

# Cr 鋼滲炭層の特性とその熱処理による改善

(昭和 24 年 4 月本會講演大會にて講演)

三 島 徳 七\* 三 橋 鐵 太 郎\*

## CHARACTERISTICS OF CEMENTED LAYER OF CHROMIUM STEEL AND ITS IMPROVEMENT BY HEAT TREATMENT

*Tokuhichi Mishima and Tetsutaro Mitsuhashi*

Synopsis: The sectional hardness distribution of cemented and oil quenched chromium steel bars and that of nickel-chromium steel are compared. The cemented layer of nickel-chromium steels are thinner and their core hardness are higher than that of the chromium steel. This properties may be the reason of coming off of the cemented layer of chromium steel during using. To remove this defect, annealing on 800-850°C is to be recommended.

### I. 緒 語

無 Ni 鋼の滲炭層は、剥げ易く、衝撃荷重に弱く、その原因は含 Ni 鋼のそれよりも粗大な炭化物の発生にあると云はれている。この想像の眞偽を確かめ、同時にその防止法を研究するのが実験の目的である。この種の緩滲炭の研究には、上田、高尾両氏のもの<sup>1)2)</sup>があり、フェロシリコンの添加を推められている。著者は滲炭方法そのものは餘り追求せず、その熱処理による改善を目指した。滲炭そのものについては石澤<sup>3)</sup>、渡瀬氏<sup>6)</sup>の研究があるが Cr 鋼に関しては餘り言及されていない。

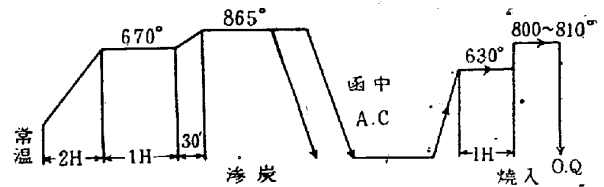
### II. 実験条件

試料の成分は第 2 表、寸法は第 1 表のもので表面は 01 迄研磨した。

第 1 表

鋼 種	試料記號	寸 法	
		d (mm)	l (mm)
Cr	H 51036	26.9	49.7
Ni-Cr	Q <sub>1</sub>	22.0	48.0
"	SH	25.0	50
"	QH <sub>1</sub>	25.0	50
C	C 0.1	20×20×10	

固態滲炭剤は市販 G T (日本熱練工業所) を用いた。成分は CaCO<sub>3</sub>=2.84%, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>=0.48% 木炭残部で、粒度 9 目である。滲炭箱は厚さ 5—6mm の繼目無鋼管を熔接した 105φ×250mm のものである。これを自動



調節電気爐で加熱した。固態滲炭及びその後の油焼入は上の工程で行う。油は鯨油を主としたものである。液態滲炭剤は東洋鋼化 K.K. の Durferrit C-5 浴 (NaCN 54%, BaCO<sub>3</sub> 44%), 浴温 930°C で 1~8h 行つた。冷却は空冷。焼入は 630°×1h 豫熱し 810°×10min で油冷した。

表面より 0.25mm 以内の測定値は正しくないものとしてこれを棄てた。

滲炭結果は不揃になり易いから、以上の実験を系統的に行つて例外的な結果は棄て典型的と思われもののみを抽出し論をすゝめた。

### III. 実験結果

#### Cr 鋼と Ni-Cr 鋼との比較

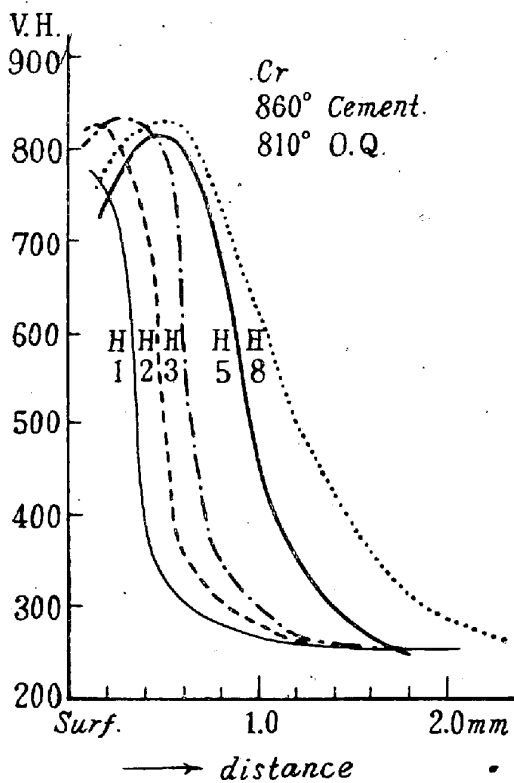
第 1 圖は Cr 鋼 (H 51036) 材の固態滲炭の時間と断面焼入硬度との関係である。3H 以上になると表面近くの硬度の低下するのは、残留オーステナイト量の増加によるものであろう。

