

昭和十年二月二十五日發行

論 說

各種パーライト鑄鐵の機械的性質と其の耐磨耗性

(日本鐵鋼協會第 12 回講演大會講演)

三 浦 三 索¹⁾

内燃機關其の他各種機械の主要構成材料たるパーライト鑄鐵は抗張力、横折荷重、硬度が大で且つ相當の衝擊抗力を有すべき事は勿論であるが、更に耐磨耗性の大なる事も其の資格の一に擧げられて居る。此の耐磨耗性はシリンダーライナー用の材料としては特に重要な點とも考へられる

それで著者は現在使用されて居るパーライト鑄鐵中の代表的のもの二三を選び之と Cr を含有する特殊パーライト鑄鐵との耐磨耗性を比較する事にした。此の含クロム鑄鐵中の Cr 0.6%, Mn 1.0% 程度のもは神戸製鋼所に於てライナー材として使用する一種の材料である。次に其の試験結果を報告する。

A. 機械的性質 磨耗試験に先だつて其の機械的性質を調べた。勿論従來斯る方面には幾多の文献の發表されて居るので蛇足の感はあるが、改めて同一條件で作つた試験材に就て比較したものである。供試材は Cr の影響を見る爲に C 3.2% 程度のものに Cr 0~1.0% を加へたもの及びパーライト鑄鐵中から代表的のもの5種を選んだ。

所要の成分の鑄鐵を得る爲には既知成分の鋼線材屑及び低珪素銑を適當に配合し Mn, Si, Cr 等は夫々合金鐵の形で必要量を添加し合計 30 kg の原料を黒鉛坩堝に装入し重油爐で熔解した。供試材は抗張力試験片6本、横折試験片3本、落重試験片2本を一組として乾燥砂型に鑄込んだ而して注入の前には底邊 20 mm 高さ 80 mm の楔形のを砂型で作つて其の断面を検し双先部に表れたチルの深さを成る可く一樣ならしむる様、適當に成分を調整した。

第1表は供試材の成分、第2表及び第1圖は試験の結果

¹⁾ 神戸製鋼所 技師

を示すものである。供試含クロム鑄鐵の Mn 量は第1表に見る如く實際のものに比すると何れも低かつたが、其のまゝ試験を施行する事にした。

第1表 各種鑄鐵の化學的成分

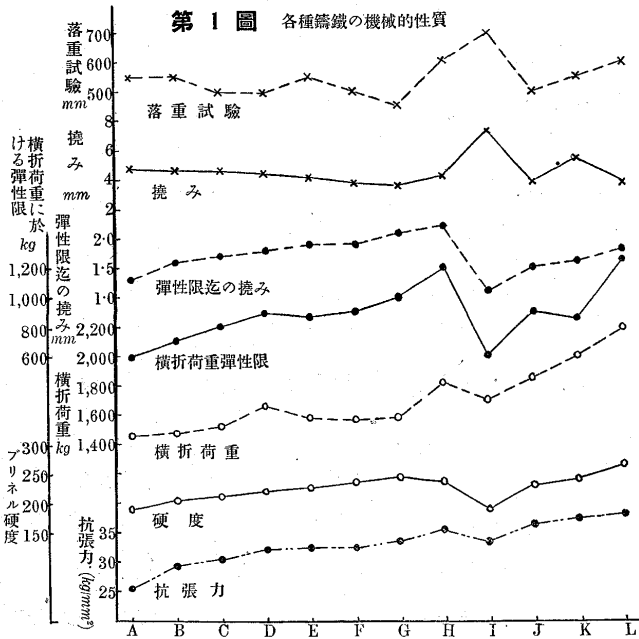
符號	T.C	G.C	C.C	Mn	Si	P	S	Cr
A	3.29	2.63	0.66	0.58	2.16	0.143	0.054	—
B	3.04	2.26	0.78	0.92	1.69	0.142	0.052	—
C	3.19	2.48	0.71	0.68	1.70	0.153	0.052	0.23
D	3.10	2.43	0.67	0.61	2.08	0.153	0.057	0.42
E	3.20	2.45	0.75	0.59	2.03	0.163	0.042	0.60
F	3.20	2.42	0.78	0.62	2.21	0.152	0.040	0.81
G	3.18	2.41	0.77	0.68	2.41	0.153	0.043	0.94
H	2.75	1.99	0.76	1.07	1.94	0.126	0.076	—
I	3.07	2.32	0.75	0.67	0.82	0.135	0.056	—
J	3.20	2.42	0.78	0.78	1.82	0.137	0.048	—
K	3.20	2.49	0.71	1.86	1.45	0.135	0.042	—
L	2.23	1.27	0.76	0.74	2.86	0.102	0.065	—

