

高炭素合金鋼の黒鉛化におよぼす Cr および熱処理の影響*

福 井 昂**

Effect of Chromium and Heat treatment on the Graphitization of a High Carbon Alloy Steel

Takashi FUKUI

Abstract

The author made a study of the effect of metallographical factors on the rolling fatigue life of a carbon steel and alloy cast iron. Judging from these results, in case that carbide and graphite independently existed in matrix, it was recognized that metallographical factors that were affected on the rolling fatigue life of these materials were shape of residual carbide and graphite. it was necessary to make a study of the effect on the rolling fatigue life of structure with carbide and graphite.

Therefore, in this paper, the author made a study of the effect of chromium content and heat treatment on the graphitization of a high carbon alloy steel.

The results obtained may be summarized as follows :

- (1) In case that chromium content is about 1%, formation of graphite is not in the cast condition, but, when it is below 0.6%, flaky graphite and globular graphite appear fairly in matrix.
- (2) Quantities of precipitated graphite are decided on the casted condition and forged condition.
- (3) After they were pre-quenched from 800°C in insulation oil (20°C), specimens graphitized at the temperature of 650°C for about 10 hours turn matrix into globular pearlite.

1. 緒 言

高炭素鋼における黒鉛化に関しては、すでに多くの研究結果が発表されているが^{(1)~(9)}、たとえば Si, Cr および Mo などを合金元素として添加した高炭素合金鋼の黒鉛の発生および成長に関する報告は、ほとんどみられない。

したがって、本報では黒鉛化促進元素である Si 含有量を約 1% とし、黒鉛化阻止元素である Cr 含有量をかえて、炭化物と黒鉛の共存する材料を溶製し、鍛造および熱処理の黒鉛の発生と成長におよぼす Cr 含有量の影響を検討したので、その結果を報告する。

実験に供した試料は、鑄造のままおよび熱処理によって炭化物と黒鉛を共存させるために、黒鉛化促進元素 Si 含有量を約 1.0% とし、黒鉛化阻止元素 Cr 含有量を約 1.0%、0.6% および 0% とし、CaSi でイノキュレーションを行なった。なお熱処理を容易にするために約 0.5% の Mo も添加した。つぎに溶解原料としては、ダクタイル鉄、軟鋼、Fe-Cr および Fe-Mo を用い、クリプトル炉にて溶解後、Fig. 1 のごとき砂型に鑄込み 1.5kg の鑄塊とした。その化学分析値を Table 1 に示す。この鑄塊 25φ の部分をさらに 18φ に鍛造 (鍛造比=2) し、空冷後 18φ × 7 mm に整形した。

2. 試料および実験方法

2.1 試 料

* 昭和46年3月19日 日本金属学会北陸信越支部講演大会にて講演

** 工業短期大学部機械工学科

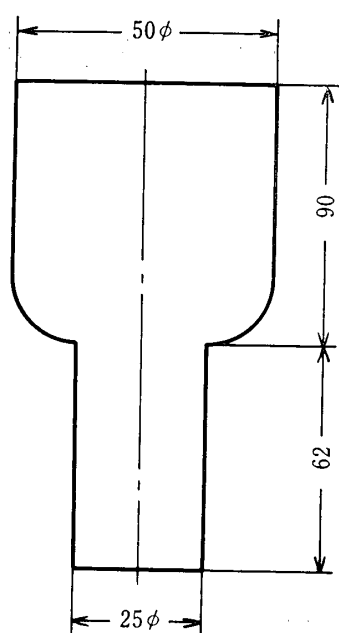


Fig. 1 Shape and dimension of sand mold

Table 1 Chemical composition and hardness of the forging specimens

Specimen No.	Chemical composition (wt %)				Hardness (Hv)
	C	Si	Cr	M ₀	
1	1.88	1.04	—	0.55	243
2	1.79	0.98	0.57	0.48	287
3	1.86	0.83	1.09	0.55	309
4	1.68	0.96	—	0.55	222
5	1.54	0.92	0.57	0.51	299
6	1.67	0.97	1.09	0.51	327

2.2 熱 処 理

試料の熱処理は、すべて電気マツフル炉を用いて空気中で行なった。高炭素鋼の黒鉛化に関しては、圧延率の影響およびマルテンサイト組織の焼戻し過程における黒鉛の発生および成長のごとき熱処理の影響があ