第 2 圖は以上のデータの中より 5H のものを取り、これを Ni-Cr 肌焼鋼 (QH<sub>1</sub>) とを比較したものである。いづれも各鋼種で典型的な姿勢であり同一条件に於ける実験であるから、これを比較し得る。

\* 東京大學第一工學部冶金學教室

第2表 試料成分

鋼種	略号	C%	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Cr	H51036	0.18	0.25	0.64	0.007	0.016	0.86	—
Ni-Cr	Q1	0.30	0.35	0.43	0.012	0.009	0.80	2.95
C	CO:1	0.10	0.07	0.40	0.014	0.026	—	—
Ni-Cr	SH	0.15	0.23	0.35	0.015	0.005	0.52	2.5
Ni-Cr	QH1	0.12	0.19	0.51	0.016	0.009	1.03	4.5



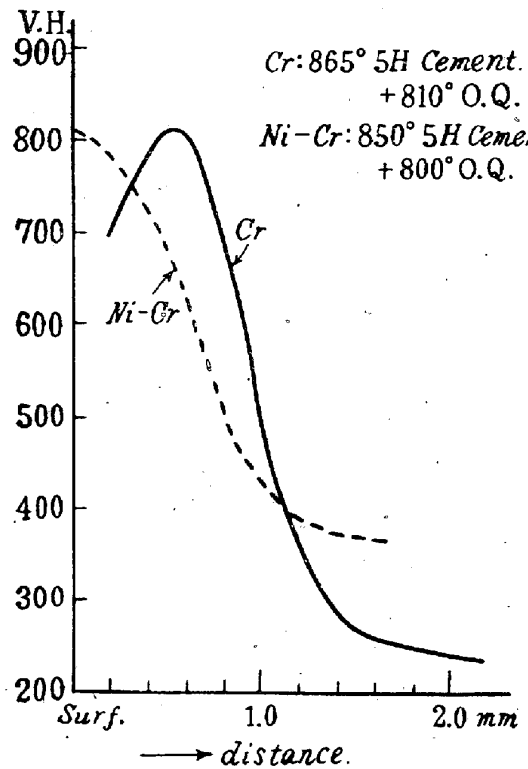
第1圖 Cr 鋼固態滲炭 (H51036) 油冷

Ni-Cr 鋼は C 0.12 で Cr 鋼は C 0.18% なのに芯部の硬度は Ni-Cr の方が高い。滲炭層の厚さはこの実験では Ni-Cr 鋼の方が Cr 鋼よりも薄い<sup>7)</sup>滲炭剤が異なるとこれは多少變化する<sup>6)</sup>。

ただ、芯部硬度が低く、表面硬度の高いことを Cr 鋼の特徴と考へることは正しいように思われる。従つて、Cr 鋼の方が Ni-Cr 鋼に比較して内外硬度差が激しく、焼入硬度曲線の勾配が急であると云えよう。

第3圖は構造用 Ni-Cr 鋼(Q<sub>1</sub>)に固態滲炭焼入したものと肌焼用 Ni-Cr 鋼(SH) のそれとを比較したものである。大型車輛の軸として一部工場で構造用 Ni-Cr 鋼に滲炭してみた事があつたので、それをしらべてみた。芯部の硬度が C% が高い爲に高くなるという差があるだけで傾向は同一である。