第2表 各種鑄鐵の機械的性質

符號	抗張力 (kg/mm ²)	硬度 (ブリ ネル)	横折 荷重 (kg)	横折荷重に 於ける弾性 限 (kg)	撓み (mm)	弾性限 迄の撓 み (mm)	落重試 験 (mm)
A	25.4	188	1,460	600	4.8	1.3	550
B	28.5	204	1,470	700	4.6	1.6	550
C	30.4	212	1,520	800	4.5	1.7	500
D	32.3	220	1,660	900	4.4	1.8	500
E	32.6	226	1,580	870	4.2	1.9	550
F	32.5	234	1,570	900	3.8	1.9	500
G	33.4	242	1,580	1,000	3.6	2.1	450
H	35.7	237	1,820	1,200	4.2	2.2	600
I	33.5	190	1,700	500	7.3	1.1	700
J	36.4	232	1,850	900	3.8	1.5	500
K	37.3	240	2,010	850	4.7	1.6	550
L	37.8	267	2,200	1,250	3.7	1.8	600

a) 抗張力 直徑 25 mm の丸棒を 14 mm に仕上げて試験した。圖に見る如くクロムの添加と共に次第に抗張力を増し其の 1.0% を含むものは 33.5 kg/mm² となる。従來のパーライト鑄鐵は何れも比較的優秀なる成績を示して居る。

b) 硬度 横折試験片の一面で測定した。硬度は Cr 量



の増加に従つて大となり Cr 1.0% のものは約ブリネル 240 を示して居る。符號 I は所謂ランツ式の成分に相當し鑄型を豫熱したものであるから硬度は比較的少ない。

c) 横析試験 30mm 角、長さ 350mm の粗材を 25mm 角に仕上げ支點間の距離 300mm として試験した。圖で見る様に横析荷重は Cr 量と共に増加するが、其の 0.6% 以上にては殆ど一定となり、約 1,600kg を示して居る。撓みの量は Cr 量と共に次第に減少する。

次に横析試験に於ける荷重と撓みの關係を圖示し、之が直線的關係から離れる點を以て假りに横析試験に於ける弾性限を表はすものと見做し、此の點に於ける荷重及び撓みの量を求めると、圖の如く何れも Cr 量と共に著しく増し例へば荷重は Cr を含まざるもの、600kg から Cr 1.0% にて 1,000kg に増し、撓みは此の間に 1.3mm から 2.1mm に増して居る。他のパーライト鑄鐵は横析荷重は相當大であるが、此の弾性限までの荷重及び撓みは比較的少ない。

d) 落重試験 落重試験は 40mm 角長さ 250mm の鑄放しの儘の試験片を 170mm の支點で支へ中央に重さ 14.2kg の重錘を落下させ、其の折れた時の高さを以て落重値を表したものである。圖に見る如く Cr 量の増加と共に其の價は僅かに減少する。

以上の結果より見ると鑄鐵は Cr 量の増加と共に抗張力、硬度、横析荷重を高め、撓み量及び落重値は幾分減少する事を知つた。併し所謂弾性限度の荷重及び撓みは Cr 量と共に増すのは注目すべき事である。 Cr の影響は 0.6% 附

