の飽和滲炭試片は表示せられた固態滲炭剤中で其飽和滲炭温度よりも低温に於て繼續加熱せられる時は、滲炭剤の如何を問はず常に或程度の脱炭作用を受け、其模様は夫々の條件によつて相異ると同時に、同一條件の下に在ては其脱炭度は加熱時間に關係する。而して飽和滲炭試片はこれを其儘それよりも低温度に下降して定温に保持するも、或は一旦室温に下降し、これを取出し、清掃後再度滲炭剤を更新して装置中に收め、前同様の低温度に上昇し、以てこれに保持するも殆ど同様の結果を得るのである。例へば試片番號 A92, A93, A94 及 A95 を比較するに、實驗條件は孰れも全く同様で唯温度下降後の加熱時間を異にするのであつて、即ち夫々、1,000°C に於て飽和滲炭後 800°C に下降し、其儘 0.5 時間、2 時間、5 時間及 8 時間保持したものであるが、保持時間が長い程脱炭は著しい。試片 A93, A94 及 A95 の顯微鏡組織は寫眞第 62, 63 及 64 に示されてゐる。今これ等を見るに、

寫眞 62~74



寫眞 No. {62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 74 = アルカリ性ピクリン酸ソーダ腐蝕
65, 71, 73, = 硝酸腐蝕

× 45

脱炭は試片の内外兩側より略均等に行はれ、且脱炭部は主として共析組成を呈してゐるが、又邊周に近く多少の初析フェライトを散見する。而して内心は初析セメンタイトの網目が多少攪亂せられてゐるが、全く脱炭せられることなく且脱炭部と非脱炭部との境界は極めて明瞭である。

次に試片 A97 は 950°C の飽和滲炭試片を其儘 850°C に下降し 3 時間保持した場合であるが、脱炭部は比較的狭小である。

又試片 A97 は 950°C の飽和滲炭試片を其儘 950°C に下降し 20 時間定温に保持した場合であるが、總體的に略均一に著しく脱炭してゐることは寫眞第 65 の如くであつて、其炭素含有量は平均 0.656% である。

上述の諸實驗に就て、或飽和滲炭試片を其儘或低温度に下降して定温に保持する場合の熱膨脹計に於ける試片の長さの變化を見るに、温度下降の當初約 30~40 分間は殆ど變化なく、其後は微少例へば毎 10 分間に尺度の読みで 0.1~0.3mm の收縮を現はすに過ぎない。これ試片の脱炭は其内外の邊周より始まり、漸次内心に及ぶべきであるが、膨脹計に感ずる試片の長さは内心のそれに依據すべきであるによつて、内心の遊離セメンタイトが残留してゐる間は收縮は現はれない理である。而して前述の如く多少の收縮を現はすに到るは、恐らく邊周の脱炭が多少の影響を與へるものと推測せられる。然るに A97 寫眞第 65 に在ては約 7 時間附近より毎 10 分間の收縮量は漸増し、平均略 2 mm に達した。これオーステナイト單相に於ける脱炭區間に入た證であつて、脱炭は比較的均一に進行し、試片は總體的に略均一に收縮したことに基因するものと思はれる。

更に飽和滲炭試片が Ar_1 點直下に於て長時間加熱せられる場合、脱炭現象が起るか否かを驗する爲施行した實驗の一例は A98 であつて、この場合 690°C に 8 時間保持したものであるが、其顯微鏡組織は寫眞第 66 に示される如く、其時間内では全く脱炭作用が現はれないことを知るのである。

以上は孰れも滲炭劑として SrCO_3 を使用した場合であるが、 BaCO_3 による實驗の一例は A99 である。而して實驗後の試片の顯微鏡組織は寫眞第 67 に就て見られる如く、相當の脱炭を惹起してゐる。

試片番號 A100 は脱炭作用に對する滲炭劑中の Na_2CO_3 の影響を検したものであつて、其 5% を混合した BaCO_3 40% を楢木炭(2)に配合した滲炭劑を使用し 950°C に於て飽和滲炭後 850°C に下降し、其儘 6 時間保持したも