次に第4, 5圖であるが、Durferrit C5 浴の場合に



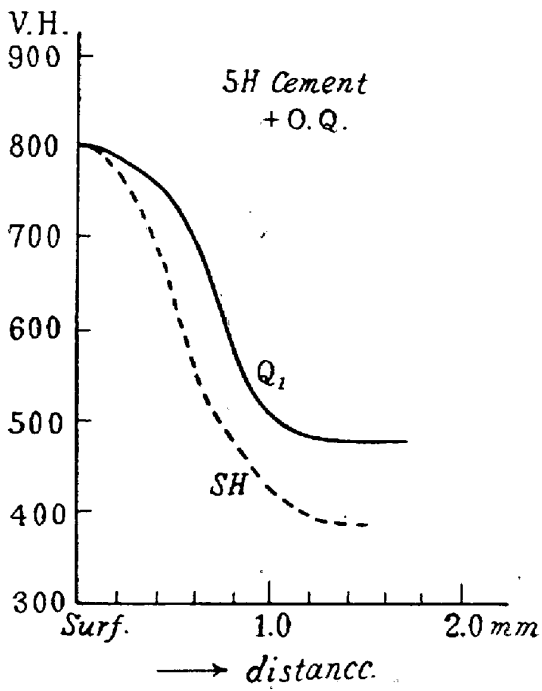
第2圖 固態滲炭 5H 油冷の場合の Cr 鋼 (H51036) と Ni-Cr 鋼 (QH<sub>1</sub>) の比較

も、固態滲炭の場合と同様に芯部硬度は Ni-Cr 鋼の方が Cr 鋼に比して高く又、滲炭層はうすい。この點は Houdremont の指摘するのと同一であつた<sup>7)</sup>。