近までは著しく表はれるが、其れ以上では餘り影響がない。此所に選んだ 5 種のパーライト鑄鐵は何れも優秀なる機械的性質を示し其の甲乙を付ける事は出来ない。只符號 L に示すものは一般に優れた成績を與へて居るが、之は分析結果でも明らかな様に炭素量が餘りに低く實際の場合には適用し難いものであるから、他と同一に比較する事は出来ないであらう。要するに Cr を含む特殊パーライト鑄鐵は、何れも優秀なる機械的成績を示すもので、特に Cr 0.6% 程度を含むものは他のパーライト鑄鐵と比較して殆ど大差のない成績を示す事を知つた。

B. 耐磨耗性 磨耗試験には當所考案に係る神鋼式磨耗試験機を使用した。其の要部の構造を述べると廻轉軸の一端に勢車を取付け他端には外径 300mm、幅 20mm 厚さ 5mm の輪狀試験片を取付ける。8mm×20mm の斷面積を有する固定試験片は水平の方向で廻轉試験片と接觸し、此の間に槓桿の作用に依つて所要の壓力を加へる。廻轉軸にはクラッチを設け、之を介して電動機よりの廻轉を傳へてあるが、此のクラッチを外す時は廻轉體は外部より遮斷せられ自身の有する慣性で廻轉を繼續する。

此の試験機の廻轉部は極めて摩擦を少なくする様に注意して作られてあるから、クラッチを外づして外部と遮斷した後、之を止め様とする力は兩試験片の間に働く摩擦力のみと考へ得る。故に豫め廻轉體の有する慣性能率を求めて置くと、クラッチを外づしてから廻轉體が靜止する迄の時間又は廻轉數を測れば、兩試験片間に働く平均の磨擦係數を求める事が出来る。此の試験に於ては接觸面に働く壓力を 2 及び 5kg とし廻轉試験片の速さは 2.2, 4.5 及び 9.0m/秒 の三種として何れも廻轉體が 2,000 廻轉即ち兩試験片が約 1,900m を摺動する間の兩試験片の磨耗量を求めた。接觸面には潤滑剤は一切使用せず常溫の乾燥状態で試験した。

供試材 廻轉試験片は外径 340mm 内径 240mm 高さ 120mm の圓筒形乾燥砂型に鑄込んだ粗材から規定の寸法(外径 300mm 幅 20mm の輪狀)に仕上げたもので第 3 表に示す如き 2 種の成分のものから作つた。符號 R-1 は約 3.0% の C を含む普通パーライト鑄鐵で、R-2 は C 3.3%、 Cr 0.5% を含む特殊鑄鐵である。

此の廻轉試験片に組合すべき固定試験片には 9 種のパーライト鑄鐵を選んだ。所謂鑄鐵の質量効果が耐磨耗性に對して如何に影響するかを確める爲に、之を大小二組の粗

材から作つて比較する事にした。大なる方は直径 120mm 高さ 120mm の圓筒形、小なる方は厚さ 15mm 幅 120mm の薄い板状のもので何れも其の中央部を磨耗面とした。第

第 3 表 廻轉試験片の化学成分及び硬度

材 質 符 號	T.C	G.C	C.C	Mn	Si	Cr	硬 度 (ブリネル)
普通鑄鐵 R-1	2.97	2.35	0.62	0.73	1.47	—	175
含クローム特殊鑄鐵 R-2	3.32	2.49	0.83	0.77	1.77	0.53	198

