

なわち

A) 700°C, 730°C, 760°C の温度で 0.75, 1.5, 3, 6, 12h 保持した後, 650°C までを 1°C/mn で冷却しその後を炉冷する。

B) 720°C ± 30°C の温度に 0.75h ずつ 1 回, 2 回, 3 回の加熱冷却を繰返した後, 650°C までを 1°C/mn で冷却しその後を炉冷する。

以上のようないろいろの条件で焼なまし処理を行なった試料線材について組織, H<sub>R</sub>B 硬さをしらべ, また 6 mm φ に旋削仕上げを行なった後引張試験 (試験片 L=8D) および圧縮試験 (35 t アムスラー万能試験機, 試験片 H=2.4D, 圧縮率 80~85% で割れ疵発生の有無をしらべる) を行なった。

### III. 実験結果および考察

前記 A) の焼なまし処理を行なった試料線材の機械的性質 (引張強さ  $\sigma_B$ , 絞り  $\phi$  および伸び  $\epsilon$ ) および圧縮試験の結果を Fig. 1 に示す。図中 Crack と書いて実線で囲んだ試料は圧縮試験の結果圧縮の方向に対して 45° の角度に走る明瞭な割れ疵が発生したことを示す。また図中 (a), (b), (c)……(l) と記して試料の組織を Photo. 1 に示す。

いま前処理 I の油冷した試料について焼なましの温度と時間との効果を説明すると, 700°C で 0.75h 加熱したものは Photo. 1(a) のように微細な球状セメンタイトの組織になっているが, 油冷による効果が残っていて Fig. 1 に示すように引張強さはかなり高い。焼なまし時間が長くなるとともにこの油冷のときの効果が消失して引張強さ (および硬さ) が下がってくる。しかし (a) の状態ではほぼ一様に分布した炭化物の球状化がさらに進行するため絞り伸びは次第に大となる。(b) の状態に至って球状化が一応完成する。温度を 730°C に上げて焼なましを行なうと時間とともに軟化はいよいよ進行するが, 今度は (c) のようにセメンタイト粒の凝集が行なわれている。伸びの値には大きな変化はないが絞りの値がこれに対応して低下しているのは上述のセメンタイト粒の凝集によるものと思われる。さらに温度を 760°C に上げて焼なましを行なうと, 軟化による引張強さの低下, 絞りの低下は依然つづけられるが 12h 程度の焼なましを行なったものでは長時間の保持によつてフェライトが分離しパーライトを生成するに至る。この状態が (d) であつて, 引張強さがやや上昇している。

つぎに前処理 II, III により空冷または炉冷した試料についてみるに, 油冷試料に比べて引張強さ, 絞りはともに低い。700°C の長時間加熱によつてパーライト部分のセメンタイトの球状化が (e), (i)→(f), (j) と進むにつれて軟化による引張強さの低下と絞りの上昇はやはり起る。これは 730°C の加熱においても同様に続行され, (g), (k) のような組織になる。しかし 760°C における焼なましでは短時間の保持においてすでにセメンタイト粒の凝集が行なわれ, これがパーライトの生成へと移行するにつれて引張強さの上昇と絞り値の低下が進み, 12h の保持によりついに (h), (l) のようなパーライトが生成される。以上のように組織と対応して引張強さと絞りの値が明らかな変化を示しているが, 伸びの値は油冷, 700°C 焼なましの場合以外はほとんど目立つた変

化は示さない。

つぎに, 圧縮試験による割れ疵の発生は Fig. 1 に見られるように, 明らかにフェライト+パーライトに分離し, かつその炭化物の球状化が十分でない組織をもつ試料において起り, いづれにしても引張強さにかかわらず絞りの値の低いものが割れている。しかし, 絞りの値だけが割れ疵の発生限界を定めるとはいい難く, 油冷材は 61%, 空冷材は 62%, 炉冷材は 64% となつており, 炉冷材が割れやすい。