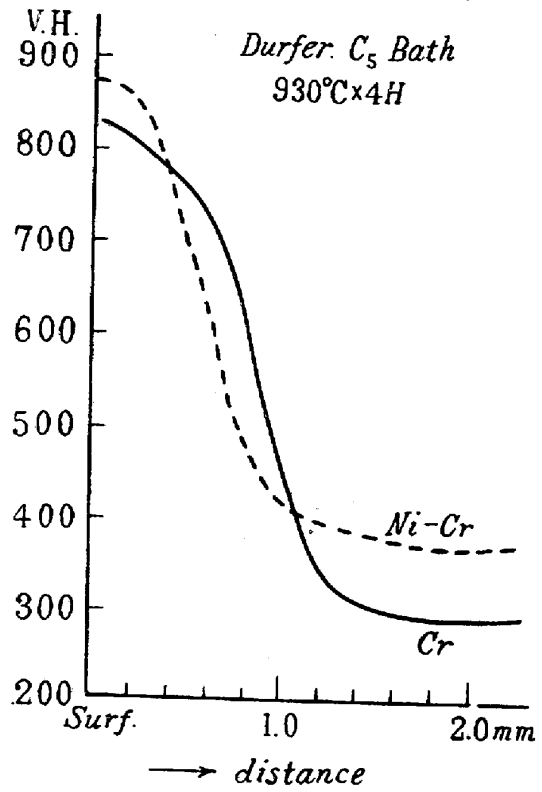
#### IV. 断面組織と鋼種

滲炭後焼入した Cr-Mo 鋼, Cr 鋼に於て著しく炭化物の網狀組織の發達したものは研磨中に割れ, 又使用中に割れ易いという。

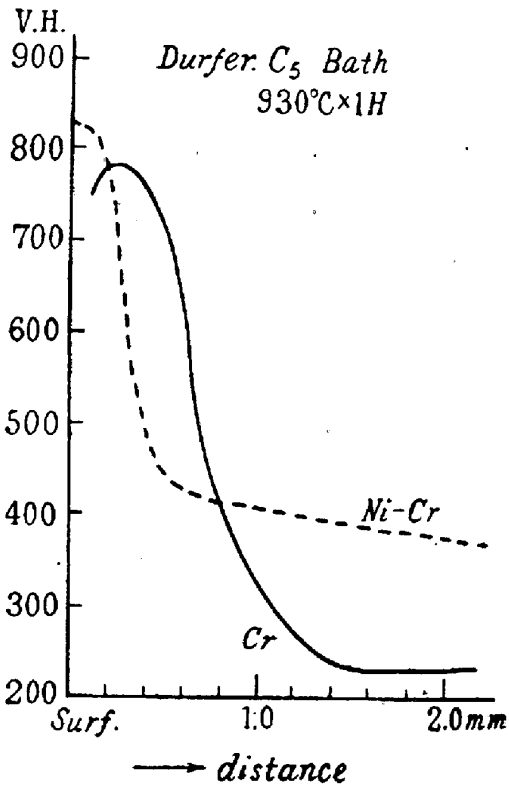
無 Ni 鋼及びその他の鋼を滲炭したものに就て、周邊部の網狀組織の發達をしらべてみる。滲炭した儘のものに網狀組織が發達しても焼入加熱によつて  $\gamma$  相中に炭化物が吸収されるのでかなり減少するのが普通である。その結果は第10表の如くで、Cr 鋼 (第7, 8, 9圖) の最外周邊層に球狀炭化物があらわれ、その次に網狀炭化物



第3圖 0% の異なる Ni-Cr 鋼の固態滲炭油冷時の断面硬度の比較

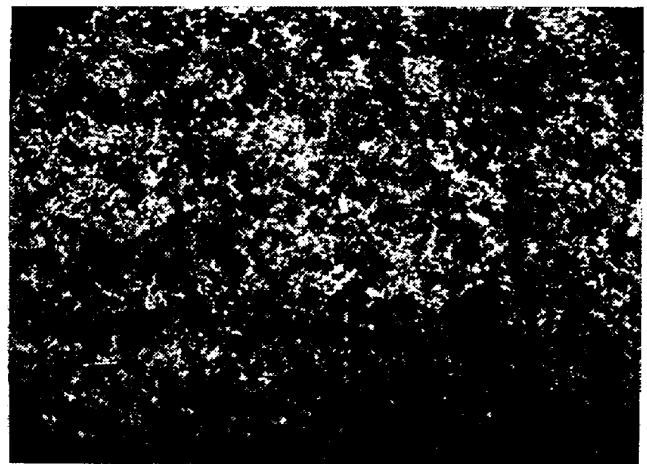


第5圖 Durferrit C5 浴 4H 滲炭油冷  
Cr 鋼: H51036, Ni-Cr 鋼: SH



第4圖 Durferrit C5 浴 1H 滲炭油冷  
Cr 鋼: H51036, Ni-Cr 鋼: SH

一條件で滲炭した場合に發達が著しく、網が太くて且つ切れていない。肌焼用 Ni-Cr 鋼及び C 0.1% の炭素鋼に於ても餘り網狀炭化物は良く發達していない。この兩鋼種とも焼入したものでは網狀組織の痕跡を見出す事はかなり困難である。この點から考えて Cr 鋼滲炭に於ては網狀炭化物を切斷する操作が入用である。



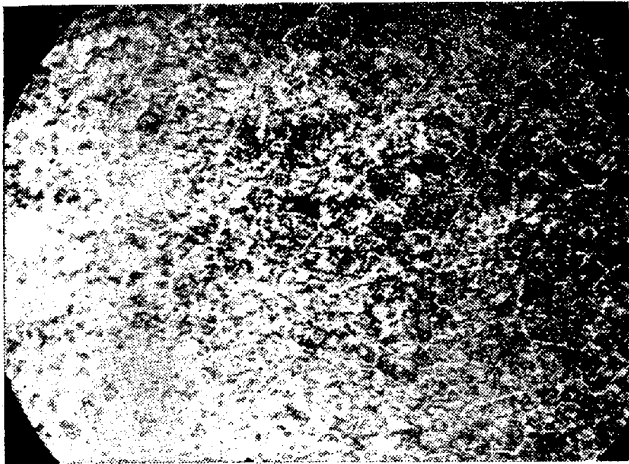
第6圖 Cr 鋼 (H51036)

8b 固態滲炭面中冷却。表面に現われた球狀炭化物

が現われている。かゝる現象は、上田氏<sup>1)</sup>今井、村上兩氏<sup>2)</sup>も報告されている。構造用 Ni-Cr 鋼では Cr 鋼に於て現はれた如き最外側の球狀炭化物はみえないが、網狀炭化物がみえる。しかし無 Ni 鋼の網狀組織の方が同

