

# 鐵 と 鋼 第二十四年 第四號

昭和十三年四月二十五日發行

## 論 說

### 鼠銑鑄物の熱處理に依る機械的性質と顯微鏡組織の變化

(日本鐵鋼協會第 16 回講演大會講演 昭和 11 年 10 月)

横 山 武 人<sup>1)</sup>  
岸 本 浩<sup>2)</sup>

#### THE CHANGE IN MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF GREY CAST IRON DUE TO HEAT TREATMENT.

Taketo Yokoyama and Hiroshi Kishimoto.

**SYNOPSIS** :—By quenching and tempering specimens of normal grey cast iron, the change in mechanical properties and microstructure was examined. The specimens quenched at 800°C and tempered at 250°C showed the highest tensile strength. The highest hardness was obtained by quenching them at 800~850°C. The change in microstructure was the same as the case of steel, except the change in graphite figure. The specimens which were quenched at 800~850°C and tempered at 150~200°C showed the highest resistance to 10% HCl.

#### I 緒 言

鑄鐵を熱處理して其の性質の向上を計ることは、近年益々盛となって來た。著者等はこの問題に關する組織的研究の第一段階として、鼠銑鑄物の熱處理に依る機械的性質並に顯微鏡組織の變化を研究したのである。

#### II 試料の調製

本研究に用ひた試料は熔銑の組成、熔融條件、鑄造條件等を出来る丈一定にするために5匁キヌボラにて熔融せる熔銑を初め 1,000 kg 取鍋に採り更に 100 kg 取鍋に移して之を生砂型に鑄込んで全部の試料を造た。抗張試験片としては徑 32 mm 長さ 300 mm の丸棒を鑄造し之より徑 20 mm 平行部 25 mm の試料を 2 本宛削出した。

顯微鏡試験、硬度試験に用ひた試料も之に準じて作た。

#### III 試料の熱處理前の組成

試料の組成は次の如くであつた。

T.C.	G.C.	C.C.	Si.	Mn.	P.
3.16	2.30	0.86	1.12	0.43	0.63

上記の如く供試材料の組成は普通の鼠銑鐵であつて 0.86% の化合炭素を含み、組織の大部分はパーライト組織であり外に多少の燐化鐵と黒鉛を含み、抗張力略 22 kg/mm<sup>2</sup> ブリネル硬度 240 前後であつた。

#### IV 熱 處 理

**A 焼 入** 前記の試料を 750°C 以上 50°C おきに 1,050°C 迄の各溫度に 20 分保持したる後 20°C の油又は水中にて急冷したものと 200°C 及 250°C の鹽類にて急冷したるものと 4 種の焼入を行た。急冷用の鹽類としては 60% NaNO<sub>2</sub> + 40% KNO<sub>3</sub> を用ひた。此種の鹽類中で冷却する時は變態點附近は比較的急激に冷却せられる故 200~250°C の溫度に達したる後之を取り出して徐々に冷却する時はパーライト組織はマルテンサイト組織に變化する。之は複雑せる形狀の鑄物の焼入に適するものと思せらるゝが故に行たのである。試料は各試験毎に 4 個宛用意し加熱中の脱炭を防ぐため還元性雰囲気中にて 20 分間各溫度に保持し後焼入した。焼入溫度まで上昇せしめるには 15 分~20 分を要した。

**B 焼 戻** 焼戻は 150, 200, 250°C 及 300°C の各溫度で 20 分間宛行た。焼戻には鹽類浴を用ひ試料各部の

1) 神戸高等工業學校  
2) 大阪帝大工學部

温度の均一になる様にした。

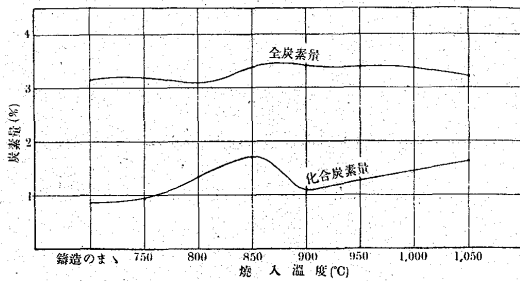
### V 熱処理後の炭素含有量

前記の各焼入温度より 20°C の油中に焼入せる後化合炭素と遊離炭素との割合を調べた。

焼入温度	T.C.	G.C.	C.C.
750°C	3.209 %	2.263 %	0.945 %
800	3.127	1.779	1.348
850	3.418	1.691	1.727
900	3.418	2.329	1.089
950	3.409	2.133	1.276
1,000	3.382	1.931	1.451
1,050	3.236	1.587	1.649