最後に B) の焼なまし処理のものについては 720°C ± 30°C の加熱冷却を 1 回, 2 回, 3 回と繰返すにしたがつて, 油冷, 空冷, 炉冷材とも引張強さ, 硬さはセメンタイト粒の球状化と凝集によつて低下し, 絞り伸びは上昇するがその変化は小さく, いづれにしても引張強さ 50~54 kg/mm<sup>2</sup>, 絞り 66~69%, 伸び 26~30% 程度で, 圧縮試験における割れ疵は全試料にわたつて発生しない。

### IV. 結 言

以上の実験結果から冷間圧縮用炭素鋼線機の球状化焼なましにさいしては, 前処理および焼なましの温度および時間が相関連して影響し, 高温に長時間保持するとかえつて有害であり適正な範囲があること, 冷間圧縮加工における割れ疵の発生は伸びよりも絞りの値とよく対応すること, 油冷の前処理を行なうことによつて比較的低温短時間の焼なましにもかかわらず冷間圧縮に対して割れ疵の発生に極めて安全な, しかも高強度のボルト材料をうる事が可能であることなどが明らかになつた。

### 文 献

- 1) 横山, 山本(晃): 日本機械学会誌 (創立 60 周年記念特集号, 技術論文) 60 (1957), No. 465, 1080~1085.
- 2) 横山, 山本(晃), 杉田: 鉄と鋼, 47 (1961), No. 3, 432~435.

621.785.6/9:669.131.7  
No. 62/24

### (124) ダクタイル鑄鉄の熱処理

神戸鑄鉄所 1.553~556

堀田正之・○藤井保明・菅田 宏

### Heat Treatment of Ductile Iron.

Masayuki Hotta, Yasuaki Hujii and Hiroshi Honda.

### I. 結 言

鋼においては長年の経験と数多くの研究から系統立つて熱処理が実用化されている。しかるに鑄鉄においては, その材質本来の性質のため一部に限られ余り利用されて来なかつた。しかし数年来, 鑄鉄の材質の改良と共に熱処理の応用範囲が拡まり, 特に DCI においてはその効果の大きいことが多数報告されている。

当社においても, インゴットケース, ロールを初め機械部品を DCI 材質で数多く製造して来たが, さらにこれに熱処理を加えることにより, 機械部品, ロールの耐磨性強靱性を向上することが研究的に確認されている。

今回はダクタイルの強靱性の向上を目的として, 化学

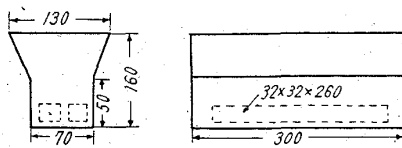


Fig. 1. Shape and size of the Y Block.

成分と熱処理により、どのような効果があるかの実験を行なったので報告する。

## II. 各種熱処理法と強度の関係

### 1. 実験方法

本実験においては反射炉溶解により溶製された、A, B 2種の溶湯をS製 N-N 合金 (Mg 20%, Si 38%, Ni 30%, res Fe) を metallic Mg とし 0.33% 添加し、Fig. 1 に示す Y ブロックに数個鑄込んだ。この Y ブロックから 32×32×260 l の角材を採取し温度分布が、900±3°C, 800±5°C, 700±5°C の環状炉を使用して、試料 2 本宛装入各種の熱処理を行なった。供試材の化学成分を Table 1 に、熱処理条件を Table 2 に示す。

機械試験は熱処理後角材を JIS Z 2201-4 号に加工し、引張り試験を行ない伸びは X-Y 記録計により測定、衝撃試験は引張試験片より JIS Z 2202-3 号試験片に加工し、容量 5 kg-m シャルピー試験にて測定した。また引張試験片の残部から組織硬度を測定した。

Table 1. Chemical analysis of the specimens. (%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mg
A	3.20	2.10	0.51	0.090	0.003	1.50	0.05	0.142
B	3.03	1.58	0.48	0.050	0.006	1.60	0.20	0.173