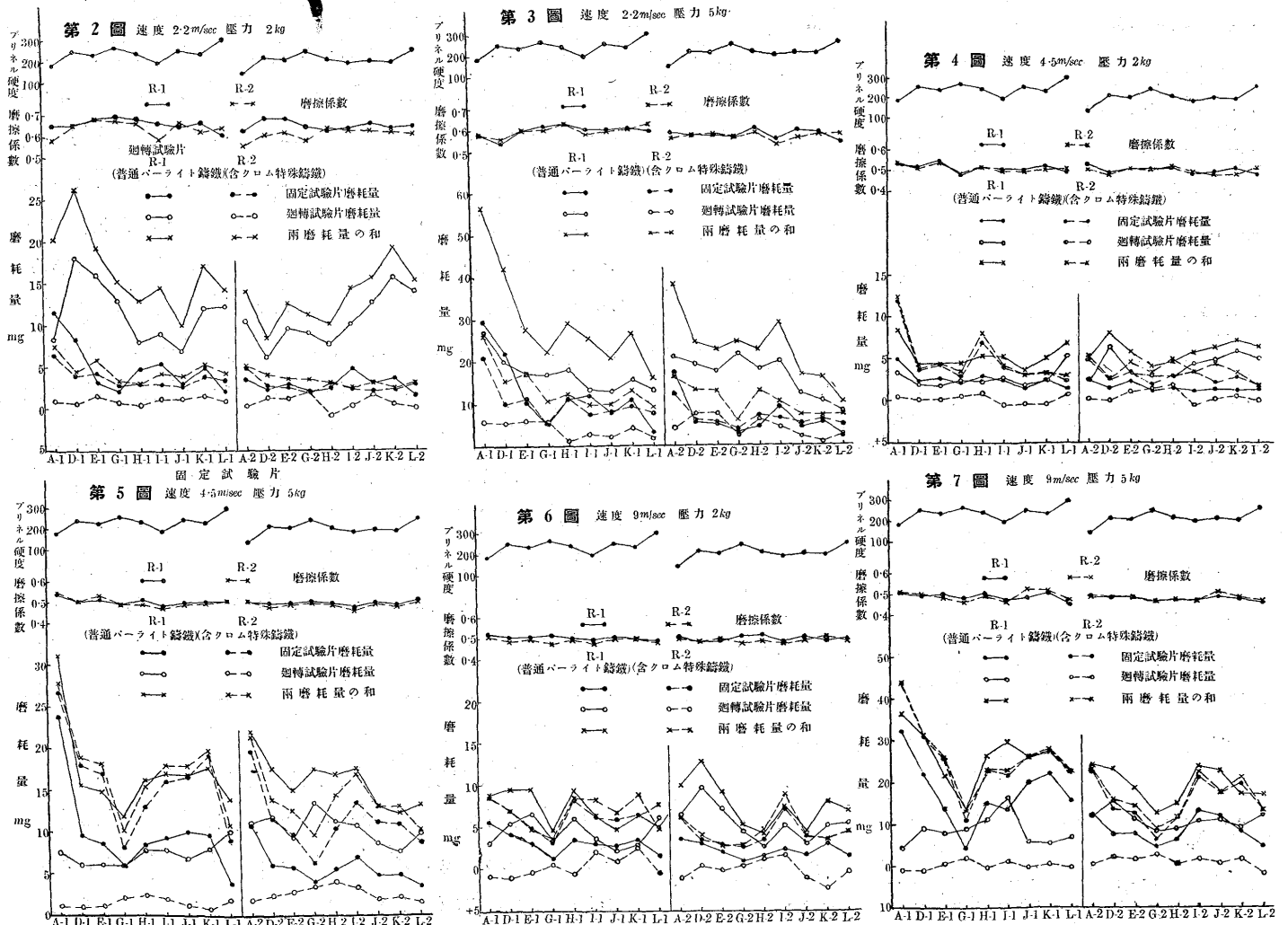
第 4 表 固定試験片の化学成分及び硬度

試験片 符 號	粗材の 大 小	化 学 成 分						硬 度 (ブリネル)
		T.C	G.C	C.C	Mn	Si	Cr	
A-1	小	3.27	2.80	0.47	0.56	1.57	—	185
A-2	大	3.21	2.81	0.40	0.56	1.70	—	142
D-1	小	3.00	2.26	0.74	0.38	2.08	0.40	250
D-2	大	3.02	2.24	0.78	0.36	1.99	0.47	216
E-1	小	3.22	2.50	0.72	0.45	2.32	0.66	234
E-2	大	3.22	2.49	0.73	0.50	2.20	0.62	206
G-1	小	3.24	2.32	0.72	0.40	2.43	1.05	265
G-2	大	3.15	2.42	0.73	0.40	2.38	1.01	245
H-1	小	2.81	2.14	0.67	0.93	2.42	—	241
H-2	大	2.65	2.14	0.64	0.88	2.46	—	208
I-1	小	3.13	2.43	0.70	0.55	0.89	—	197
I-2	大	2.92	2.32	0.60	0.53	0.86	—	188
J-1	小	2.99	2.42	0.58	2.19	1.62	—	252
J-2	大	3.02	2.43	0.61	2.19	1.59	—	203
K-1	小	3.14	2.37	0.77	1.90	1.44	—	234
K-2	大	3.08	2.50	0.58	1.94	1.46	—	198
L-1	小	2.19	1.26	0.99	0.62	3.10	—	300
L-2	大	2.26	1.42	0.84	0.60	3.01	—	254

