

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.

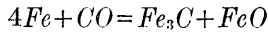
²⁾ Ehn: J. Iron and Steel Inst. (1922) No. 1. 157.
Gat: Trans. Amer. Soc. f. Steel Treat. 12 (1927) 376.
井上: 鐵と鋼 15 (1928) 287.

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.



時に酸化作用を受ける可能性が存在する事を述べて居るが Grossmann の発見した現象はこれと一脈の連絡があるかの如くに考へられる。

鋼材の酸素含有量大なれば何故に異状滲炭組織が生成せられるかと云ふ點に關しても種々の理論が提出されて居るが今は斯る根本的理論は別に考究する事として只異状滲炭組織生成の主要原因の一は鋼材が含む酸素量の多い點にあると假定して異状滲炭組織特に組織上の異状組織（結晶粒子の異状組織に非らざるの意）の生成を防止する方法に就て研究を進めたいと思ふ。

異状滲炭組織生成の主要原因が上に述べた如くでありとすれば普通の滲炭方法では異状組織を現はす様な鋼材に於ても其酸素を除いて後浸炭せしむるか或は鋼材の脱酸及滲炭を同時に行ふと異状組織の生成は防止される可能性がある譯であつて本研究は此豫想の下に行はれたものである。

試料

本研究の實驗試料としては成る可く多量の酸素を含有する鋼材を探る事とした。之が爲に Armco iron を用ひたのであるが其成分特に酸素含有量は第1表の如くである。

第 1 表

Armco iron 成分%						
C	Si	Mn	P	S	Cu	O ₂ ¹⁾
0.016	0.030	0.040	0.003	0.011	0.035	0.067

受取りたる鋼材は直径 25mm の丸棒であるが其表皮を削りて直径 20mm となして後 10mm の厚さに切り取り更に之を縦軸の方向に 2 分して實驗に供した。尙實驗に用いる前、試料の兩半圓面を研磨紙 02 番迄研磨した。

實驗

松炭粉末及 40% BaCO₃ 混合物による滲炭實驗 工業上普通に用ひられて居る此滲炭剤によつて滲炭を行ひ、斯して得られたる組織を標準として他の方法によつて得られたる滲炭組織を比較する事とした。以下此の滲炭剤を便宜上 “Hardenite” と呼ぶ事とする。

(i) 實驗方法 8~20 目篩の大きさに揃へたる松炭小粒に BaCO₃ 重量 40% をよく混合し之を内徑約 60mm 長さ約 160mm の鐵製壺内に入れ試料を其中央部に埋め蓋

1) 鋼材中の酸素は Petersen 法 (Arch. f. d. Eisenhüttenw. 3 (1930) 459) に類似の方法によつて定量した。其詳細は後日の報告に譲る。

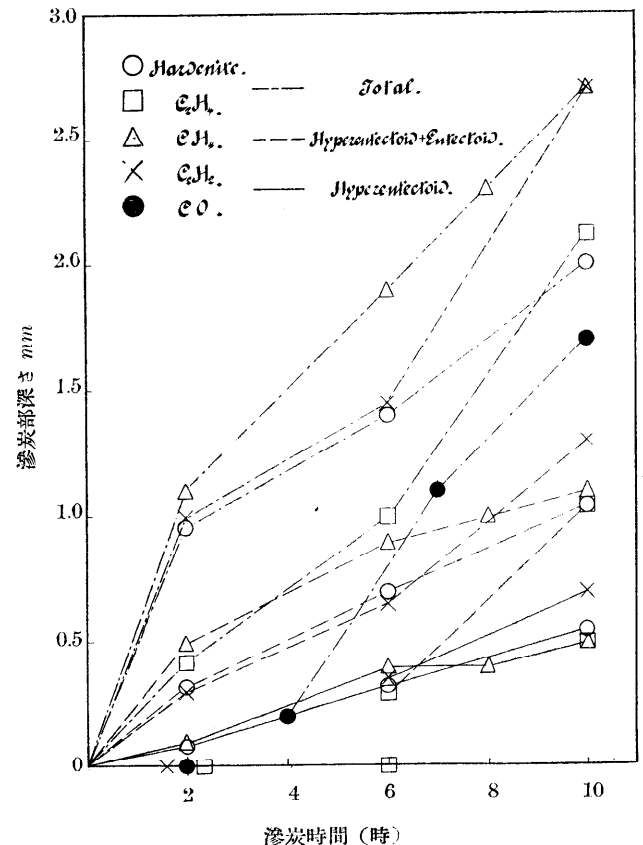
を施したる後之を電氣爐内にて加熱した。試料の溫度は之に熱電對の保護管の先端を接近せしめて測定した。常に毎分約 15°C の割合で 900°C 迄加熱し同溫度を一定時間保持せる後爐中冷却を行つた。必要に應じては 2 個の試料を同時に滲炭し其一は組織の検査に他は焼入試驗に用ひる事とした。