## 2. 結果

熱処理条件および機械的性質の関係を Table 2 に示す。この結果から軟質系 A 材質の方が B 材質より熱処理より熱処理効果が大であり、軟化焼鈍によつて pearlite が分解、焼入-焼戻温度を他の文献例と併せて考え 2~3 限定して成分影響を調べることにした。

## III. 焼入-焼戻処理後の強度におよぼす化学成分の影響

### 1. 実験方法

試料は釜石ダクタイル鉄 (C 4.15%, Si 1.46%, Mn 0.16, P 0.082%, S 0.024%) をクリプトル炉で 25 kg 溶解し電解鉄、および合金鉄等で成分調整を行ない、I で使用した N-N 合金を 1400°C で metallic Mg とし 0.25% 強制添加し 1330°C で I-(1) と同一の Y ブロックに鑄込んだ。試料の目標成分を Table 3 に示す。熱処理条件は II-(2) および各試料の熱膨張試験よ

Table 2. Kinds of heat treatment and results of testing.

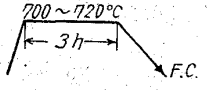
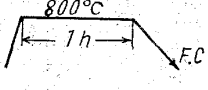
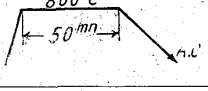
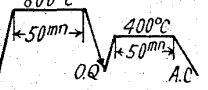
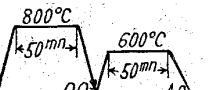
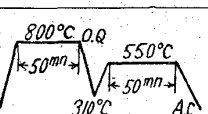
Heattreatment	A group				B group			
	Tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Elongation %	Hardness HB (H <sub>S</sub> )	Impact value (u-notch) kg-m/cm <sup>2</sup>	Tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Elongation %	Hardness HB (H <sub>S</sub> )	Impact value (u-notch) kg-m/cm <sup>2</sup>
As cast	56.8 54.4	0.8 0.6	288 (49)	0.22 0.21	56.2 56.6	0.4 0.3	295 (46)	0.19 0.20
	48.8 49.6	0.9 0.8	237 (41)	0.16 0.16	51.8 52.0	0.5 0.7	257 (41)	0.19 0.24
	57.8 57.8	1.4 1.4	255 (45)	0.22 0.21	53.7 53.1	0.6 0.4	280 (43)	0.18 0.15
	65.9 70.1	1.1 1.7	275 (47)	0.23 0.22	60.4 61.2	0.8 0.2	300 (46)	0.30 0.23
	73.4 75.0	0.5 0.6	436 (74)	0.21 0.21	— —	— —	— —	— —
	86.0 88.3	0.8 0.8	307 (54)	0.21 0.21	76.0 74.4	0.3 0.2	347 (55)	0.21 0.24
	64.9 64.2	1.0 1.0	299 (51)	0.28 0.28	64.0 64.9	0.2 0.3	316 (49)	0.24 0.23

Table 3. Chemical composition and  $A_{c1}$ ,  $A_{r1}$  of the specimens. (%)

No.	C	Si	Mn	$A_{c1}$	$A_{r1}$	No.	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	$A_{c1}$	$A_{r1}$
1	3.8	2.0	0.5	800	750	12	3.3	2.0	0.5	—	—	0.5	790	730
2	3.4	2.0	0.5	785	725	33	3.3	2.0	0.5	2.3	—	—	770	700
3	3.0	2.0	0.5	780	730	15	3.3	2.0	0.5	1.3	—	0.5	—	—
4	3.4	2.5	0.5	800	750	16	3.3	2.0	0.5	2.3	—	0.5	—	—
5	3.4	2.0	0.5	785	720	13	3.3	2.0	0.5	1.3	0.3	—	780	720
6	3.4	1.5	0.5	790	725	14	3.3	2.0	0.5	2.3	0.3	—	—	—
7	3.4	1.2	0.5	—	—	17	3.3	2.0	0.5	1.3	0.3	0.5	—	—
8	3.4	2.0	0.5	800	740	18	3.3	2.0	0.5	2.3	0.3	0.5	760	700
9	3.4	2.0	1.0	800	740									
10	3.4	2.0	1.5	790	720									