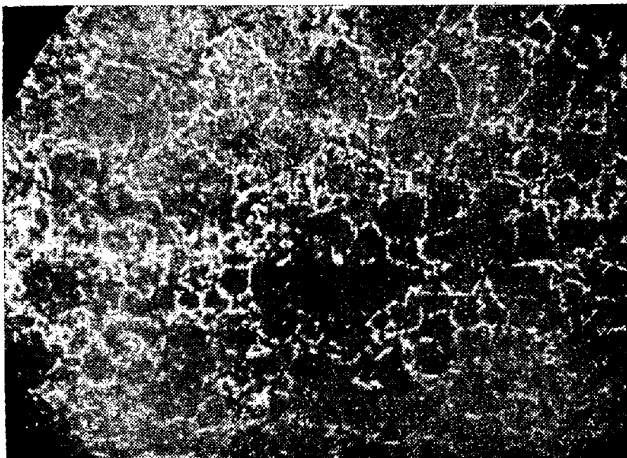
第3表 8h 滲炭後空冷せるもの、断面組織の變化

	表面	表面以下約 0.3mm 邊	0.5mm 以下
Cr 肌 燒 鋼	球 狀 炭 化 物	網 狀 炭 化 物	共 析 パ ー ラ イ ト
Ni-Cr 肌 燒 鋼	共 析 パ ー ラ イ ト		
C 0.1% 鋼	"		
Ni-Cr 構 造 用 鋼	網 狀 炭 化 物	共 析 パ ー ラ イ ト	



第7圖 Cr 鋼 (H51036)

同前 表面以下 0.35mm の所に現はれる網狀炭化物



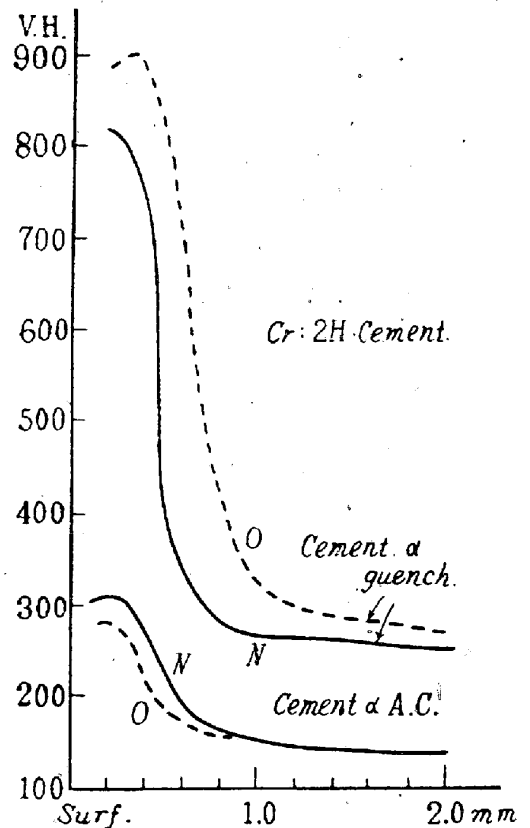
第8圖 Cr-鋼 (H51036)

液體滲炭 8h の表面、半ば球狀化せる網狀炭化物

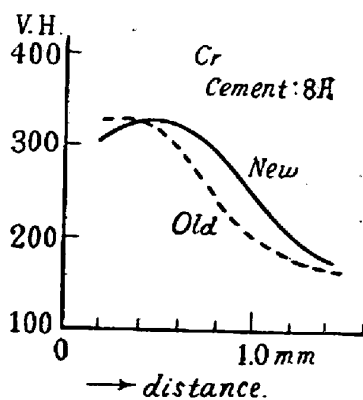
V. 使用済の固態滲炭剤を用いての滲炭

肌燒 Cr 鋼の過剰滲炭を防止する目的で、以上の實驗に使用せる使用済の固態滲炭剤のみを用いて滲炭してみたがその結果は以上の諸實驗と殆ど同一であつた。以上の如き市販 GT 滲炭剤は一回の使用ではその滲炭効力は殆ど減少していない。滲炭の儘で硬度を測つてみると古い滲炭剤を用いたもの、方が効力が僅に減少していた。即ち 2h, 4h 滲炭のものは周邊最高硬度低く、滲炭深さも浅い。(第9圖) 8H 滲炭のものは周邊の最高