るので、つぎのような熱処理をおこなうことにした。

(1) 鍛造したままの試料を650°Cに10時間、25時間および50時間保持して空冷した。

(2) 鍛造した試料を、Matrixのみマルテンサイト組織にし、初析炭化物および初析黒鉛はそのまま残すために、800°Cに20分間保持して20°Cの絶縁油に焼入れを行ない、ただちに650°Cに10時間および25時間保持して空冷した。

なお、温度調節はすべて電子管式調節器(±3°C)で行なった。

2.3 顕微鏡による組織観察

試料は脱炭層を除去するため、端面を約3mm削り落とし高速鏡面仕上機で研磨後バフ仕上を行ない、腐食は2%硝酸アルコールで行なった。観察は鍛造したままの試料および各熱処理時間ごとの試料の顕微鏡写真をとり、黒鉛の発生および成長過程をその写真より比較した。

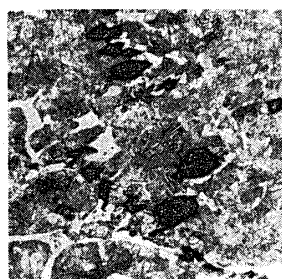
2.4 硬 度 測 定

硬度はピッカース硬度計を用いて測定した。測定にあたっては誤差を少なくするために、各試料とも顕微鏡組織観察に使用したものを、再度バフ研磨し、周囲の脱炭による影響を除くため、10φの同心円上で8個所を測定し、その平均値をもって硬度とした。

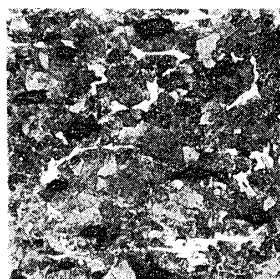
3. 実験結果および考察

3.1 鍛造後の組織について

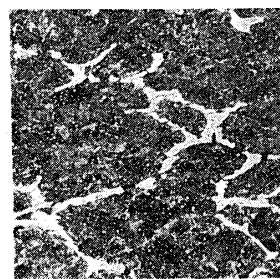
鍛造比2の炭素含有量の多い試料 No.1, No.2およびNo.3の組織を Fig.2に示す。これからわかるように、Cr含有量約0.6%以下の試料では鍛造時に相当の黒鉛を生じている。またCr含有量が約1%の試料では、鍛造後の鍛造においても黒鉛はまったく生じていない。これはCrの黒鉛化阻止作用によるものと思われる。[なお炭素含有量の少ない試料]No.4, No.5およびNo.6についても同様であったので組織は省



No. 1



No. 2



No. 3

Fig. 2 Microstructure of the forging specimens ×100

略する また鑄造時にすでに黒鉛を生じている Cr 含有量約0.6%以下の試料では、いずれも炭素含有量の多い試料が黒鉛の析出量が多くなっている。

3.2 鍛造後 650°C に加熱保持した場合について

Fig. 3 にそれぞれ650°Cに10時間、25時間および50時間保持した場合の炭素含有量の多い試料について、その代表的な組織を示す。これより鍛造時に発生したと思われる黒鉛の数は、ほとんど増加せず、保持時間の増加と共にわずかに成長していることがうかがえる。また黒鉛の成長は25時間保持ぐらいまで続き、それ以後はほとんどないことを示している。なおCr含有量約1%の試料については、組織的な変化はほとんどないようである。つぎに各試料の保持時間と硬度の関係を Fig. 4 に示す。これより試料 No. 3 および No. 6 の Cr 含有量約1%のものを除いては、硬度は保持時間の増加と共に低下し、黒鉛の成長がとまると思われる25時間保持以後は一定となっている。これは鍛造により試料の内部にはかなりの応力が残留しており、組織も高い自由エネルギーをもっていると考えられ、650°Cでの加熱により、炭化物のあるものは球状化をおこし硬度が低下したと思われる。また25時間保持以後では硬度の低下がみられないのは、650°Cにおける黒鉛の成長および組織の安定化が、すでに飽和状態になっているためと思われる。つぎに試料 No. 3 および No. 6 については、かえって10時間保持で、わずか