第 2 表

滲炭劑種類	滲炭時間 (時)	瓦斯使用量 (每時立)	Hyper-eutectoid 層深さ mm	Eutectoid 層深さ mm	Hypoeutectoid 層深さ mm	全滲炭層深さ mm	組織
Hardenite	2	—	0.05	0.25	0.65	0.95	異状組織
	6		0.30	0.40	0.70		
	10		0.55	0.50	0.95		
CO	2	7	—	—	—	—	—
	4		—	—	0.20	0.20	
	10		—	—	1.10	1.10	
CH ₄	2	2	0.10	0.40	0.70	1.20	標準組織に近し
	6		0.40	0.50	1.00	1.90	
	10		0.40	0.60	1.30	2.30	
C ₂ H ₄	2	2.5	0	0.13	0.29	0.42	標準組織に近し
	6		0	0.29	0.71	1.00	
	10		0.50	0.54	1.08	2.12	
C ₂ H ₂	2	2.5	0	0.30	0.70	1.00	標準組織に近し
	6		0.35	0.30	0.80	1.45	
	10		0.70	0.60	1.40	2.70	

① 5 回の實驗値平均

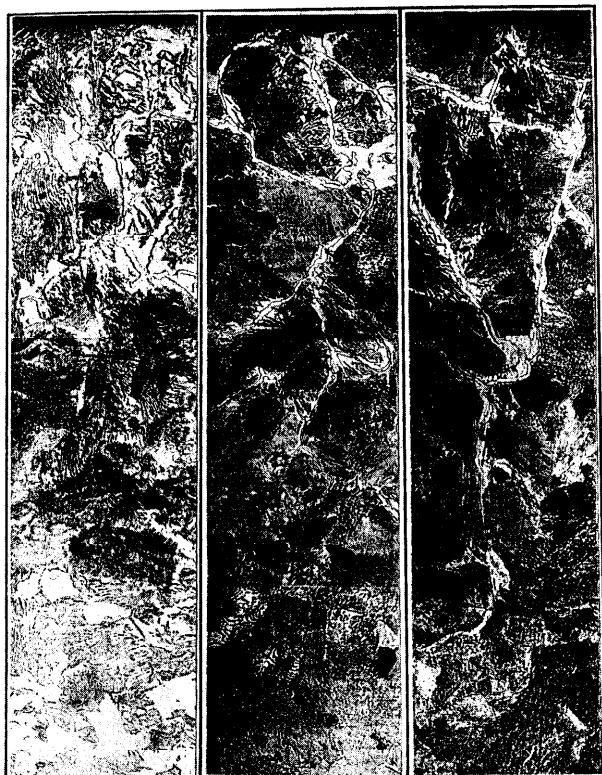
第 1 圖



(ii) 實驗の結果 滲炭せる試料に就て顯微鏡下にて hypereutectoid 層、hypereutectoid 及び eutectoid 層及び全浸炭層の厚さを測定したる結果は第 2 表の如くである。此等の數値と 900°C に於ける浸炭時間との關係を圖示すれば第 1 圖の如くである。