り求めた  $A_{c1}$  (Table 3) を参照して 810°~830°C に加熱し 50 分保持後油焼入れを行い、600°C および 420°C で 50 分保持の焼戻しを行ない空冷して II-(1) に示したと同様の機械試験および組織を調べた。猶各試料は熱処理を行なう前に素材を 920°C 5 時間加熱を行ない、铸造時の組織の差異を調整した。

2. 結 果

実験結果を Fig. 2 に組織の代表例を Photo. 1 に示す。

3.0~3.8%C の範囲においては、C の影響は少く、各 C 値共抗張力硬度については 420°C 焼戻の場合が良好な値を示し、伸び、衝撃値については 600°C 焼戻しが良好である。

1.0~2.5%Si の範囲においては Si の増加と共に抗張力伸びが増加し硬度は減少する。特に 2%Si が一般に良好である抗張力については 420°C 焼戻しが良好で特に硬度の増加に比し大きい。伸び、衝撃値については 600°C 焼戻しが良好である。

0.5~1.5%Mn の範囲においては 1.0% を越えると熱処理試料は抗張力、硬度が増加し、伸び、衝撃値は減少する。

Ni, Cr, Mo 等の合金元素を添加した場合 as cast で 68~70 kg/mm<sup>2</sup> の抗張力を有し熱処理を行うことに依つて、機械的性質は向上している。

以上、全般的にみると 420°C 焼戻しは硬度抗張力を改善し、一方伸びを減少するのに対し、600°C 焼戻しの場合は硬度上昇がほとんどないにも拘らず伸び、衝撃値を改善し特に合金元素 Cr, Mo が入ると抗張力の増加が著しく、目的によつて焼戻し温度を決定すると優れた材質が得られることが判る。