是を圖示すれば第 1 圖の如くで一般に化合炭素量は焼入温度

第 1 圖 焼入温度と化合炭素量



度の高い程増加するも 800°C 及 850°C の所で一時的に急激に増加を示

す。これは硬度試験並に顕微鏡検査にも明瞭に現はれて居る。

### VI 硬度の變化

硬度測定には荷重 30 kg のフェース硬度計のダイヤモンド・インデントーを用ひ、試料 4 個を一組とし各個毎に 3ヶ所の硬度を測定した。

#### A) 焼入による硬度の變化

- 1) 水焼入：一焼割を生じたものもあるが、850°C より焼入せるものが最高の硬度を示す。
- 2) 油焼入：—850°C 以上の焼入は大差を示さない。
- 3) 200°C の鹽類：—800°C 以上の焼入では大差ないが高温になる程硬度變化の範囲が廣くなる。
- 4) 250°C の鹽類：—200°C 鹽類に焼入せるものと略同様である。冷却液として鹽類を使用し 750°C より焼入せるものは何れも鑄造のままのものより却て硬度が低くなる。

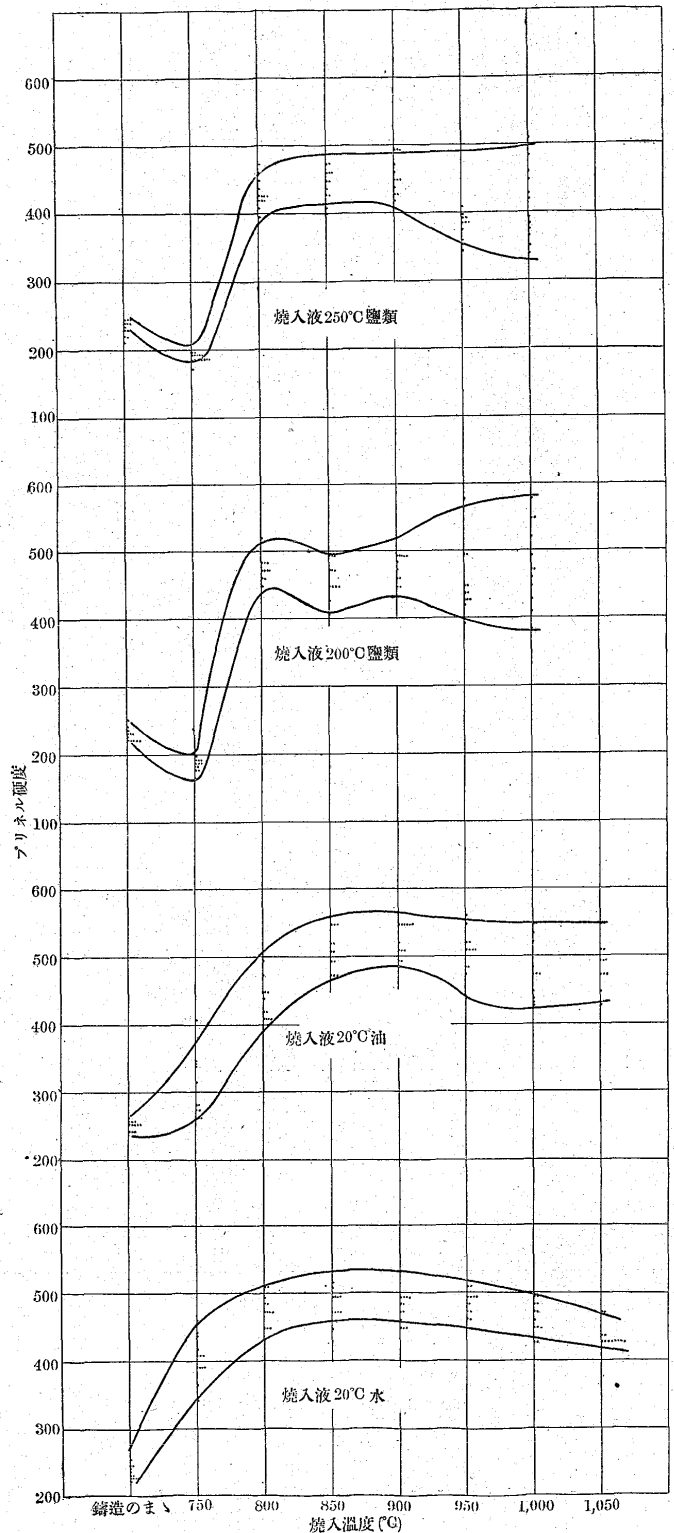
是等を圖示すれば第 2 圖の如くである。

#### B) 焼戻による硬度の變化

焼戻を行へば幾分硬度は低下するが温度 250°C 附近迄は大なる降下を示さない。300°C で一度硬度は上昇し 350°C 附近から稍急激に降

下するが何れの場合でも同一試料中の硬度變化の範圍は焼戻温度が上昇する程狭少になる。此の事は焼入したものが焼戻によつて漸次硬度が均一になることを示して居る。尚焼入の際の冷却液により次の如き事實が認められる。