而して hypereutectoid 層の組織は何れも寫眞 A の如く明に異状組織を現はして居る。

寫眞 A~C



寫眞 A ×250 6 時間滲炭 (hardenite)
 B ×約250 10 時間滲炭 (CH₄)
 C ×250 10 時間滲炭 (C₂H₄)

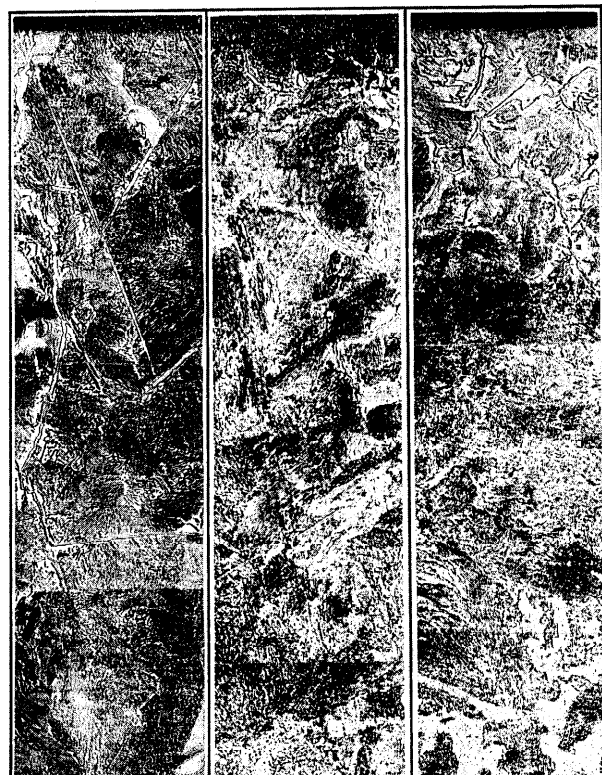
CO による滲炭實驗 Grossmann の實驗結果から推察すれば試料を CO によつて滲炭すると同時に酸素が試料に吸収される怖がある。果してそうであるならば CO で試料を浸炭すれば異状浸炭組織の現はれる傾向は益々大となる様に考へられる。實際に於て CO で試料を浸炭して之に hypereutectoid 組織を現はさしめるのは困難である事は古くより知られて居るので本實驗は單に CO の滲炭効果を後で述べる種々の瓦斯の滲炭効果に比較する爲に行つたに過ぎない。

(i) 實驗方法 蟻酸及濃硫酸により CO を發生せしめ之を純粹¹⁾となして試料を装置せる磁性管内に毎時 7l の割合にて送入し全装置内の空氣を CO 瓦斯にて置換せる後

¹⁾ Moser: Die Reindarstellung von Gasen (1920) による。

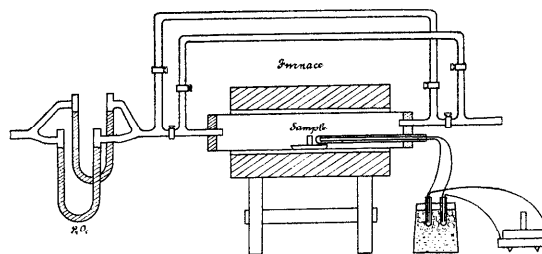
試料溫度を毎分約 10°C の速度にて 900°C 迄上昇せしめ同溫度を 2~10 時間保持せる後、瓦斯氣流中にて爐中冷却した。尙浸炭中は第 2 圖に示す方法により 30 分毎に浸炭管内に於ける瓦斯氣流の方向を交換して成るべく試料の表面に一様に浸炭せしむる様に注意した。常に試料の同一位置に於ける部分に就て其組織を比較し浸炭の不均一による誤差を成るべく少なからしむる様にした。

寫眞 D~F



D ×約250 10 時間滲炭 (C₂H₂)
 E ×250 H₂還元(900°C, 6時間)後 6 時間滲炭 (hardenite)
 F ×250 H₂還元(1,000°C, 6時間)後 6 時間滲炭 (hardenite)