4 表は之等大小二組の試験片の分析結果と其の硬度を示すものである。

試験結果 第 2 乃至 7 圖は之等兩試験片の磨耗量及び摩擦係数の測定結果である。之より見ると兩試験片の磨耗量は組合せられたる試験片の材質、摺動速度、壓力又は固定試験片の粗材の大小等に依つて著しく影響せられるもので、一般に固定試験片の磨耗量は壓力と共に増し、大なる粗材より作つた試験片は小なる粗材より作つたものに比して磨耗量が少なく、且つ Cr 含有量の増加と共に著しく磨耗量を減少する。

廻轉試験片の磨耗量は總體として相手固定試験片の材質又は粗材の大小等には餘り影響されないが自身の材質には著しく關係するもので例へば廻轉試験片が硬度 175 の普通パーライト鑄鐵製の場合は含 Cr 特殊鑄鐵製(硬度 198)のものに比して磨耗量が著しく大で、特に此の傾向は摺動速度の小なる場合に於て甚だしい様である。次に此の試験結果を各々の場合に就て述べる。



1. 普通パーライト鑄鐵製廻轉試験片の場合

a) 摺動速度 $2.2m/秒$ 一般に廻轉試験片の磨耗量は固定試験片に比較すると著しく大である。固定試験片の磨耗量は接觸面の壓力と共に大となる。然し磨耗量の増加は必ずしも其の仕事量に比例しない。之は恐らく兩者の間に介在する剥落粉末の影響等に依るものと考へられる。又粗材の大なる場合は小なる粗材より作つたものに比し、同一試験条件にては磨耗量が少ない。此の傾向は試験片の材質、試験条件の如何に拘らず一般に成立するもので、即ち鑄鐵の質量効果は耐磨耗性にも影響する事を示して居る。

固定試験片の磨耗量はクロム量の増加につれて次第に減少し其の $0.6\sim 1.0\%$ を含む符號 E 及び G は磨耗量が極めて少くなる。符號 H 乃至 L に示すパーライト鑄鐵は何れも E と同程度の磨耗量を與へて居る。之等の中では L が最も少ない。然し之は第 4 表にも見る如く含炭量の餘りに低すぎたものであるから、他と同一に比較する事は出来ない。摩擦係数は試験片の材質には餘り關係しないが一般に壓力の大なる場合は小なる場合よりも其の値が幾分小となる様である。

b) 摺動速度 $4.5m/秒$ 前記 $2.2m/秒$ の場合と比較すると兩試験片の磨耗量は何れも減少するが特に廻轉試験片は其の度著しく殆ど固定試験片の磨耗量と同程度のものとなる。固定試験片の磨耗量に及ぼす壓力質量効果又は Cr 量の影響は、前述の場合と全く同様で、其の 0.6% 程度を含むものは他のパーライト鑄鐵に對して、殆ど大差のない耐磨耗性を示して居る。

c) 摺動速度 $9.0m/秒$ 廻轉試験片の磨耗量は前記 $4.5m/秒$ の場合に比較し殆ど差はないが、固定試験片の磨耗量は幾分大となり、結局兩磨耗量の和は總體として増加するもので、此の傾向は壓力の大なる場合に著しい。