硬度は同じで滲炭深さが浅い。(第10圖) 滲炭後油冷した試料の断面硬度を測つてみると、加熱時の脱炭に作用されてその結果によつて推定を下す事は無理であるが結果は使用済の滲炭剤を用いた方の周邊最高硬度が高く出ている。(第9圖) 滲炭深さは滲炭時間に依り矛盾した結果を示していた。從來使用済の滲炭剤を使用すると周邊最高硬度が下ると云はれていたが、著者の實驗では夫は變らず、滲炭深さのみが減少する傾向を示したのであつた。渡瀬氏<sup>6)</sup>は滲炭深さの減少と 0.2mm 深さの硬度が1回目 772 より 15 回目 836 に上昇することを報告されてをり、著者と一致している。よつて過剰滲炭を防止する目的で、古い滲炭剤を混合する、或は 100% 使用することは、大した効果がないものと考えられる。



第9圖 新及び1回使用せる固態滲炭剤による滲炭の效果。空冷及び油冷した時の硬度 Cr 鋼(H51036)  
N: 新滲炭剤使用 O: 古滲炭剤使用



第10図 新及び1回使用せる固態滲炭剤の効果  
 滲炭 8H. 空冷. Cr 鋼(H51036)  
 N: 新滲炭剤使用 O: 古滲炭剤使用

## V. セメンタイト球状化に関する豫備実験

(1) 10mm 中の C1.2% スエーデン鋼を A<sub>1</sub> 点以上の 780°C で 30min 1, 2, 3h 加熱し爐冷して組織をみると, 1h 以上加熱すればセメンタイトは球状化している. セメンタイトの球状化に伴ひ硬度は 280 V.H より 200 V.H に下る. 硬度は 1h 迄は降り, それ以上長時間焼鈍しても變らない. 之を 800°C×15min で水冷して硬度をみると, 球状化焼鈍をせぬものは 920V.H であるが, 焼鈍時間 1h 以上のものは大體 941 V.H であつて, 焼鈍せぬものよりも硬度が高い. 球状化焼鈍時間が 1hr 以上になつても, その後の焼入硬度は變らない. この結果をみると, あらかじめセメンタイトを球状化すると焼が入り易くなる.

(2) 同一の C1.2% スエーデン鋼より 15×10×5 mm の試片を鍛造し, 980°C×15min 加熱し爐冷した. この試片に現はれたセメンタイトの網は第1の實驗に用いた市販スエーデン鋼にある網よりも太い. 即ちこの熱処理は不適當であつた. 之を 780°C で 30min, 1h~8h 加熱爐冷して組織をみたが充分に球状化が進行していない. 之を 800°C で水焼入してみたがセメンタイト網が残っている. 又この焼入試料の硬度は 905 V.H で完全に球状化されたものより大分低い.

次に同一試料を A<sub>1</sub> の上下で, 即ち先づ 780°C×2hr 加熱し次に 650°C に 40 分間で下げ, 10 分間で再び 780°C にあげる事を 5 回繰返して爐冷した所完全に球状化した. 之を 800°C で水焼入してみた所, 910 V.H に硬度が上つた. こうして得られた球状セメンタイトを有する鋼は市販スエーデン鋼を 780°C×1hr で球状化して焼入したものよりも焼が入りにくいのであつた. 即ち同じようにセメンタイトが球状化されていても粗大なセメン

タイト程焼入加熱の場合に γ に固溶しにくいものと考えられる.

この試料の抗磁力 HC を磁力計法で測つてみる,  
 第4表 球状化處理と抗磁力 (HC)

	焼入前	800° 水冷後
球状化せぬもの	9.35	59.51
球状化せしもの	7.70	59.95

この表は球状化焼鈍を行つたものの方がマルテンサイト量の多い事を示している.