IV. 結 言

ダクタイル鑄鉄の強度を改善するには、

1. 熱処理 (焼入-焼戻焼準) により組織を緻密にして、強度を上げる、この場合 1 次セメントタイトがあるとその効果は落ちるようである。

2. さらに合金元素を加えて、鑄放し素材の強度を増加させその後の焼入-焼戻によりさらに改良される。合

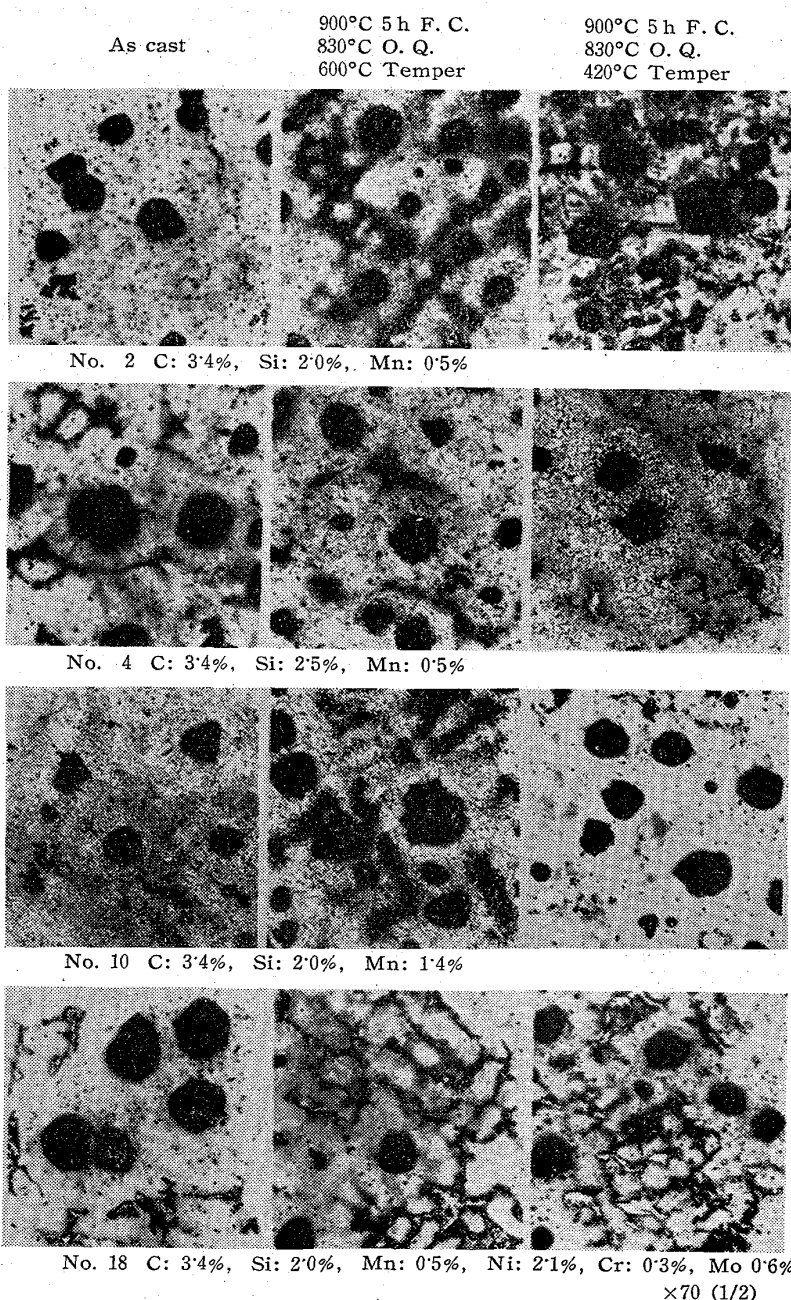


Photo. 1. Microstructures of D. C. I.

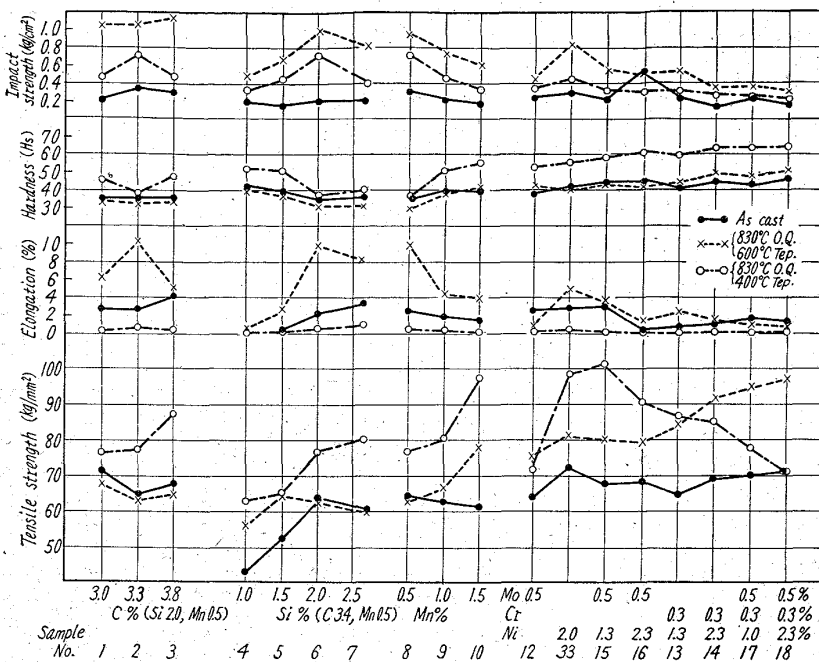


Fig. 2. Results of mechanical testing.