磨耗量に及ぼす壓力、質量効果又は Cr 量の影響等は、何れも前述の場合と全く同様で、又摩擦係数は兩試験片の組合せには餘り關係なく 0.5 内外を示して居るが、一般に壓力の大なる場合、固定試験片の粗材の大なる場合は、其の然らざるものに比して其の値が稍々少ない。パーライト鑄鐵は何れも優秀なる耐磨耗性を示し、其の優劣をつける事は出来ないが $Cr 1.0\%$ を含む符號 G に比すれば、何れも磨耗量が幾分大である。

2. 含クロム鑄鐵製廻轉試験片の場合

a) 摺動速度 $2.2m/秒$ 普通パーライト鑄鐵製廻轉試験片の場合に比較すると固定試験片の磨耗量には殆ど變化はないが、廻轉試験片自身の磨耗量は著しく減少する。固定試験片の磨耗量及び摩擦係數に及ぼす接觸面の壓力、質量効果の影響等は、前述の場合と全く同様で、且つ Cr 量の増加と共に次第に耐磨耗性を増し、其の 0.6% 以上を含むものは符號 H 乃至 L に示すパーライト鑄鐵と略々同程度の磨耗量を示して居る。H 乃至 L の間では餘り優劣は認められない。

b) 摺動速度 $4.5m/秒$ 固定試験片の磨耗量は $2.2m/秒$ の場合に比し一般に稍々増して居るが、廻轉試験片のそれは更に減少し、時としては剥落粉末の附着により僅か乍らも却つて重量の増加を示して居るものもある。磨耗に及ぼす壓力、質量効果又は Cr 量の影響等は全く前述の場合と同様である。

c) 摺動速度 $9.0m/秒$ 速度増して $9.0m/秒$ となるも固定試験片の磨耗量には餘り影響はないが廻轉試験片の磨耗量は益々減少し、前者に比すれば殆ど無視し得る程度のものとなる。固定試験片の磨耗量に及ぼす壓力、質量効果の影響は、全く前述の場合と同様で、摩擦係數は試験片の組合せ等には殆ど無關係に、約 0.50 の値を示して居る。含クロムパーライト鑄鐵の磨耗量はクロム量の増加と共に次第に減じ、其の 1.0% を含む符號 G は試験の範囲内では最も磨耗量が少ない。符號 H 乃至 L のパーライト鑄鐵の中では、明らかに耐磨耗性に優劣を付ける事は困難であるが、一般に其の磨耗量は G に比すれば、多く $Cr 0.4$ 乃至 0.6% を含むものと略々同程度の磨耗量を示して居る。

以上は接觸壓力が 2 及び $5kg$ の場合の結果を示したものであるが、實際は更に壓力の高い場合に就いても相當試験を行つて見たのである。其の結果は大體として前述の場合と同様であるから此所に詳述するを避けるが、只含クロムパーライト鑄鐵では略々壓力に比例して其の磨耗量が大きくなるに反し、従來のパーライト鑄鐵中の或るもの、特に壓力の低い場合に比較的優秀なる耐磨耗性を示したものに於ては、更に高い壓力にて急激に磨耗量を増すものもあつた事を一言述べて置きたいと思ふ。

結び 上述の磨耗試験結果を總括すると次の如くなる。

1) 鑄鐵の磨耗量は Cr 含有量の増加と共に次第に減少し其の 0.6% 程度を含むものは一般に他のパーライト鑄鐵よりも磨耗量が少ない。

2) 各種のパーライト鑄鐵は何れも耐摩耗性が比較的大で簡単に其の優劣を付ける事は出来ない。

3) 廻轉試験片の磨耗量は其の材質に依つて著しく異なるもので Cr 0.5% を含むものは普通パーライト鑄鐵に比して磨耗量が極めて少ない。

4) 質量効果は耐摩耗性に對しても影響するもので、一般に大なる粗材の場合は磨耗量が少ない。

5) 摩擦係数は一般に粗材の大なる場合又は摺動速度の大なる場合に少ない。

6) 磨耗量は一般に壓力と共に大となるが、必ずしも其の仕事量には比例しない。

7) 磨耗量に及ぼす摺動速度の影響は、廻轉試験片の材質又は壓力の如何によつて異なるもので、一般的の關係は見出し得ない。

終りに臨み本實驗を遂行するに當り終始懇篤なる御指導を賜つた工學博士伊丹榮一郎氏に御禮を申上ぐると共に、本文の發表を許可されたる株式會社神戸製鋼所に對して深甚の謝意を表する。