のであるが、この場合にも脱炭は起るが其度は極めて少いこの温度の下降に伴ふガス中の CO 濃度の低下度が少いことによるであらう。

楮以上は一の滲炭劑による飽和滲炭試片を其儘一定の低温度に下降して定温に保持したものであるが、飽和滲炭試片を一旦室温に到るまで冷却し、これを取出し充分清掃後再度新滲炭劑と交代し、水分及空氣を排除して或温度に上昇し、以て定温に保持する場合に就て數種の實驗を施行した。今試片 A101 は滲炭劑として前後共に SrCO_3 を使用したものであるが、脱炭の有様は A93 と類似し、再度に於ける滲炭劑は新しいものと更代せられた結果其度は稍僅少であるが、これ 800°C に於けるガス中の CO 濃度が稍高いことに基因するものと考へられる。次に A102 は前後共に BaCO_3 を使用した場合であるが、其脱炭度は A99 よりも稍少い。其實驗後の試片の顯微鏡組織は寫眞第 68 に示されてゐる。更に A103 は第 2 回目の加熱には木炭に配するに 95% BaCO_3 を以てした滲炭劑を使用したものであるが、其脱炭速度は極めて著しいものがあつて、脱炭層は全壁厚の約 2/3 に達してゐる。又 A104 は第 2 回目の加熱には滲炭劑として單に木炭のみを使用し、真空ポンプによつて排氣しつつ 800°C に上昇し 3 時間保持したものである。而してこの場合、著者は全く滲炭劑を用ひずに單に排氣しつつ再加熱する場合に比して微量の残留空氣の影響を排除することを得べきである故にこの際脱炭は起らないものとの豫想の下に實驗を行つたのであるが其結果はこれを裏切り、著しい脱炭を招來したことは寫眞第 69 によつて見られる。而してこの時の脱炭は内壁に於て稍著しいのは、既述の各場合と其趣を異にしてゐるが、これ恐らく試片の内外に於て、多少の残留ガス濃度の差異を生じた結果によるものであらう。

前述諸實驗では、終始同一の滲炭劑を使用するも、或は滲炭劑を更新して再加熱するも、試片の内外の滲炭劑は常に同一配合のものであつて、且充分なる均一性を保たしめる様留意したものであるが、今茲に飽和滲炭後一旦試片を取出し、これを清掃し、其内外に異種の滲炭劑を收め、然る後再加熱する場合、如何なる脱炭現象を起すべきかを檢する爲二三の實驗を施行した。A105 は先づ滲炭劑(1)を以て $1,000^{\circ}\text{C}$ に於て飽和滲炭後冷却、清掃し、第 2 回目の加熱には試片の外部には滲炭劑(1)を、又内部には(2)を收め、豫め水分及空氣を排除した後 800°C に上昇し、3 時間保持したものであるが、實驗後の試片の顯微鏡組織

は寫眞第 70 及 71 に掲げられてゐる。これによれば、再加熱に當ては、滲炭劑中の $SrCO_3$ の配合量が少い内側に於てのみ脱炭は相當に進行してゐるのを見るのである。これ試片の内外に於けるガス中の CO 濃度の差が相當鋭敏に脱炭作用に影響することに基因するものと考へられる。即ち滲炭劑(2)は(1)に比して發生するガス中の CO 濃度は小であるものと推測せられ、又一の滲炭箱中に於ても内外のガスの擴散速度は比較的緩漫であつて、且其濃度の差がある時は、脱炭は主として一壁側に偏すべきものと觀することを得るのである。次に A106 は滲炭劑(1)による $950^\circ C$ の飽和滲炭試片の再加熱に際して、滲炭劑(1)を其外部に、又(2)を其内部に收め、前者と同様の條件の下に於て試験を施行したものであつて、同じく試片の内側の脱炭現はれ、其度は前者よりも著しいことは、寫眞第 72 及 73 に就て見ることを得る。更に A107 は滲炭劑(1)を以て $1,000^\circ C$ に於ける飽和滲炭後の再加熱に當ては試片の外部には滲炭劑(2)を、又内部には(3)を收め、

$800^\circ C$ に 5 時間保持した場合であつて、其顯微鏡組織は寫眞第 74 に示されてゐる。これによれば内外兩側よりの脱炭が現はれてゐるが、外側に於ては其作用が著しいことを知るのである。

2. ガス氣流中に於ける脱炭現象

飽和滲炭鋼をガス中に於て、低温度で再加熱する場合の脱炭現象を精査する爲、著者は數種の實驗を施行したが、以下これ等に就て説述することとする。其實験條件及結果は第 20 表に要録せられてゐる。