第 2 圖



(ii) 實驗結果 實驗結果は第 2 表及び第 1 圖の如くである。即ち浸炭時間 10 時間に及んでも其浸炭層は hypoeutectoid 組織の域を脱しない。

豫め水素氣流中にて加熱せる試料の浸炭實驗 鋼材を水素氣流中に於て加熱すれば之が含む酸素は加熱方法如何に應じて其一部又は全部が除かれる。斯る試料を hardenite

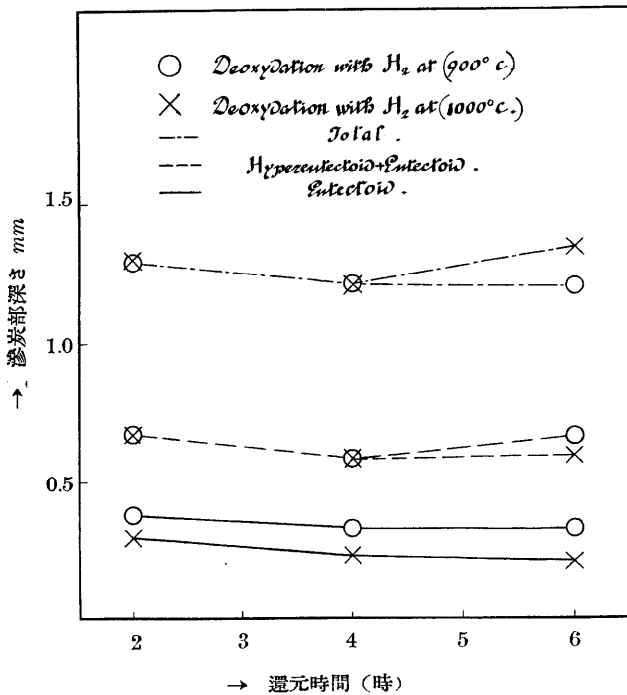
内で浸炭すれば異状組織は現はれ難くなる様に考へられる之に関しては已に井上博士の實驗¹⁾がある。同博士によれば hardenite 内で浸炭せる場合に異状組織を生ずる試料を豫め 1,000°~1,100°C に於て 12~14 時間加熱して後浸炭すると標準組織が得られるのである。

本實驗は次に述べる實驗の参考に資する爲に行たに過ぎない。

(i) 實驗方法 試料を磁性管内に装置し之に不純物を除去せる電解水素を毎分 40cc の割合にて通じ装置内の空気を完全に水素を以て置換せる後、試料温度を毎分約 10° C の速度にて 900°C 及び 1,000°C 迄上昇せしめ、同温度を 2~6 時間保持せる後水素氣流中にて爐中冷却せしめたものを hardenite にて前實驗と同一方法を以て浸炭せしめた。但し浸炭温度は 900°C 浸炭時間は 6 時間とした

(ii) 實驗結果 浸炭各層の厚さと還元温度並に還元時間との關係は第 3 圖の如くである。此結果を第 2 表及第 1 圖と比較すれば明なる如く此實驗範圍内では還元温度及還

第 3 圖



元時間は hardenite による浸炭効果には殆ど影響を與へない。

浸炭せる各試料の組織は寫眞 E 及び F の如く hypereutectoid 層に於ける遊離 cementite と共に現はれたる遊離 ferrite の面積は豫め水素にて還元せざる試料に比し

¹⁾ 前出

て幾分小なる様に感ぜられるが依然として明なる異状組織を呈して居る。

尚以上に述べたる水素還元方法によつて試料が如何なる程度に脱炭されるやを知る爲に次の實驗を行つた。

試料を鋼材に含まれる酸素定量装置の還元管内に置き之に上述の水素還元の場合と略同一量の水素を通じつゝ 900°C 又は 1,000°C に於て 2~6 時間加熱し試料より除去せられる酸素量を測定した。其結果は第 3 表の如くである。

第 3 表 水素還元による脱炭量
(試料重量に對する%)