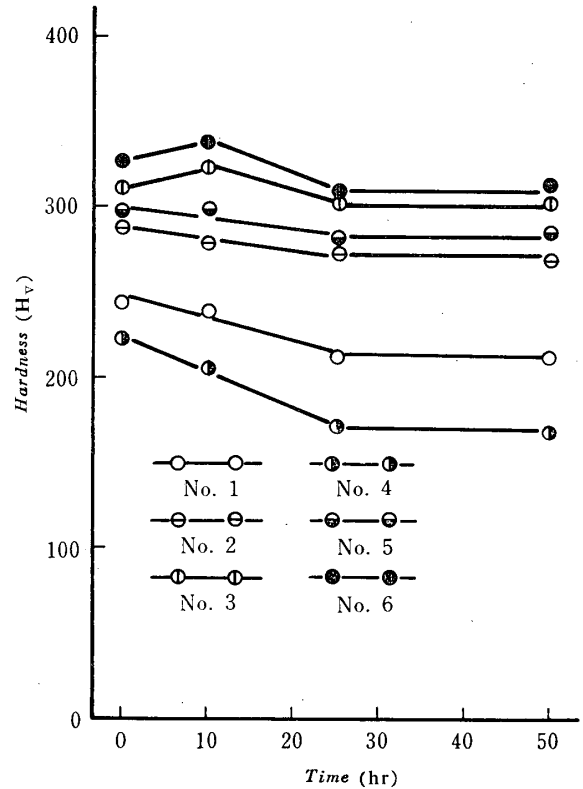


Fig. 4 Relation between hardness and holding time of graphitizing at 650°C

の硬度上昇がみられるが、これは Cr 含有量が多いため、より安定な複炭化物を生成し、いわゆる一種の二

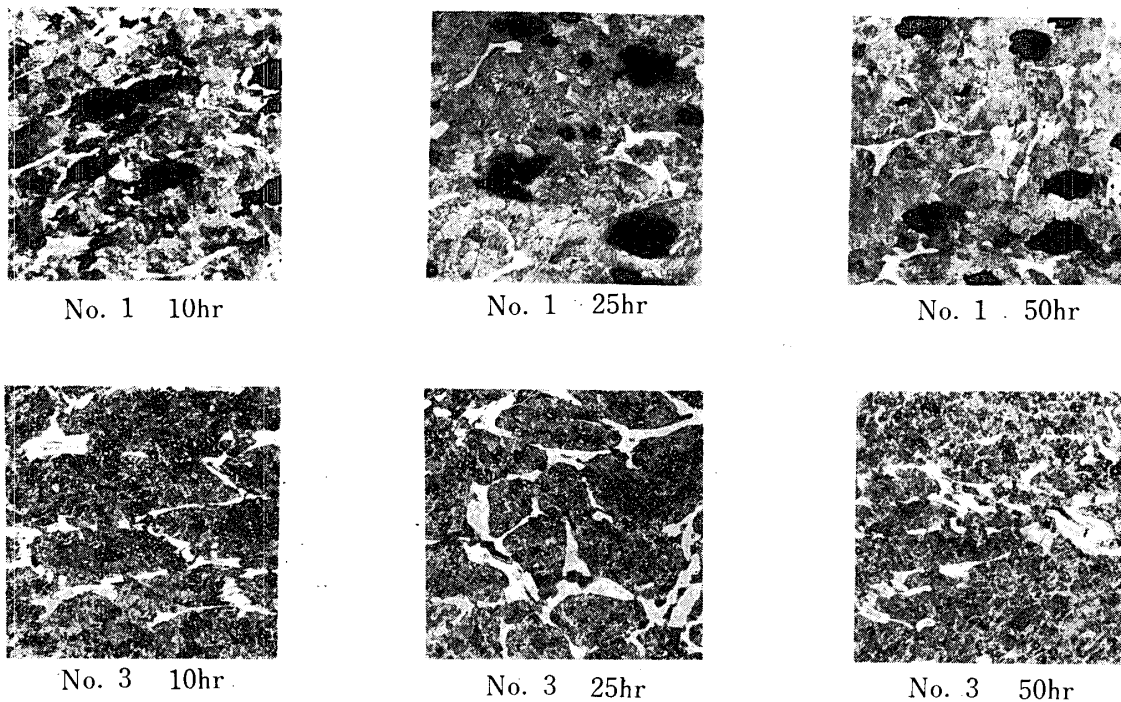


Fig. 3 Microstructure of the specimens (No. 1, No. 3) graphitized at 650°C ×100

次硬化的な現象をおこしたものと思われるが、この原因については今後検討する予定である。なお25時間保持以後は硬度が一定して10時間保持より低下しているが、これは Matrix の硬度低下のためと思われる。また炭素含有量の多い試料No. 3の方が、炭素含有量の少ない試料No. 6より硬度が低下しているが、これは炭素含有量の多い方が初析炭化物が多く、鍛造の際の Matrix のうける歪が大きく、組織がより高い自由エネルギーをもっているために、より大きな球状パーライトになりやすいためと思われる。

3.3 鍛造後 800°C より焼入れを行ない 650°C に加熱保持した場合について

Fig. 5 は 800°C より油焼入れした後、650°C に10時間および25時間保持した場合の代表的な組織を示す。これより Cr 含有量約0.6%以下の試料については、鍛造時に生じていた黒鉛のほか、微細な黒鉛がかなり生じていることがわかる。