第 2 圖 焼入温度と硬度

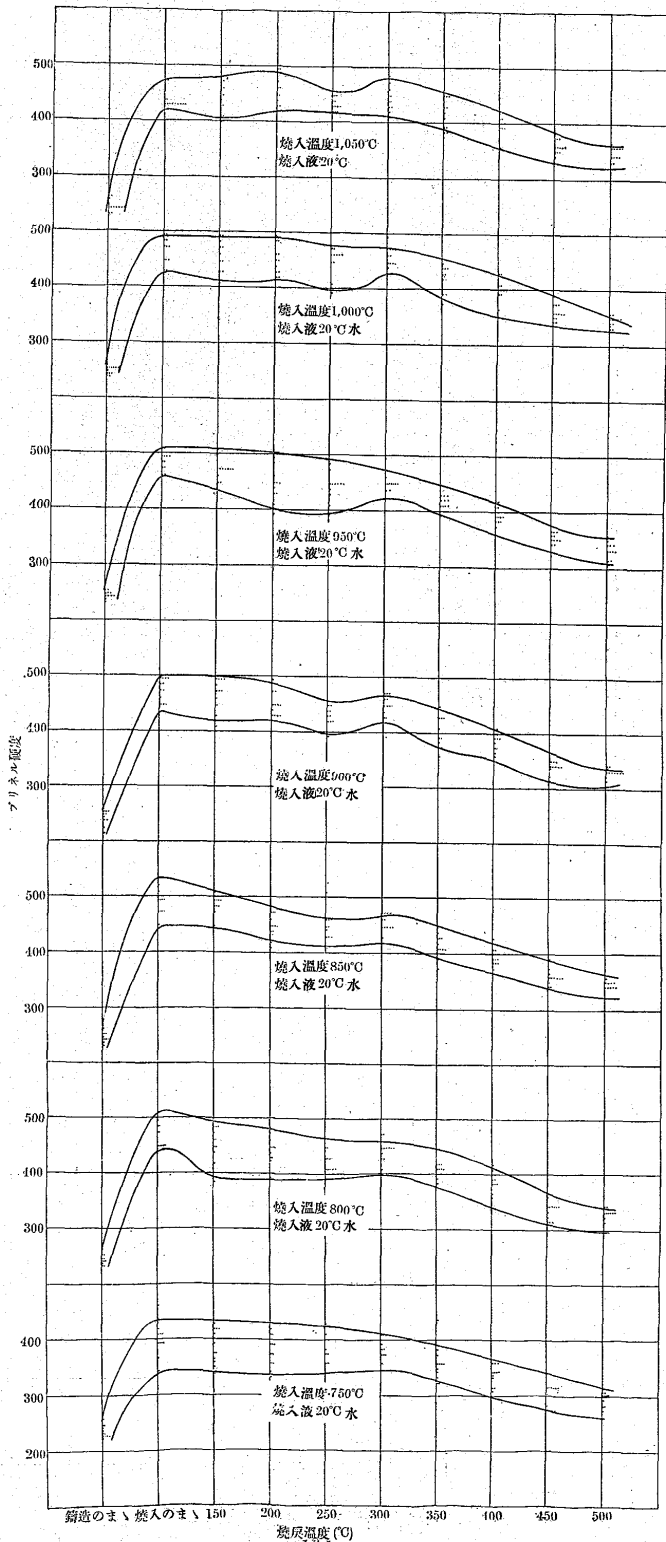


- 1) 水焼入 一焼入温度の如何に拘らず一般に焼戻温度 350°C 以上になると稍急激に硬度が低下する。

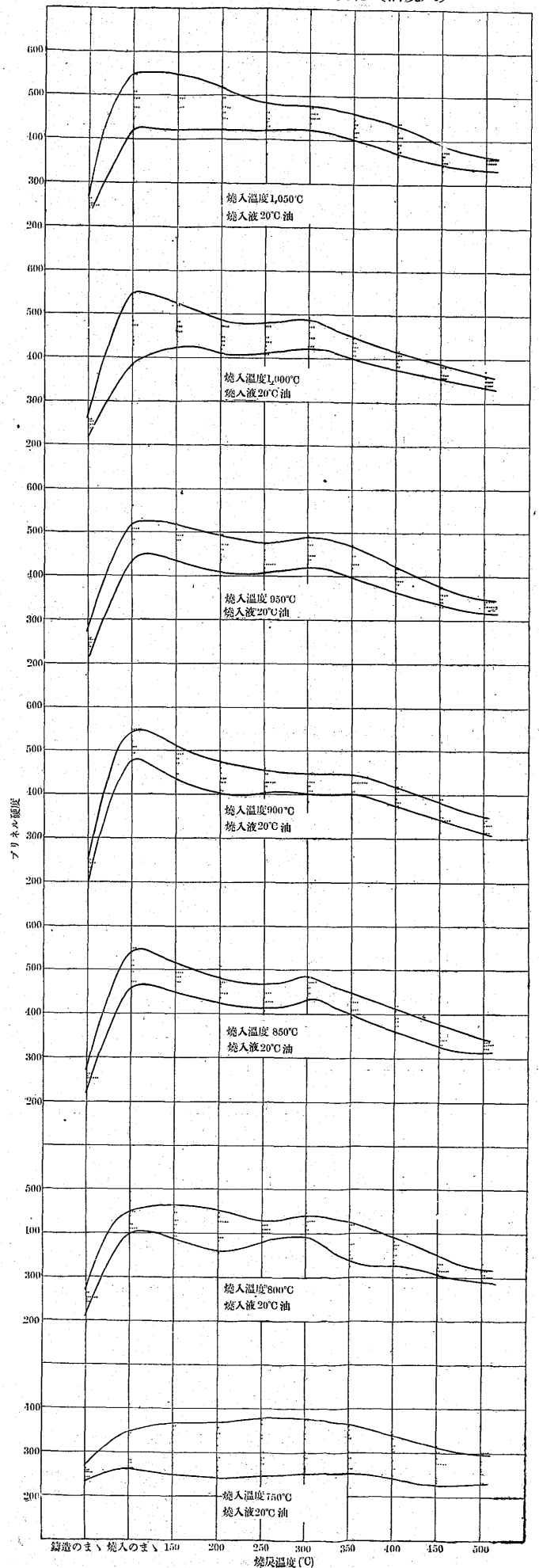
2) 油焼入 :— 一般に水焼入の場合と略同様なるも 750°C より焼入せるものは焼戻温度の低い範圍では却て硬度が多少上昇する。