金元素の多い場合は高めの焼戻温度を選んだ方がよい。  
なお次回 mass との関係 疲労強度との関係等について報告する。

169.131.84; 621.185.377.062, 2  
p. 556 ~ 558

(125) 黒心可鍛鉄の黒鉛化におよぼす焼鈍雰囲気の影響

東京工業大学 理博 長崎 久弥・○小室 登

Effect of Annealing Atmosphere on Graphitization of Black-Heart Cast Iron.

Dr. Kyūya NAGASAKI and Noboru KOMURO

I. 緒言

溶解水素はセメントサイトを安定化する作用の強い元素であるから水素および水素化合物を含む雰囲気中で白鉄を焼鈍すると水素が鉄内部に解離溶解してその黒鉛化を著しく阻害する。

この報告は黒心可鍛鉄の1次および2次黒鉛化におよぼす各種単純雰囲気ならびに2, 3の含水素混合雰囲気の影響を明らかにしたものである。また併せてこれら雰囲気が各黒鉛化焼鈍の際に鉄表面におよぼす化学的反応性について検討した。

II. 試料

Table 1 は試料の化学組成である。

Table 1. Chemical composition of white pig iron. (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr
2.51	1.12	0.38	0.055	0.103	0.03

III. 実験方法

初晶および共析セメントサイトの分解に対する焼鈍雰囲気の影響を各別個に観察する目的で前者の1次黒鉛化は鍛造のままの白鉄を950±5°Cに加熱し、また後者の2次黒鉛化はまず白鉄をアルゴン気流中で950°C×8h加熱除冷して、あらかじめ初晶および初析セメントサイトを同一条件で完全に黒鉛化させ、ブルーアイ組織とした後715±3°Cに再加熱保持した。この1次および2次黒鉛化の焼鈍過程をFig. 1に図示した。焼鈍雰囲気はAr, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>の各単純雰囲気およびこれらの混合雰囲気を用い、ガス流速はいずれも100cc/mn一定とした。焼鈍後まず酸化脱炭などの表面反応による重量変化を測定した。つぎに断面の顕微鏡組織より黒鉛化状態を観察し、またロックウェルH<sub>R</sub>B硬度および全表面を研削後、比重(18~22°)を測定し、これらの変化から黒鉛化の進行を観測した。

IV. 実験結果

1) 各種単純雰囲気の影響

Fig. 2は1次黒鉛化の保持時間と比重、硬度および重量変化の関係におよぼすAr, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>およびCOの影響である。

1次黒鉛化の速度はArおよびCO中がもつとも速く、N<sub>2</sub>は黒鉛化初期において多少遅れる傾向があるが大差ない。これらに比べてH<sub>2</sub>中では相当に緩慢であり、とくに表皮部は中心部より黒鉛化し難い。したがって内外の間に明らかな硬度差が見られ、これは時間とともに減少する。この際、Ar, N<sub>2</sub>は鉄に対して不活性であるが残留不純物の作用によりわずかに脱炭性を呈した。またH<sub>2</sub>は脱炭性、COは滲炭性を示したがその作用は著しいものでない。

2次黒鉛化速度はAr, N<sub>2</sub>およびCO中ではほとんど差が認められないがH<sub>2</sub>中では非常に進行し難い。しかし1次におけるように内外の差異は認められない。この際、Ar, N<sub>2</sub>は微量不純物の作用により僅かに酸化脱炭の傾向があつた。H<sub>2</sub>は温度の低いため脱炭性が微弱であり、またCOは鉄表面において接触分解し、多量

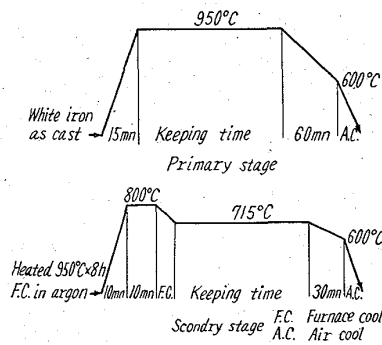


Fig. 1. Annealing process of graphitization at primary and secondary stage.