還元温度 °C	試料重量 g	還元時間(時)		
		2	4	6
900	21.6369	0.0016	0.0039	0.0043
	19.8371	0.0016	0.0027	—
	24.4255	—	0.0024	0.0032
1,000	20.7192	0.0021	0.0028	0.0044
	24.4158	0.0017	0.0027	—
	23.9879	—	—	0.0044

即ち試料を 1,000°C に於て 6 時間還元するも試料より除かれる酸素量は 0.0044% で試料に含有せる酸素量の僅に 7% に過ぎない。但し此際除去せられたる酸素は主として試料の表面に存在して居たものである事は想像に難くない。要するに本實驗に於て浸炭前に豫め試料を水素にて還元するも異状浸炭組織の生成を防止する事を得なかつたのは還元温度及還元時間が不足で試料中の酸素を充分除去する事が出来なかつた爲であらう。

炭化水素瓦斯による滲炭實驗 鋼を炭化水素瓦斯中で加熱する時鋼は還元、浸炭の兩作用を同時に受くる事は容易に考へられる。本實驗に於ては最も得易き炭化水素瓦斯として Methane(CH_4), Ethylene(C_2H_4) 及 Acetylene(C_2H_2) を撰び此等の瓦斯によつて試料が上述の 2 作用を受けた場合に其滲炭組織が如何に影響せられるかを調べたのである。

(i) 實驗方法 本實驗に用ひたる CH_4 及び C_2H_4 は當研究室に於て化學的に製造し C_2H_2 は市販の瓦斯を精製して用ひたのである。實驗の方法は CO にて滲炭實驗を行つた場合と全く同一である。

(ii) CH_4 による滲炭實驗の結果 浸炭部各層の厚さと浸炭時間との關係は第 2 表及び第 1 圖の如くである。此圖の示す如く本實驗に用ひたる炭化水素瓦斯中 CH_4 にて浸炭せる試料の全浸炭部の厚さが最も大である。

hypereutectoid 組織は何れも寫眞 B の如く標準組織に

標準組織に近く異状組織の部分は尠い。

(iii) C_2H_4 による浸炭実験の結果 第 1 圖の如く此瓦斯で浸炭したる試料の全浸炭部の厚さは他に比して最も小である。

hypereutectoid 組織は浸炭時間の長短如何に關せず寫眞 C の如く概して標準組織に近い。

(iv) C_2H_2 による浸炭実験の結果 C_2H_2 による浸炭各層の厚さは第 1 圖の如く CH_4 の場合に似て居る。

hypereutectoid 組織は何れも寫眞 D の如く完全なる標準組織に近い。即ち本實驗に用ひたる炭化水素瓦斯中 C_2H_2 が異状浸炭組織の生成を防止する力が最も大である此關係は浸炭時間の長短に關せず常に成立する。

(v) 實驗結果の考察 以上の實驗の結果の示す如く hardenite 内で浸炭すれば異状組織を生ずる試料を本實驗に用ひたる炭化水素瓦斯にて浸炭すると異状組織が現はれ難くなる。特に浸炭に C_2H_2 を用ひると大部分標準組織となるのである。炭化水素が鋼に對する作用の根本理論は明でないとしても緒論に於て述べた如く若し異状浸炭組織生成の原因が鋼材中に含まれたる多量の酸素にありとすれば鋼は高温度に於て炭化水素の爲めに脱酸と同時に浸炭作用を受けるが爲に異状浸炭組織が生成し難くなる事は容易に了解出来る。茲に注意を惹くのは前に述べた實驗の結果によると試料を豫め水素中で $1,000^\circ C$ に於て 6 時間還元した後 hardenite 中で $900^\circ C$ に於て浸炭すると依然として異状組織が現はれるが炭化水素瓦斯中で $900^\circ C$ に於て浸炭すると標準組織に近い組織が生成せられる事實である。斯る實驗の結果が得られたに就ては種々の原因が推考出来るのであるが先づ第一に Grossmann の見出したる現象が事實存在するものとすれば鋼材を水素中で還元した場合に鋼材から多量の酸素が除かれて居たにしても、之を hardenite 中で浸炭すると浸炭中に鋼材が酸素を吸収するが故に、浸炭後異状組織が生成せられる可能性は多分に存在する譯である。しかし鋼材を炭化水素中で浸炭すると鋼材が含む酸素は除去されるのみで他より酸素が鋼材中に浸入して來る機會は絶無である。