異状浸炭組織生成の防止法に関する研究 (第 1 報)

澤 村 宏*

AN INVESTIGATION OF SOME METHOD PREVENTING THE FORMATION OF THE ABNORMAL STRUCTURE IN CARBURIZED STEEL (THE FIRST REPORT).

By Hiroshi Sawamura.

SYNOPSIS:—Under the probable assumption that one of chief causes for the formation of the abnormal structure in carburized steel exists in oxygen contained in steel in large quantity, the author has carried out some experiments to prevent the formation of the unpleasant structure in question. As the specimens of the present investigation, armco iron was adopted which was determined by analysis to have 0.067% of oxygen. It was found that the abnormal structure was hardly developed in the specimens which were carburized in some gaseous hydrocarbons such as CH_4 , C_2H_4 and C_2H_2 in spite of its prevailing in those carburized in the mixture of charcoal and 40% of $BaCO_3$. These phenomena can be easily understood if the assumption before mentioned is true, because gaseous hydrocarbons deoxidize and carburize steel simultaneously at high temperatures.

緒 言

鋼を滲炭した場合に往々にして異状組織が現はれる事實は古くより能く知られて居る。而して異状滲炭組織が現はれたる鋼を焼入れすると滲炭面に多數の軟點を生じ易くこれが使用上種々の故障の原因となる爲に特に學者の注意を惹く譯である。此異状浸炭組織生成の原因に就ては從來幾多の學者によつて研究されて來たが未だ其真相は明でない併し一面有力なる反對論者¹⁾もあるが鋼材中に含有されたる酸素が之に緊密なる關係を有する事は今迄多數の學者²⁾によつて證明されて居る。就中井上博士は種々の方面より鋼材に含まれる酸素が異状滲炭組織生成の主要原因なる事

を論じ、更に炭素約 0.07% の鋼材では其含酸素量 0.07% 以上なる時は異状滲炭組織を生じ、以下なる場合には標準滲炭組織になると決定して居る。併し同博士が採つた酸素定量法は同博士論文中¹⁾にも明記されてある様に今日より見れば精密なる方法とは云へない。又前述の如く鋼の異状浸炭組織の生成を決定すべき臨界含炭量が存在するとすればそれは鋼材の成分特に炭素量の如何に關せず一定であるやは疑はしい。

又 Grossmann は木炭粉末と $BaCO_3$ との混合物の中で鋼を滲炭すると鋼が滲炭中酸素を吸収するが爲に滲炭後に於ける鋼材の含炭量は滲炭前に比べて増加して居る現象を發見して異状滲炭組織生成の原因を鋼材の含炭量より論ずるには滲炭前に於ける鋼材の含炭量と滲炭によつて鋼材が吸収せる酸素量との和を基とすべきであると主張して居る。

Schenck²⁾ は鐵が CO によつて次式に従ひ滲炭と同

* 京都帝國大學工學部

¹⁾ Epstein and Rawdon: Trans. Amer. Soc. f. Steel Treat. 12 (1927) 337.

²⁾ Ehn: J. Iron and Steel Inst. (1922) No. 1. 157.
Gat: Trans. Amer. Soc. f. Steel Treat. 12 (1927) 376.
井上: 鐵と鋼 15 (1928) 287.

Grossmann: Trans. Amer. Soc. f. Steel Treat. 16 (1929) 1.

Grossmann: Trans. Amer. Soc. f. Steel Treat. 18 (1930) 601.

¹⁾ 井上: Mem. Coll. Engg. Kyushu Imp. Univ. 5 (1928) 1.

²⁾ Schenck: St. E. 46 (1926) 665.