## VI. 網状炭化物切斷及び球状化の實驗

Cr を主添加元素としてもつ肌焼鋼に於ては當然網状炭化物が発生する. しかも緩和滲炭法では網状炭化物の發生自體を防止する事は望が少い. 従つて網状炭化物の害を防止するにはこれを切斷し球状化する事がよいと考へ, その實驗を行つた. 材料は上記の Cr 肌焼鋼 (H 51036) で 865°C×8h 滲炭し, これを空冷したものを試料に用いた. これを V. の豫備實驗の結果を考慮して次の熱処理をしてその組織をみた. 第5表. 第11圖, 第12圖は焼入後の結果を示す.

第5表

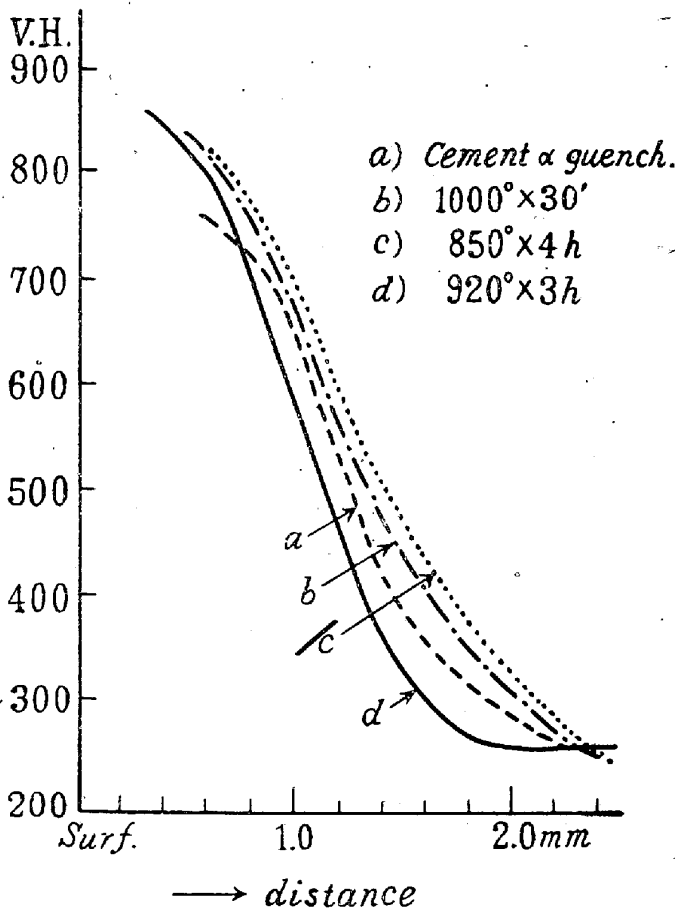
b) 1000°C×30min	爐冷	網状組織あり
c) 850°C×4hr	爐冷	なし
d) 920°C×3hr	爐冷	なし
e) 950°C×1hr	爐冷	あり
f) 950°C×2hr	爐冷	殆どなし

即ち c) d) の如き 920°C 以下の比較的低温焼鈍の方が網状組織の破壊には有効であつた. 又かかる試料を 810°C で焼入れてその断面の硬度分布をみると, 滲炭深さ d は, 次の順に滲炭の儘のものよりもましている.

c) 850×4h	組織よし
b) 1000°C×30'	わるし
f) 950°C×2h	殆どよし
e) 950°C×1h	わるし
d) 920°C×3h	よし

擴散の點から云へば温度の高い方がよい筈であるが, c) が最良で, 温度が低いのに擴散が進んでいた. 即ち網状炭化物も消え, 最も滲炭曲線の傾斜のゆるやかになつていたのは, 850°C×4hr の焼鈍爐冷である. 實驗不充分で焼鈍時間がまちまちである爲に一定の結論は下せないが, この實驗からすれば, 網状炭化物が球状化する範圍(本多, 齋藤兩博士<sup>5)</sup>によれば炭素鋼に於ては A<sub>1</sub> 以上 830°C 以下の範圍) であるべく高温の方が良いもの