3) 200°C鹽類に焼入 :— 以上二つの場合と略同様であるが、たゞ例外とするところは 750°C より焼入せるものが鑄造のまゝより軟くなり焼戻に依り殆んど硬度の變化がない事である。

第 3 圖 焼入に依る硬度の變化 (水焼入)



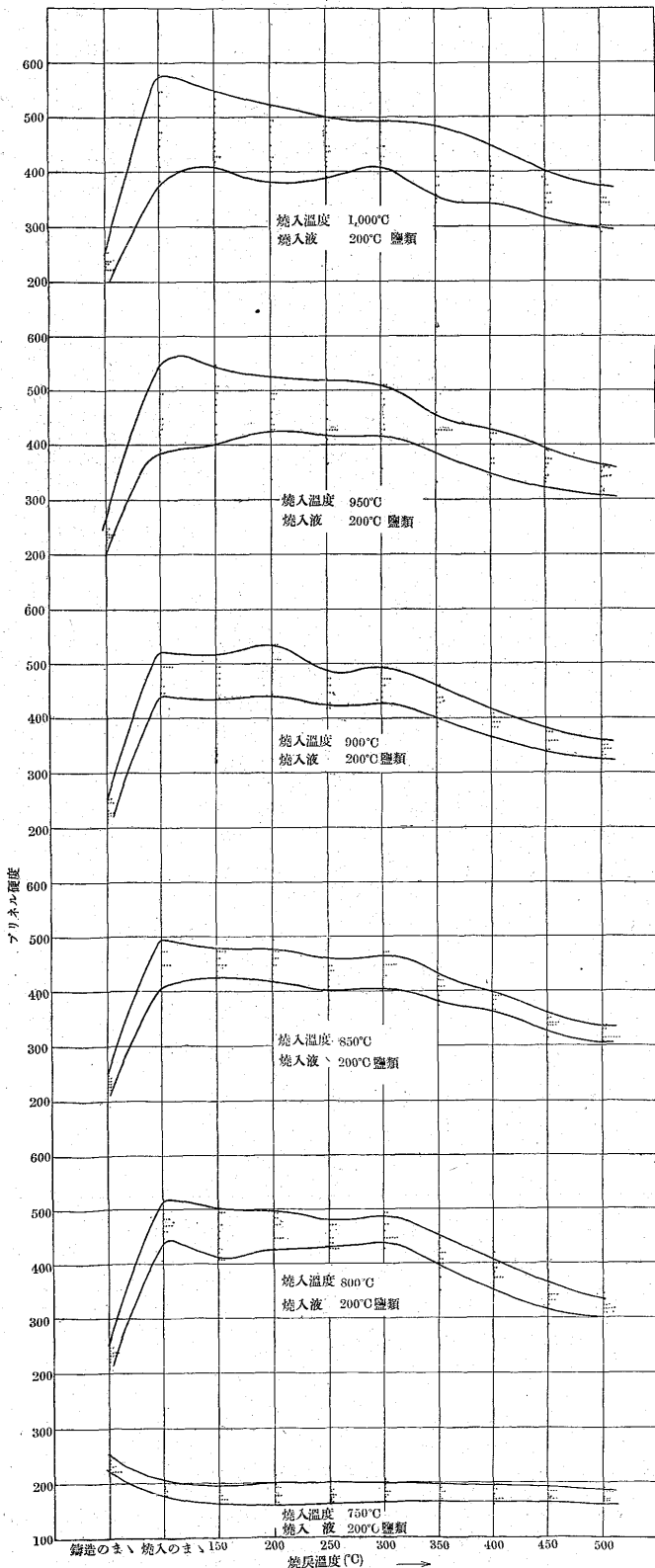
第 4 圖 焼戻に依る硬度の變化 (油焼入)