これは山中、日下¹⁾の言っているように、Matrixのマルテンサイト化により内部応力が大きくなり、焼戻しによって析出する炭化物に加わる応力が大きく、炭化物の自由エネルギーが大きくなり炭化物が不安定となること、またマルテンサイトを焼戻す際に析出する炭化物が、極度に微細であった炭化物の表面積が大きくなること、また炭化物の数が非常に多くなり、炭化物の平均わん曲度が鋭くなり、それが炭化物の安定性を減少するために、黒鉛核を生じやすい位置となりやすいためと思われる。なお Cr 含有量の多い試料 No.3 および No.6 については、炭素含有量の少ない No.6 が10時間保持で黒鉛を析出しているが、これは Fig. 5 からわかるように、黒鉛が

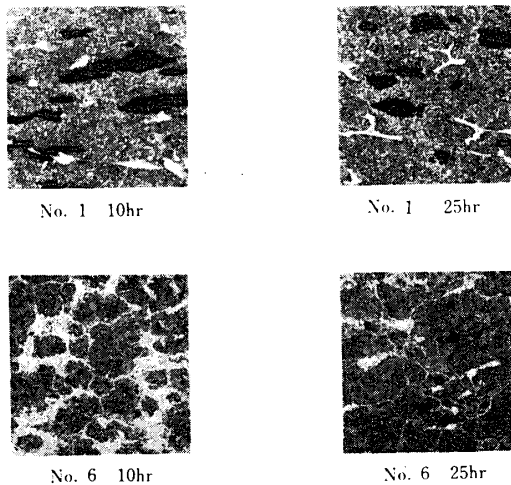


Fig. 5 Microstructure of the specimens (No. 1, No. 6) graphitized at 650°C after 800°C. O.Q.
 ×100

Matrixに発生していることから、試料No. 3にくらべて黒鉛化促進元素である Si 含有量が多いためと考えられる。またこのことはマルテンサイト組織の焼戻し過程において、炭化物がソルバイト状のごく微細な粒から、いわゆる球状炭化物といわれる大きな粒へ成長した後に、はじめて黒鉛核が発生し成長するという田中、藤平⁶⁾の説をうらづけているようである。つぎに各試料の保持時間と硬度の関係を図. 6 に示す。これより鍛造後、前処理をせずに 650°C に加熱保持した場