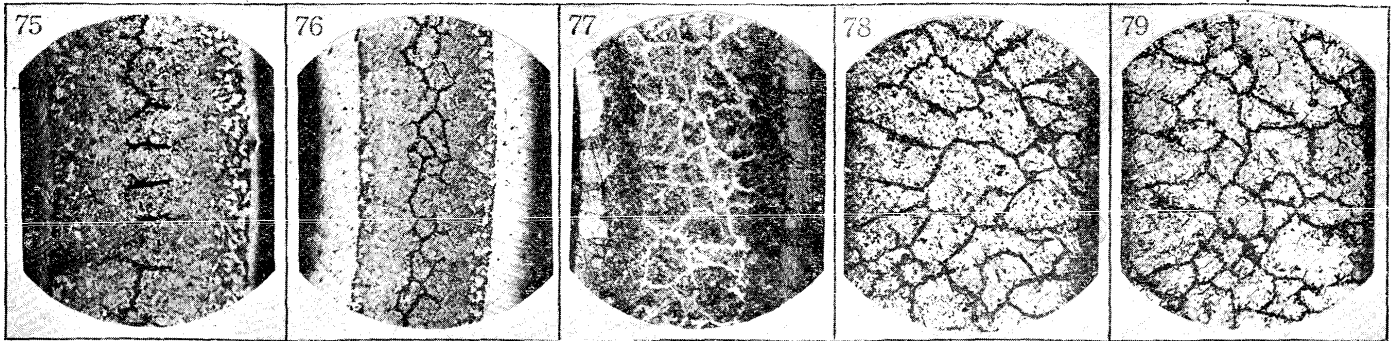
先づ試片 A108 は $1,000^\circ C$ の飽和滲炭後の再加熱に際しては、終始眞空ポンプを以て排氣しつゝ $800^\circ C$ に上昇 5 時間保持したものであるが、實驗後の試片の顯微鏡組織は寫眞第 75 に掲げられてゐる如く、其脱炭度は著しい。而してこの場合の排氣には油眞空ポンプのみを使用したもので、其能率は相當良好であつたが、空氣の微量の残留は免れ得ないところであるによつて、其脱炭影響も亦排除せられない譯である。若し夫れ眞の眞空中に於て加熱せられ

第 20 表

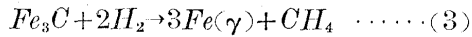
試片 番號	滲炭劑の配合 割合(重量%)		滲炭劑の 粒子大 さ (メッシュ)	試片及 其壁厚 (mm)	實 驗 條 件	實 驗 後 の 試 片 の 組 織	實驗後 の試片 の炭素 含有量 (%)
	櫛木炭 (2)	促進劑					
A108	40	$SrCO_3$ 60	14~20	アームコ鐵 0.75	先づ $1,000^\circ C$ に於て飽和滲炭、室温に下降、試片を取出し、清掃、次で全く滲炭劑を用ひず、排氣しつゝ $800^\circ C$ に上昇 5 時間保持。	内外兩側よりの脱炭著しく、且邊周にパーライトを含まないフェライト環輪がある。次で亜共析、共析、過共析組織に到る。	
A109	"	"	"	"	先づ $950^\circ C$ に於て飽和滲炭、室温に下降、試片を取出し、清掃、次で排氣、清淨水素を通じつゝ $800^\circ C$ に上昇 3 時間保持。	内外兩側よりの脱炭甚だしく、其模様は A108 と酷似するが、邊周のフェライト環輪の厚さは更に著しく大である。	
A110	"	"	"	"	先づ $1,000^\circ C$ に於て飽和滲炭、室温に下降、試片を取出し、清掃、次で排氣、清淨 CO を通じつゝ $800^\circ C$ に上昇 3 時間保持。	内外兩側よりの脱炭相當に著しく、其有様は A109 と酷似するが、脱炭層の厚さはそれよりも遙かに小である。	
A111	"	"	"	"	先づ $1,000^\circ C$ に於て飽和滲炭、室温に下降、試片を取出し、清掃、次で排氣、アルカリ性焦性没食子酸溶液を滿した洗滌瓶 6 個を通じ、充分清淨した CO を通じつゝ $800^\circ C$ に上昇 3 時間保持。	全く脱炭を認めない。但初析セメンタイトの網目は相當に攪亂せられ、又其一部は球形狀化する。	1.474
A112	"	"	"	"	先づ $1,000^\circ C$ に於て飽和滲炭、室温に下降、試片を取出し、清掃、次で排氣 CO_2 を通じつゝ $800^\circ C$ に上昇 3 時間保持。	内外兩側よりの脱炭甚だしく、狭き過共析組織の部分を残すのみで且邊周のフェライト環輪は生ずるが、表面の酸化侵蝕著しくあつて明瞭を缺く。	
A113	"	"	"	"	先づ $1,000^\circ C$ に於て飽和滲炭、室温に下降、試片を取出し、清掃、次で排氣、アルカリ性焦性没食子酸溶液を滿した洗滌瓶 6 個を通過し、充分清淨した CH_4 を通じつゝ $800^\circ C$ に上昇 3 時間保持。	殆ど脱炭を受けず、A111 と類似する。	1.478
A114	"	"	"	"	先づ $1,000^\circ C$ に於て飽和滲炭、室温に下降、試片を取出し、清掃、次で排氣、清淨 N_2 を通じつゝ $800^\circ C$ に上昇 3 時間保持。	内外兩側より脱炭を現はす。而して邊周にフェライト環輪を生ずることは A103 と類似してゐる。但脱炭層の厚さは稍小で、全壁の約 9/10 である。	
A115	"	"	"	"	先づ $1,000^\circ C$ に於て飽和滲炭、室温に下降、試片を取出し、清掃、次で排氣、アルカリ性焦性没食子酸溶液を滿した洗滌瓶 6 個を通過し、充分清淨せる N_2 を通じつゝ $800^\circ C$ に上昇 3 時間保持。	殆ど脱炭を受けず、A111 と類似する。	1.469