4) 250°C 鹽類に焼入 : 一略 200°C 鹽類に焼入せるものと同様である。

之等を圖示すれば第3圖~第6圖の如くである。300°C には焼入液の如何に係らず一旦硬度の上昇を認められるのは鋼の靑脆性と同様の理由に基くものと思はれ注目すべ

第5圖 焼戻に依る硬度の變化 (200°C 鹽類焼入)



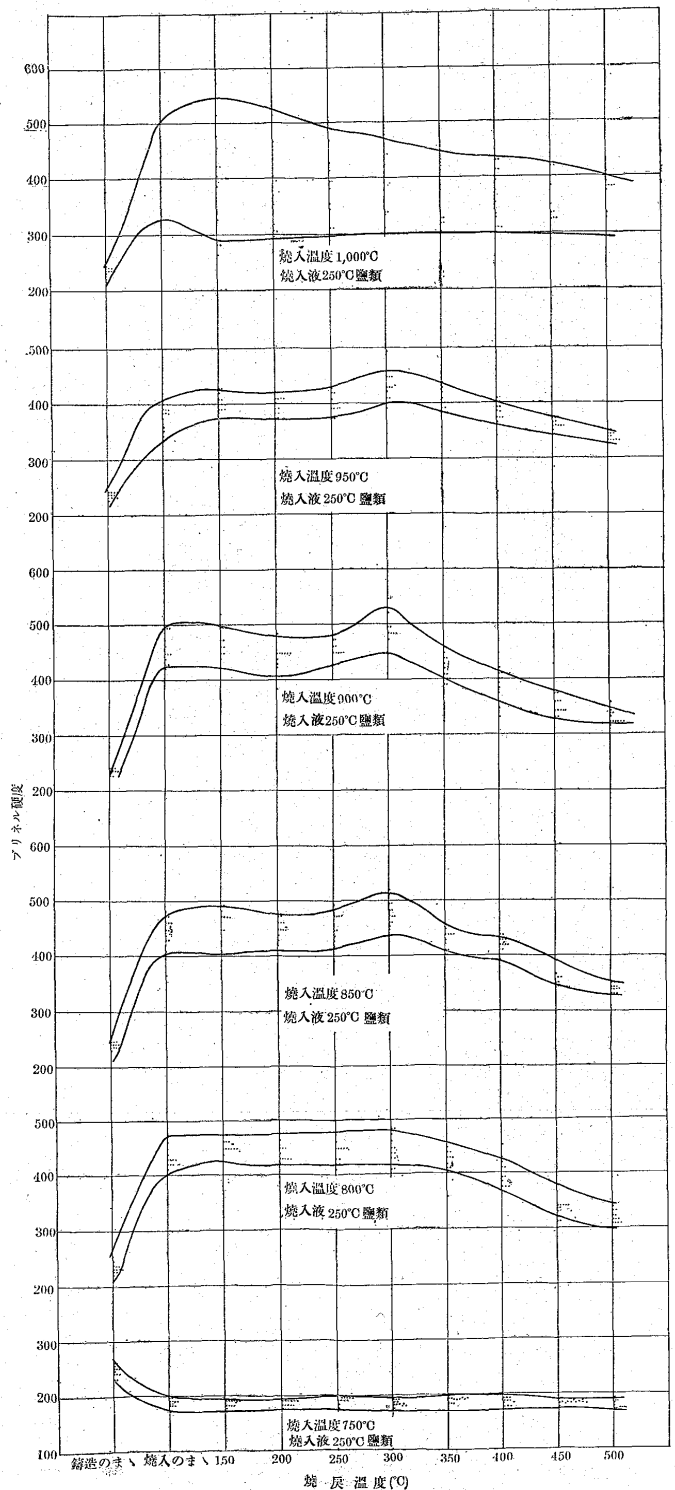
き事柄である。

### VII 抗張力の變化

抗張試験に使用した試料は 20°C の油中焼入後平行部分全長に涉りグラインダー仕上げした。焼入せる試料の抗張試験は次の如くである。

焼入の儘のものに就て云へば焼入温度 750~800°C の

第6圖 焼戻に依る硬度の變化 (250°C 鹽類焼入)



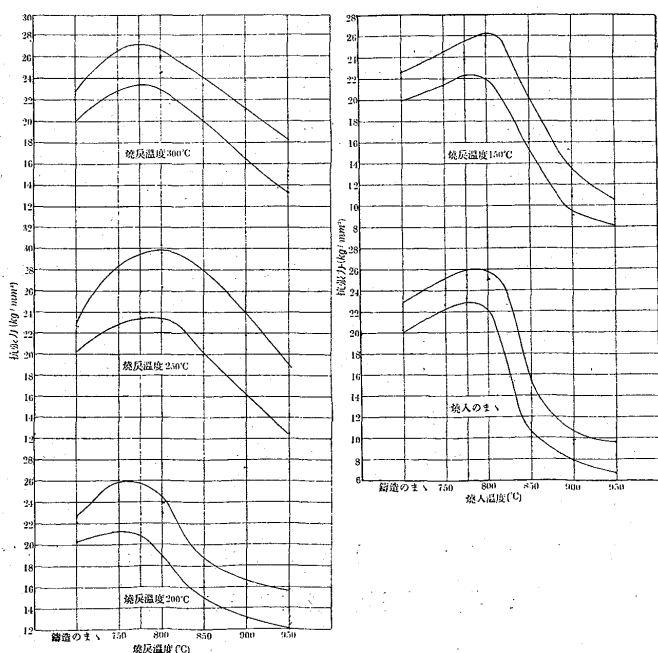
ものは鑄造の儘のものより抗張力は強くなり 800°C にて最高を示す。焼入溫度が 850, 900, 950°C のものは却て弱くなる。

焼入後焼戻したのも大體同じ傾向であるが焼戻に依り強さを次第に恢復し略 300°C にて鑄造の儘のものと同等の強さになる。且つ此の傾向は焼入溫度の高いもの程顯著である。尙 750~800°C にて焼入したものは鑄造の儘のものより強いが焼戻によりて更に強くなり 250°C にて略最大値を示すが 300°C にて再び鑄造の儘のものと同等の強さに戻る。之等を圖示すれば第7圖の如くなる。第1表は抗張力試験の結果である。

第1表 抗張力試験結果 (kg/mm<sup>2</sup>)

		鑄造の儘					
		22.8	22.6	22.1	20.3		
焼入	焼入	750°C	775°C	800°C	850°C	900°C	950°C
	焼戻	150°C	24.25	22.70	25.20	8.35	7.94