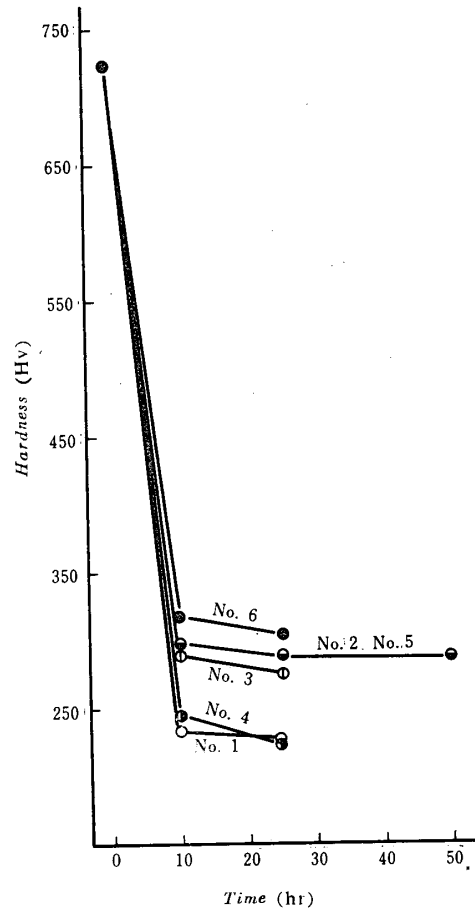


Fig. 6 Relation between hardness and holding time of graphitizing at 650°C after 800°C O.Q.

合同様に、Cr 含有量を基準にとれば、炭素含有量の多少の差には関係なく一定の硬度変化をしていることがわかる。また炭素含有量の多いものが、少ないものにくらべて硬度が低下しているが、これはその一例としてあげた Fig. 7 からわかるように前述のごとく、Matrix の組織がより大きな球状パーライトになっているためと思われる。なお試料 No. 5 については 50時間保持の硬度も示してあるが、25時間保持とかわらぬ組織的にも変化はなかった。

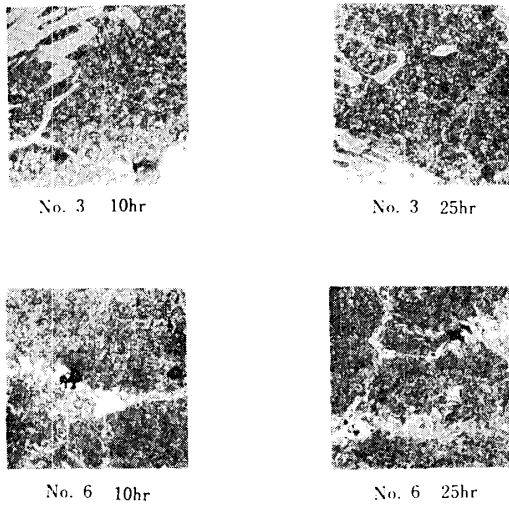


Fig. 7 Microstructure of the specimens (No. 3, No. 6) graphitized at 650°C after 800°C O.Q. $\times 100$

4. 結 言

高炭素合金鋼の黒鉛化におよぼすCr含有量および熱処理の影響について、黒鉛の発生および成長の過程を組織と硬度の点から検討した。その結果を要約するとつぎのとおりである。

(1) Cr含有量が約1%になると鑄造状態では、黒鉛の発生はまったくみられず、Cr含有量が約0.6%以下になると鑄造状態でかなりの片状および球状黒鉛を

生成している。

(2) 黒鉛の析出量は鑄造およびその後の鍛造でほとんど決定し、熱処理による析出量の変化はわずかである。

(3) 前処理として、800°Cから油焼入れしたものを650°Cで黒鉛化処理すれば、ほぼ10時間保持でMatrixが球状パーライトとなり硬度は著しく低下する。この場合Cr含有量を基準にとれば、炭素含有量の多いほど硬度低下は大きい。

終りにのぞみ、本研究遂行に際し、終始ご懇篤なるご指導を賜わった九州大学工学部冶金学教室松田公扶教授に感謝の意を表わす。

参 考 文 献

- 1) 山中直道, 日下邦夫: 鉄と鋼, **44**, 1180 (1958)
- 2) 山中直道, 日下邦夫: 鉄と鋼, **45**, 45 (1959)
- 3) 山中直道, 日下邦夫: 鉄と鋼, **45**, 110 (1959)
- 4) 山中直道, 日下邦夫: 鉄と鋼, **45**, 499 (1959)
- 5) 山中直道, 日下邦夫: 鉄と鋼, **48**, 946 (1962)
- 6) 田中良平, 藤平昭男: 日本金属学会誌, **30**, 279 (1966)
- 7) J. H. Andrew and H. Lee: J. Iron and Steel Inst., **165**, 145 (1950)
- 8) K. Pearce: J. Iron and Steel Inst., **200**, 28 (1962)
- 9) B. Walker and V. Kondic: J. Iron and Steel Inst., **200**, 1037 (1962)

(昭和46年3月22日受理)