寫眞第 75~79

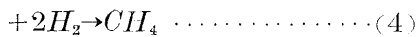
(寫眞第 75, 76, 78, 79: アルカリ性ピクリン酸曹達腐蝕, 第 77: 硝酸腐蝕, ×45)



たならば、恐らく脱炭は全く惹起しないものと考えられるが、假令擴散ポンプを使用するとも、斯る實驗は不可能である。尙同寫眞によつてこれを見るに、本組織は前述の各場合に比して一の特徴がある。即ち試片の内外兩邊周に於て全くパーライトを含まないフェライト環輪が存することである。而もこの環輪は其内部との境界が明瞭である。次に A109 は 950°C の飽和滲炭試片を清淨後、毎時約 1.5l の水素を通じつゝ 800°C に於て 3 時間再加熱したもので、其組織は寫眞第 76 に示される如く、其脱炭度は更に著しく、且邊周のフェライト環輪は其厚さが一層大であつて、境界も亦極めて明瞭である。今流通水素による脱炭の起るのは自明の理に屬し、次式に従ふものと考へられる。即ち



或は C(in austenite, higher in C)



次に試片番號 A110 は CO による場合で 1,000°C に於ける飽和滲炭試片の再加熱に際して、アルカリ性焦性没食子酸溶液を満した洗滌瓶 2 個並に濃硫酸、鹽化カルシウム、苛性加里、5 酸化磷等を満した乾燥器 3 個を通じて清淨乾燥した CO ガスを毎時約 1.5l の速度に於て流通しつゝ 800°C に上昇 3 時間保持した場合である。而して其結果は寫眞第 77 に就て見られる様に、相當著しい脱炭を現はしたことは著者の豫想に反したところである。其有様は内外兩側の邊周フェライトの環輪は著しい發達を遂げてゐるが、全脱炭層の厚さは前 2 者に比しては狭小である。尙本組織は硝酸腐蝕の場合であるが、邊周環輪フェライトの結晶粒子は大略側壁に垂直に且相平行して發達してゐることを知るのである。循て CO 氣流中に於ては脱炭は起らないことを至當とすべきであるに拘らず、斯くこの現象の甚だしい理を考察するに、CO ガスの洗滌不充分であつて、若干の酸素の殘留に基因するに非ずやと想起し、茲

に CO の純度に関して再検討を加へた。先づ本實驗に使用した CO ガスの製造法は次の如くである。即ち純白大理石及鹽酸を以てキップの裝置によつて發生した CO₂ を水及濃硫酸を入れた洗滌及乾燥器を通じ、次で管狀電氣爐中の外側軸藥附磁製管中に於て、約 1,000°C に保持せられた粒狀木炭中を通じて CO に還元し、更にこれをアルカリ性焦性没食子酸溶液を満した洗滌瓶 2 個を通じ、可及的に殘留 CO₂ 及 O₂ を洗除し、然る後これをガス貯藏槽中に導入し、水と置換して捕集したものである。以上に於て木炭は豫め約 1,000°C に於て約 1 時間加熱し、發生する不純ガスを除去した後 CO₂ の通流を開始し、且最初の CO 中には不純物が多かるべきであるによつて、約 1 時間は水ポンプに連結し、以て外部に放出せしめた。今ガスの使用に當てはガス貯藏槽を第 1 圖 N₁ に連結し、N₁, N₂, N₃, N₄, N₅ 等の洗滌並に乾燥裝置を通じて清淨し、これを K 中に導いた。又 K 中には空氣が滿されてゐる故豫め眞空ポンプによつてこれを排除し、活栓 L 閉ちて CO を導入し R を閉ち、更に排氣し CO を導入する如く 2 回反覆し、以て N₁~R 間に存する空氣を可及的に排除した後實驗を開始したものである。如斯して製造し、且洗滌した CO ガスを使用し、尙且上述の如く試片の脱炭が著しいのは、恐らく尙酸素の殘留に基くであらうとの想定の下に、一層 CO の完全なる純化に力め、次の實驗を行った。試片 A111 は即ちこれである。今前述の場合に於て、ガス中に酸素が混入し、或は殘留し來るべき機會に關しては、次の二途が考へられる。1. ガス貯藏槽ではガスは水と置換して捕集せられ、且同様にして送出せられたものであるが、常に水と直接接觸の状態に在る。従て水中に溶解してゐる空氣がガス中に混入することは免れ得ないところである。殊に前の場合には水道水を直ちに使用したによつて、更に然りである。2. 洗滌用アルカリ性焦性没食子酸溶液の調製法、従て其酸素吸收能に不備があつたこと。而