第二に最初から分子の状態にある水素の鋼材に對する脱酸作用と炭化水素の状態にある水素のそれとは必ずしも同じでない事は言ふ迄もない。種々の點から觀るに最初から分子の状態の水素よりも寧ろ炭化水素の還元力が強大である様に想像せられる。此想像が事實であるならば假令

Grossmann の見出した現象が事實存在しないにしても炭化水素の異状浸炭組織の生成を防止する効力は當然水素よりも大なるべき筈である。

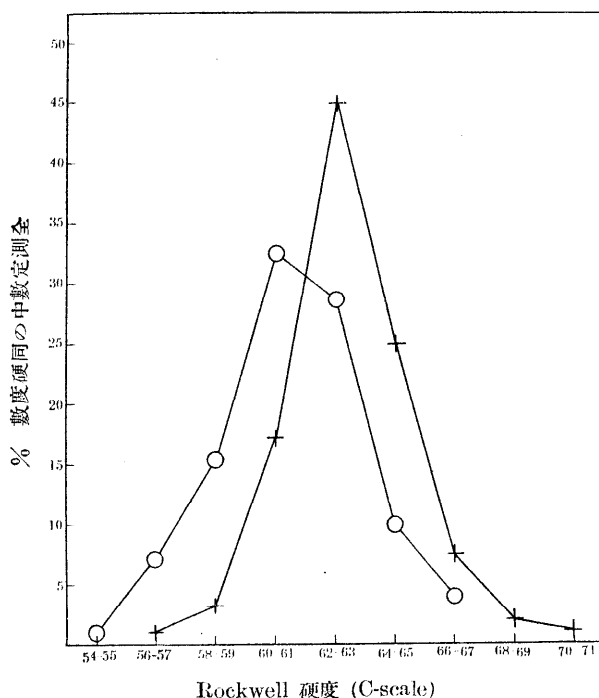
浸炭試料の焼入實驗 異状浸炭組織を有する鋼を焼入すると、多數の軟點を生じ易き事實は已に知られて居るが本實驗に於ては浸炭せる試料を焼入れして特に上の點に就て炭化水素瓦斯の浸炭効果を調べる事とした。

(i) 實驗方法 前實驗に於て浸炭せる試料を其儘磁製管内に装置し水銀柱 $1mm$ 以下の真空中に於て毎分 $10^\circ C$ の速度を以て $800^\circ C$ 迄加熱し同温度を 20 分保持せる後約 $16^\circ C$ の水中に投入焼入し直ちに試料の浸炭表面に於て 100 個内外の Rockwell 硬度 (C-scale) を測定した。

(ii) 實驗結果 同じ硬度を有する測定數が全測定數に對する百分率を求め之を縦軸とし硬度數を横軸する曲線を作り各試料に就て比較したのであるが其一例を示せば第 4

第 4 圖

○—○ 10時間浸炭 (Hardenite) + —+ 10時間浸炭 (C_2H_2)



圖の如くである。今 Epstein and Rawdon¹⁾ に依り硬度 60 以下が軟點の存在を現はすものとすれば此圖によれば軟點は比較的 C_2H_2 にて浸炭せる鋼に最も尠く hardenite にて浸炭せる鋼に最も多い。又浸炭面の硬度は C_2H_2 にて浸炭せる鋼が hardenite で浸炭せる鋼よりも遙に均一である事が知られる。此實驗に就ては尙繼續して居るの