200°C		22.70	23.30	25.00	11.40	9.81	9.61
焼戻	250°C	25.25	24.30	25.10	14.20	9.43	8.43
	300°C	23.65	25.50	26.00	15.50	9.83	8.37
焼入	150°C	24.30	22.30	26.20	15.90	9.17	8.73
	200°C	21.90	23.80	26.00	16.30	9.15	8.20
焼戻	250°C	22.10	23.50	25.30	16.80	10.90	10.20
	300°C	21.30	24.40	24.70	—	12.90	10.95
焼入	150°C	24.15	21.80	22.90	13.00	15.80	12.40
	200°C	25.82	18.80	23.90	16.10	16.20	13.10
焼戻	250°C	25.90	21.15	23.00	18.10	15.00	12.51
	300°C	26.03	22.80	23.90	16.50	13.00	15.70
焼入	150°C	25.43	23.47	23.10	17.30	20.50	14.08
	200°C	27.77	24.08	26.30	20.60	21.85	12.56
焼戻	250°C	31.12	26.00	30.30	6.20	25.60	15.25
	300°C	30.05	—	29.60	20.00	24.13	14.32
焼入	150°C	26.80	26.87	26.07	21.37	23.96	16.10
	200°C	19.33	21.22	24.60	23.40	21.90	15.32
焼戻	250°C	13.97	28.10	24.70	20.50	22.11	14.94
	300°C	22.70	25.47	26.20	21.90	21.15	13.25