して2さへ完全なれば1はこれを排除することを得べきであるが、然らざる時は其害は甚だしい理である。茲に於て著者は次の2點に著想留意し、以て満足なる結果を得た。1. ガス貯藏槽に於て使用する水を常に蒸餾水とし、可及的に溶解空気を少からしめること。2. アルカリ性焦性没食子酸溶液の調製法を改良すると同時に、其洗滌瓶の数を増加すること。即ち A110 では本溶液の調製には焦性没食子酸の水溶液を洗滌瓶中に吸入し、然る後苛性加里溶液を吸入し可及的に迅速に實驗装置に連結する如くした。併し如何程注意するも溶液は相當に酸化し、或程度まで黒色化することは免れ得ないものである故其酸素吸収能も亦減衰し、使用に際して比較的迅速に飽和状態に達すべきである。茲に於て其改良を加へた點は溶液の調製に水素を使用し、洗滌瓶の数を6個と爲したのである。即ち空洗滌瓶6個をゴム管を以て連続し、ボンプより水素を流通しめること暫時にして其内の空気を排除する。然る後順次に洗滌瓶を取放し、焦性没食子酸水溶液を吸入し、又元の如く連結して水素を通じて放置する。又一方三角フラスコ中の苛性加里溶液中に水素を通じて空気を排出する。茲に於て洗滌瓶を順次に取放し、急速に其内に苛性加里溶液を吸入し、更にこれを接続し、暫時水素を通じ置き、然る後實驗装置に接続するのである。斯くして作た溶液は黄赤乃至濃赤色を呈し、全く透明である。尙實驗に先立て瓶中の水素を放出する爲第1圖 R を閉ぢて装置内の排氣を行ひ L を閉ぢ R を開いてガスを導入し、更に R を閉ぢ L を開いて排氣する如く反覆すること3回で、然る後實驗を開始したものである。而して實驗後に於て洗滌瓶中の溶液は後方の2個は殆ど變色せず、全く酸素の影響を除去することを得た。寫眞第78はこの場合の實驗後の試片の顯微鏡組織であつて、初析セメントは多少攪亂せられてゐるが、殆ど脱炭現象を認めない、これによれば、純 CO ガス中に於ては鋼の脱炭は起らないことを知るのである。

更に試片 A112 は 1,000°C に於ける飽和滲炭試片を CO₂ ガス氣流中で 800°C に3時間加熱した場合であつて内外兩側よりの脱炭著しく、且邊周のフェライト環輪は生ずるが、表面の酸化侵蝕が甚だしい。CO₂ による脱炭の著しいことは理の當然である。

A113 は再度の加熱を CH₄ 氣流中に於てしたものであつて、この場合 CH₄ は醋酸曹達及曹達石灰の混合物を加熱する方法によつてこれを製した。實驗に際する其清淨法は全く A111 と同様である。この場合、實驗後の試片は

殆ど脱炭を受けず、其炭素含有量は平均 1.478% であつて、顯微鏡組織は A111 と類似してゐる。而して純 CH₄ によつて脱炭が起らないことは Fe-C-H₂ 系の平衡關係よりして當然のことに屬する。