と考へられる。我々の実験では 850°C が最良であつた。又は別法として先づ高温で焼鈍し、次に炭化物を球状化する事も過剰滲炭による缺陷防止法として適當と考へられる。高速度鋼を焼入する前にまづ850°C で1回焼入しておく方法(ファイキンーレン)は切削壽命を延ばすものと云はれてはいたが、その目的も今回の実験と同じく、炭化物を球状化することにより焼をよく入れることにあるものと考えられる。即ちファイキンーレン法では W-Cr の複炭化物であり、滲炭鋼の場合には Cr の炭化物であるが、共に 850°C 附近の操作が球状化に最適である點が共通しているのは、注目すべき點である。



第11圖 Cr 鋼 (H51036)

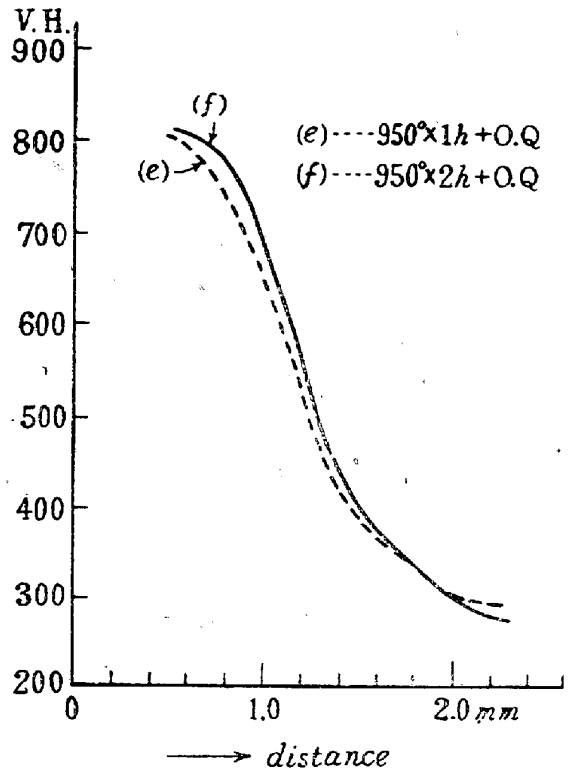
865°×8h 固態滲炭空冷。これを圖中記入の熱處理を行い 810°油冷す

VII. 綜 括

(1) 肌焼 Cr と肌焼 Ni-Cr を滲炭し且つ油焼入してその断面硬度分布をみた所 Ni-Cr の方が滲炭層薄く、芯部の硬度が高かつた。この傾向は固態 GT 滲炭剤及びデュルフェリット C 5 浴の兩者の滲炭結果に共通するものである。

(2) 即ち Cr 鋼は Ni-Cr 鋼に比して滲炭焼入層より芯部へかけての硬度變化が急激である。

(3) 肌焼 Cr 鋼滲炭層には表層に球状炭化物があり、



第12圖 同 上

その下に網状炭化物がよく發達している。肌焼 Ni-Cr 鋼では表面から共析組織になつている。

(4) 炭素鋼でしらべてみると、セメントの球状化したもの程且それが微細な程焼入硬度が高い。

(5) Cr 鋼の網状炭化物を球状化するには、850, 920, 950, 1000°C と實驗した結果では 850° が最も良好であつた。

(6) Cr 鋼の過剰滲炭を防止する目的で、使用済の滲炭剤を使用することは効果がなく、最高硬度は反つて増加する傾向を示した。

ついに臨み本研究の遂行に御助力を給はつた山本正一氏、東洋鋼化會社、又實驗を擔當された播磨英雄、山木正義の兩君に深く感謝する次第である。

(昭和 25 年 3 月寄稿)

文 献

- 1) 上田, 高尾: 鐵と鋼, 28 (1942) 834
- 2) 上田: 鐵と鋼, 28 (1942) 978
- 3) 石澤命知: 鋼と滲炭と窒化 (1934)
- 4) 石澤命知: 三菱研究報告 No.298
- 5) 本多, 齋薄: 東北理科報告 9 (1920) 311
- 6) 渡瀬常吉: 金屬の表面硬化 (岩波) (昭 17)
- 7) Houdremont u. Schrader: Arch. f. Eisenh. 8 (1935) 445
- 8) 村上武次郎, 今井勇之進: 金屬學會誌 8(1944)308