¹⁾ 前出

で一層明確なる結果は後報に譲る。

總 括

以上の研究結果を總括すると次の如くである。

- 1) 従來の研究の結果より鋼の異狀滲炭組織生成の主要原因の一つは鋼材中に含有されたる酸素であると假定して異狀滲炭組織の生成を防止する方法に就て研究した。
- 2) 研究試料として酸素含有量高き Armco iron を採用したのであるが其酸素含有量は Petersen 法に類似の定量法により 0.067% と決定された。
- 3) 試料を hardenite 中にて滲炭するとき明に異狀組織が現はれる。又試料を豫め 900°C 又は 1,000°C に於て H_2 氣流中で 2~6 時間加熱せる後之を hardenite にて滲炭せるに依然として異狀組織が生成された。
- 4) 試料を 900°C に於て CH_4 , C_2H_4 及 C_2H_2 氣流中で滲炭せしむると異狀組織の生成は著しく防止される事

實を確めた。殊に C_2H_2 の効力が最も大である。

5) 試料を C_2H_2 にて滲炭したる後焼入れするとき之を hardenite にて同一條件の下に於て浸炭せる後焼入れたる場合に比べて滲炭表面の硬度は均一となり又軟點が少くなる。

6) 鋼を炭化水素瓦斯にて滲炭するとき異狀滲炭組織の生成が防止されるのは、1) に述べたる假定が眞であれば鋼を炭化水素瓦斯中で加熱するとき鋼が脱酸されると同時に滲炭される爲であると考へられる。又他面から本實驗の結果は、1) に述べたる假定に對し有力なる證左ともなるのである。

擧筆するに當り本研究は豊田自動織機製作所の支持によりて遂行されて居る事を記して茲に同製作所に對し満腔の謝意を表す。又本實驗に對し多大の助力を與へられたる小中義城及び今西彰兩學士に對し厚く謝す。

ニッケル合金鋼の鍛鍊上考慮を要す可き二、三の點に就て

(日本鐵鋼協會第 13 回講演大會講演)

藤 原 唯 義¹⁾

FEW IMPORTANT POINTS TO BE CONSIDERED IN NICKEL ALLOY STEEL FORGING.

By Tadayoshi Fujiwara, D. Sc.

SYNOPSIS:—There are two important problems to be considered in the forging of alloy steels. One is “segregation” or “ghost” in the original ingot and the other is “flakes” produced in the metal after forging.

As “segregation” is the source of defects in the ingot, it must be removed or inclosed to some harmless portion of the ingot. Hence it is necessary to find the location and the forms of “segregation” in various kinds of steel and in different sizes of ingot. The author has investigated carbon steel, nickel steel, nickel chromium steel and nickel chromium molybdenum steel with ingots of 15 to 60 tons; the experiments being carried out by taking sulphur prints from the vertical section of each ingot. It was found that with carbon steel the “segregation” or “ghost” line spread towards the outer portion of the ingot while with alloy steels the “segregation” (or “ghost” line) appeared to move on toward the central axis of the ingot. The latter tendency was found to be more pronounced when more alloy elements are used. This is clearly shown in the representative figures made by the author after actual sulphur prints were taken from various alloy steel ingots.

Causes and remedies of the “flakes” have been discussed from time to time by many authors. Most of them, however, seem to agree upon the opinion that occurrence of the “flakes” is related to melting, casting, forging and heat-treatment.

The author, however, believes the following are the two most important factors affecting the occurrence of the “flakes”.

1. Casting Temperature
2. Cooling Process after Forging

The most favorable condition for preventing “flakes” is high temperature melting and low temperature casting in the melting shop and after forging the steel should be cooled as slowly as possible. The “flakes” can best be detected by a deep etching with 10 to 20 per cent of hydrochloric acid.

鋼の鍛鍊上考慮を要す可き重要なる事項は鍛鍊に使用する鋼材の材質及び鍛鍊後の鍛材材質の缺陷である。鍛鍊前

の材質上考慮を要す可き重要事項は鋼塊内部の偏析狀況にして鍛鍊後の鍛材に起る主要なる缺陷は白點である。著者は特に此兩者に就き聊か論述する所あらんとす。

¹⁾ 日本ニッケル情報局技師。