試片 A114 は 1,000°C の飽和滲炭試片の再加熱を N₂ 氣流中に於て行つた場合であつて N₂ はボンプ入のものを使用し、其清淨法は簡略で A110 と同様であつたが故、試片は著しい脱炭を起し、其顯微鏡組織は寫眞第75 と類似してゐる。これ N₂ の清淨不十分による殘留酸素に基くものと考へられた。茲に於て著者は A111 並に A113 と同様の方法によつて充分慎重に清淨した N₂ を使用し、以て其脱炭に對する影響を吟味した。試片 A115 がそれである。而して其結果は殆ど脱炭を起さず、實驗後の試片の炭素含有量は平均 1.469% であつて、其顯微鏡組織は寫眞第79 に示されてゐる。これによつて見る時は窒素の如き不活性ガス中に於ては、鋼の脱炭は起らないことを知るものである。

3. 軟鋼に於ける滲炭並に脱炭試験

以上は試片を常にアームコ鐵に採たものであるが、今參考の爲、炭素以下各種の不純物を含有することが稍多い軟鋼を試片とし、滲炭並に脱炭試験を施行した。この場合の試料は市販の建築用丸棒鋼で、分析は次の如くである。

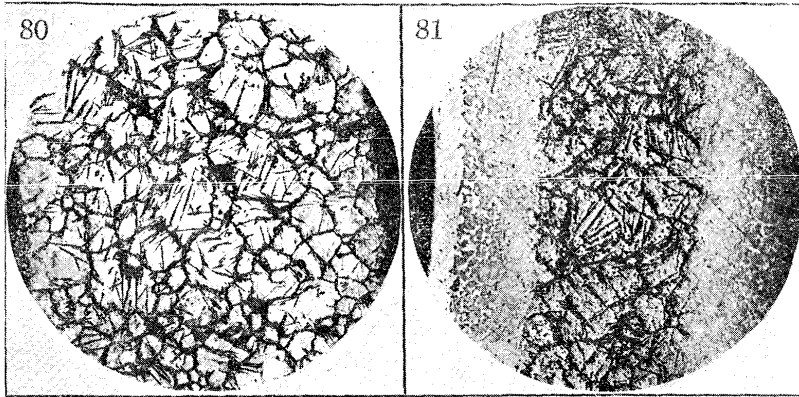
C	Si	Mn	P	S	Cu (%)
0.25	0.18	0.35	0.043	0.047	0.08

試片の法寸は外徑 8mm、内徑 5.8mm、壁厚 1.1mm、長さ 100mm である。

今試片番號 A116 は檜木炭(2)に配するに 60% SrCO₃ を以てした滲炭剤を使用し 1,000°C に於て飽和滲炭したものであつて、其顯微鏡組織は寫眞第80 に示されてゐる。これによれば、試片の滲炭は著しく進行し、且初析セメントの網目はよく發達してゐると同時に、セメントはパーライト中へも突出し、所謂ウキドマンステッテン組織を呈してゐる。其炭素含有量は 1.477% である。この結果による時はアームコ鐵に比して各種の不純物を稍多量に含有する材料に關しても、其飽和滲炭量は特に著しい變化を現はさないことを見るのである。

次に同上と同一條件の下に於て飽和滲炭を行つた後、室温に到るまで下降し、試片を取出し、清掃、更に檜木炭(2)に 95% BaCO₃ を配合した滲炭剤と更新し 800°C に上昇5時間保持したものは試片 A117 である。實驗後の試片の顯微鏡組織は寫眞第81 に掲げられてゐるが如く、其

寫眞第 80~81

(80:アルカリ性ヒクリン酸曹達腐蝕, 81:硝酸腐蝕, $\times 45$)

脱炭は著しく進行してゐる。且特に内側に於て著しく、又この部では其邊周にフェライト環輪を生じたのは曾て固態滲炭剤によつては経験しなかつたところである。尙この場合、非脱炭部の初析セメントイトは相當に攪亂せられてゐるが、黒鉛化は全く起てゐない。

終りに上述脱炭に関する諸實驗によつて確めた通り、過共析鋼は Ac_1 及 A_{cm} 間の温度に於て再加熱せられる時は、酸化性雰囲気では勿論、假令還元性雰囲気内に在ても、加熱の條件如何によつては或程度の脱炭を起し、特に水素は強い還元性であるが、常に脱炭を起す事實を知た。これ滲炭鋼其他一般に高炭素鋼の熱處理等に當て、極めて重要な現象である。

VIII 總 括

以上説述し來た實驗及其結果を總括すれば、次の如くである。

1. 鐵の滲炭及鋼の脱炭現象の調査に對して、薄い管狀試片を使用し、内部の雰囲気をして自由に變ぜしめ得るところの熱膨脹計による研究法を案出し、これによつて試片の變化の過程を細密に追跡し、以て種々の條件の下に於て各種の現象を定量的に研究した。