第7圖 熱處理に依る抗張力の變化



### VIII 耐蝕性の變化

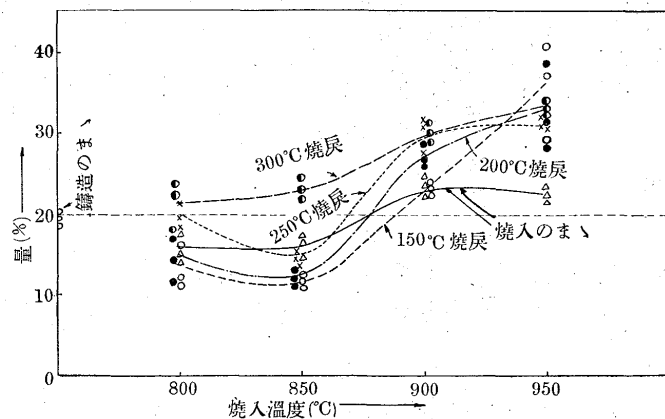
前述の試料を 800, 850, 900, 950°C に 15 分保ちたる後油中に焼入し、焼戻は 150, 200, 250, 300°C の各溫度に 20 分保持したる後徐冷して之をエメリーペーパー 0000迄全面とも同程度に仕上げ、一面の中央に徑 2mm 深さ 2mm の孔を穿ちたる後秤量し、これに竹の棒を挿し込み溫度 20°C の 10% 鹽酸に浸し、侵されたる部分を削り去り再び秤量し減量を求めた。之を圖示せば第8圖の如くである。

第2表 熱處理と腐蝕量%

焼入溫度	鑄造の儘	焼入の儘	150°C	200°C	250°C	300°C
800°C	18.57	15.17	12.20	11.33	17.90	17.80
	19.82	14.20	11.28	14.18	21.81	23.85
	20.66	17.50	15.61	17.28	19.75	22.94
850°C	—	17.12	11.75	11.61	13.24	22.01
	—	17.20	11.72	11.59	15.79	24.70
	—	14.25	11.32	12.09	13.21	22.43
900°C	—	23.18	22.48	25.22	30.72	31.83
	—	22.62	23.64	25.18	31.90	28.90
	—	24.47	22.71	28.70	26.43	29.51
950°C	—	22.19	40.88	31.05	32.41	33.76
	—	22.26	28.61	27.98	30.59	32.98
	—	22.28	37.20	38.91	30.79	32.03

之に依れば 800~850°C より油焼入せるものは 150~250°C の範圍に焼戻しても鑄造のまゝのものより耐蝕

第8圖 處理と耐蝕性の變化



性は大きであり、900~950°C に油焼入せるものは焼入の儘でも焼戻せるものでも鑄造の儘のものより腐蝕に對して弱い。300°C にて焼戻せるものは何れの溫度より焼入せるものも總て鑄造の儘のものよりも耐蝕性が劣て居る。

### IX 顯微鏡組織の變化

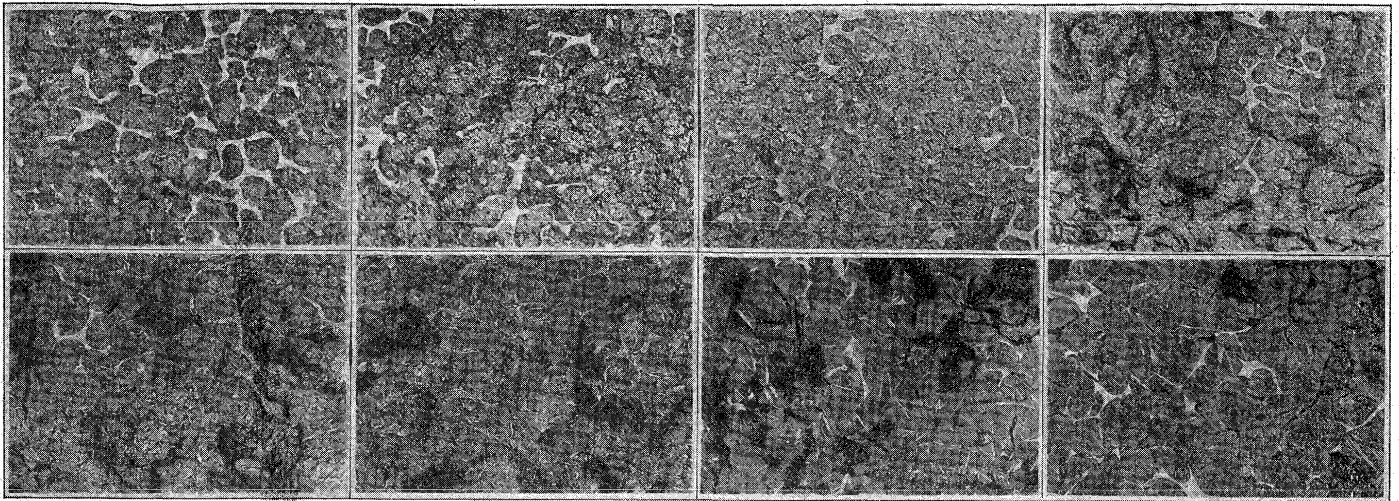
供試材料の顯微鏡組織は寫真第1に示す如く、略一樣なる片狀黒鉛、パーライト、燐化鐵及び少量の硫化マンガンよりなり、普通鑄鐵と格別の差異は認められない。水中冷却のものは焼入溫度 750°C では層狀のパーライトは認め