2. 工業上最も多く使用せられる木炭- $BaCO_3$ 系固態滲炭剤に關し、アームコ鐵に就て

a) 從來 $BaCO_3$ の配合割合が 35~40 重量%に於て最大の滲炭力を有するものとして多く實用せられてゐるが、この場合 60~70 重量%, 即ち約 37.5~48.5 容積%のものが最大の滲炭力を有することを確めた。又 30~60 重量% $BaCO_3$ のものは其滲炭力は略同様であつて且其値は最大であるとする向¹⁾があるが、本實驗に於て木炭に配する $BaCO_3$ は其量の増加と共に約 60% に到るま

では其能力漸次に増加し、30% のものは 60% のものに比して遙かに小である。又 70% を越える場合は滲炭力は漸減するが、其割合は比較的緩慢であつて 95% に在ても 20% のものと略匹敵し、又 99% に於てすら、苟くも多少の木炭が存在する間は一定の滲炭力を保有し 100% に到て全く其力が消滅することを見た。尙試片を厚い $BaCO_3$ の粒層を隔て、滲炭箱の内壁に固著するに糊狀木炭の薄層を以てする場合に於てすら、相當の滲炭力を發揮する事實を

確め、滲炭はガスに基くものであるとの一證左を呈出した。

b) 加熱時間と滲炭度との關係を調査し、且滲炭の過程を一層明白にした。

c) 反覆加熱冷却によつて滲炭の過程を追跡し、且これによつて滲炭度は増進せられるものに非なることを確めた。

d) $BaCO_3$ を促進劑とし、各炭種の滲炭力の比較を行ひ、大略各炭種の CO_2 による反應速度が大なるもの程大であることを認めた。

e) 滲炭剤の粒子の大きさと滲炭力との關係を調査し、或範圍内に於て粒子小なるもの程大であつて、且 8~10 ミシユの如き大なる粒子に在ても相當の力を有することを確め、併し實際上動もすれば或範圍内に於て大粒子程滲炭力が大であるとせられる誤謬を指摘した。

f) 單に木炭のみ及びこれに配するに $BaCO_3$ を以てした滲炭剤に就て、終始排氣しつつ加熱する場合には、鐵の滲炭量は極めて微少であつて、且其間殆ど差異を見なかつた。これガスの存在なくしては木炭は滲炭力を有せず、又 $BaCO_3$ も其促進作用を發揮することを得ない事實の證である。而して途上排氣を中止する時は、多少滲炭量を増進するところよりして、排氣の中止によつて發生せらるべきガスも亦鋭敏に滲炭力に影響するところあることを認めた。

g) 排氣状態の加熱途上少量の空氣を導入し、其内の酸素の滲炭力に及ぼす影響を検し、酸素は炭素と反應し CO の發生に關與して滲炭作用を増進すること、從て實際作業に於て、滲炭箱中に包含せられる空氣は滲炭效果に對して著しい妨害のないことを知た。

h) 900~1,000°C の間に於て滲炭温度と滲炭效果との關係を検し、温度の上昇と共に上昇する滲炭速度を定量的に觀察した。

3. $SrCO_3$, Na_2CO_3 , $CaCO_3$ 並に $MgCO_3$ の滲炭促進力を検し、これを $BaCO_3$ のそれと比較し Na_2CO_3 は最大であつて、微量に於ても其力極めて大であること、又従来 $SrCO_3$ は其促進力は左程大ならずと考へられてゐるが $BaCO_3$ よりも相當強大であつて、且 60% 以内の配合に於ては、其増加に従て相當急速にこれを増進し、殊に 30% 以上に於て然りである。而して 60% のものは特に強力であることを確めた。更に $CaCO_3$ 及 $MgCO_3$ は全く滲炭の促進作用を有しない譯ではないが其力著しく弱小であることを認めた。

4. $BaCO_3$ 及 $SrCO_3$ 配合の場合に就て、滲炭剤中の自然吸収程度の水分の滲炭力に及ぼす影響を調査し、この程度の水分は却て稍これを増進することを認知した。

5. 反應室内の滲炭途上のガス壓力の變化を觀察し、滲炭剤の滲炭力は相當に其壓力に關係があることを指摘した。

6. 鐵の滲炭度には其溫度に應じて一定の飽和點があること、而して其飽和點は焼入法によつて大略 Acm に相當することを確めた。従来 Acm 以上の滲炭は相當に困難であるが、不可能には非ずと稱せられ、或は加熱時間さへ長大ならば遂に 6.67% にまで到達するものと考へる向もあるが、本實驗によつて一見 Acm を以て飽和點となすことを明かにした。

7. 固態滲炭剤による飽和滲炭鋼を其滲炭溫度及 Ar_1 間の溫度に下降してそのまま定溫に保つも、或は飽和滲炭鋼を一旦室溫に到るまで冷却し、これを取出し、滲炭剤を更新して同様の低溫度に於て再加熱する場合、其脱炭が著しいこと、而もこの時脱炭は試片の側壁より内心に向て不均一に漸進することを觀察し、更に其溫度の低下によつて生すべき些少のガス濃度の變化がオーステナイト及初析セメントイト共存の固相に鋭敏に影響する結果に基くものと推論した。

8. 飽和滲炭鋼の固態滲炭剤中に於ける再加熱に於て、其溫度が Ar_1 點以下である時は 8 時間以内では全く脱炭現象を表はさないことを確めた。

9. 固態滲炭剤による飽和滲炭鋼を更に各種のガス氣流中に於て、滲炭溫度及 Ar_1 間の低溫度に再加熱し、純粹なる CO , CH_4 , N_2 等の氣流中では全く脱炭を起さないが、これ等に在ても其洗滌不充分であつて酸素を残留する時、或は CO_2 , H_2 中では脱炭が著しいことを明かにし且

眞の眞空中に在ては脱炭現象が起らないことを推測した。而してガス中の脱炭は鋼試片の邊周にパーライトを含まないフェライト環輪を生じ、内部との境界判然たることを特徴としてゐることを指摘した。

11. 各種の不純物が稍多い軟鋼に就て滲炭及脱炭試験を行ひ、其結果はアームコ鐵の場合と大差のないことを知た。

12. アームコ鐵及軟鋼れに於ても本實驗範圍内の飽和滲炭溫度以下で長時間加熱する場合、滲炭剤の有無を問はず、初析セメントイトは全く黒鉛化を起さないことを確めた。

13. 滲炭鋼或は高炭素鋼の熱處理其他に對する再加熱に際しては、加熱様式如何によつてはよく脱炭を起すべきことを警告した。

終りに、本研究は服部報公會、齋藤報恩會及東京鋼材株式會社(特に松田貞治郎氏の御好意による)の補助費によつて行はれたものであり、又京都帝國大學教授西村秀雄博士並に同澤村宏博士は本研究に對して多大の御助言、御援助を與へられたのであつて、茲に併せて甚深なる謝意を表する次第である。

文 獻

- 1) 高橋(源): 金屬の研究, 4, 5(昭和2年), p. 166.
- 2) 高橋(源): 金屬の研究, 4, 11(昭和2年), p. 432.
- 3) 村上及關口: 鐵と鋼, 10, 10(昭和5年), p. 1,015.
- 4) 石澤: 電氣製鋼, 8, 6(昭和7年), p. 271 及 8, 7(昭和7年) p. 335.
- 5) 岩瀬及太田: 金屬の研究, 11, 9(昭和9年), p. 413.
- 6) 西岡: 金屬の研究, 12, 1(昭和10年), p. 42.
- 7) 澤村: 鐵と鋼, 21, 2(昭和10年), p. 67 及水曜會誌, 8, 9(昭和10年), p. 923.
- 8) 松原: T. A. I. M. E., 67 (1932), p. 3 及 Zeit. anorg. allgem. chem., 124 (1922), S. 39.
- 9) 高橋(源): 金屬の研究, 2, 8(大正14年), p. 781.
- 10) Johansen and Seth: J. I. S. I., 114 (1926), p. 296.
- 11) Piwowarsky: Allgemeine Metallkunde (1934), S. 192.
- 12) Becker: J. I. S. I., 121 (1930), p. 337.
- 13) 岩瀬: 金屬の研究, 2, 3(大正14年), p. 257.
- 14) 西村: 水曜會誌, 7(昭和7年), p. 69.
- 15) 高橋(越): 金屬學會誌, 1, 1(昭和12年), p. 26 及 1. 2(昭和12年), p. 104.
- 16) 柴田及寺崎: 金屬學會誌, 2, 4(昭和13年), p. 432.
- 17) 眞殿: 鐵と鋼, 24, 5(昭和13年), p. 468 及鐵と鋼, 25, 1(昭和14年), p. 8.
- 18) 澤村: 水曜會誌, 9, 5(昭和13年), p. 468.
- 19) Osmond: J. I. S. I., 2 (1897), p. 142.
- 20) 著者: 北光, 46(昭和13年), p. 10.