寫眞 (1) 鑄造のまま

寫眞 (2) 750°C より焼入

寫眞 (3) 800°C より焼入

寫眞 (4) 850°C より焼入



寫眞 (5) 900°C より焼入

寫眞 (6) 950°C より焼入

寫眞 (7) 1,000°C より焼入

寫眞 (8) 1,050°C より焼入

られないが、針状のマルテンサイトが僅に認められる。黒鉛は場所に依り塊状を呈する所があり、磷と鐵の共晶は鑄鐵の儘のものより明瞭に現はれて来る。

焼入温度の上昇と共に黒鉛の形状は次第に塊状を呈し(それについては X の項にて述べる)針状のマルテンサイトも次第に明瞭に現はれ、且つ粗大となる、又焼入温度 950°C 迄は磷化鐵と鐵との共晶は明瞭であるが 1,000°C に至り消失し白色部分に微に薄黒い縞が現はれる、之は此の温度で共晶が熔解するものと思はれる、油焼入のものについても同様である。200 及 250°C の鹽類中に 750°C より焼入せるものにありては黒鉛の形状にはあまり變化はないが、パーライトはトルースタイト組織となり、又 800°C より焼入せるものにありては極めて微細な針状マルテンサイトを生ずるが温度の上昇と共に粗大な針状マルテンサイトを生じ、磷化鐵の變化する状態は油焼入の場合と同様である。

焼入せる試料を焼戻すれば、黒鉛の形状には何等變化は無いが焼戻によりマルテンサイト組織は鋼の場合と同様の組織の變化を認められる。寫眞第 2 第 8 は鑄鐵の焼入組織の代表的ものを示す。

## X 加熱中の雰囲気黒鉛の形状に及ぼす影響

真空中、石炭ガス中、空気中の三雰囲気中にて 750, 800, 850, 900, 950, 1,000 及 1,050°C の各温度に加熱し油中に焼入したる後表面を 1mm 宛削取て後顯微鏡組織を調べた。其結果に依れば次の如くである。

1) 真空中にて加熱せるものにありては温度は 900°C

より急激に黒鉛塊大となり 950°C にて最大を示す。

2) 石炭ガス中にて加熱せらるものは 850°C より稍急激に成長し略 950°C にて最大となる。

3) 空気中にて加熱せるものは 850°C より急激に成長を起し 1,000°C にて最大となる。

要するに同一温度について云へば黒鉛の成長は 850~900°C より始め 950~1,000°C にて最大となる、又雰囲気の影響を考へれば空気中にて加熱せるものは最大となり石炭ガス中にて加熱せるものは次に次ぎ真空中にて加熱せるものは最小である。尙成長を起す温度は真空中にては高く且つ成長の温度範囲も小であるが、石炭ガス中特に空気中にて加熱せられたものは相當高温迄黒鉛の成長が認められる。

## XI 結 論

以上の熱処理の結果を總括すれば

1) 抗張力は、鑄造のままより 800°C 焼入 250°C 焼戻せるものが強く。

2) 硬度は、800~850°C にて焼入したるものが最も硬度は高い。

3) 耐蝕性は 800~850°C にて焼入し 150~200°C にて焼戻したものが最も強い。

4) 黒鉛は、空気中にて 950~1,000°C にて最大の成長を起す。

終りに臨み本實驗に際し御指導を賜た、金属材料研究所、岩瀬慶三教授に深甚なる謝意を表す。(終)