鑄鉄の脱炭に関する研究(第1報)黒鉛化の影響について

岡 本 正 三* 小 沢 幸 正*

Masazō Okamoto and Yukimasa Ozawa : The Effect of Graphitization on the Decarburization of Cast Iron (Ist Report).

Four kinds of cast irons (2.5% C, 1% or 2% Si, 0.1%Mn) were cast into chill mould, quenched in oil from 900° after being kept for 10 minutes in charcoal powder, or annealed in charcoal powder after being plated with Cu previously.

Using those specimens the decarburization phenomena at 900°, 950° or 1000° (2 hrs for each) in CaO powder were examined from microstructures and weight changes. Generally, cast iron is easier to decarburize when carbon exists in combined state (cementite) than when it exists as free graphite. Cementite is easy to be dissolved into austenite and be decarburized at high temperature because of its unstability, while graphite is difficult to be dissolved because of the strong stability. Hence, the more the special elements like Cu or Si which promote graphitization are added in white iron, the more difficult the decarburization becomes.

In 1% Si, 1% Si-1% Cu and 2% Si irons, the specimens as cast are easier to be decarburized at first than the quench-annealed ones, for in the former the decarburization proceeds by dissolving graphite into austenite. But, afterwards the specimens as cast become more difficult to be decarburized than the quench-annealed ones. It can be explained as follows: after the completion of the graphitization, the decarburization proceeds by dissolving graphite into austenite.

As the graphite particle size which is very large in the former, is very fine in the latter, the decarburization becomes easier in the latter than in the former.

The quenched specimens are the easiest to be decarburized; the quench-annealed 1% Si-1% Cr iron was not graphitized but its cementite was globularized, and the iron was the easiest to be decarburized. The quenched specimens in which cementite is easy to be globularized are easier to be decarburized than the specimens as cast in which cementite is difficult to be globularized.

(Received October 27, 1949)

I. 緒 言

内藤氏⁽¹⁾, 小林氏⁽²⁾, Baukloh⁽³⁾氏は何れも, 白鉄は Si 添加量が増すほど著しく脱炭し難くなり, Cr も脱炭し難く

するが, Mn は多少脱炭し易くすると報告している。しかし Si は黒鉛化を促進するが, Cr や Mn はこれを妨げるから, これらの相反する作用は脱炭に異なる影響を及ぼすのではないかと思われるが, この点は明らかにされていない。内藤氏⁽¹⁾は白鉄とこれを黒鉛化したものとの脱炭を比較し, 最初は白鉄のままで脱炭したものが黒鉛化したものより脱炭し難いが, 後には逆に脱炭し易くなると報告し

*** 東京工業大学金属工学科

* 昭和23年10月本會福島大會に発表したものの一部。

(1) 内藤, 鉄と鋼, 20 (1934), 657.

(2) 小林, 金属の研究, 12 (1935), 101.

ているが、脱炭機構についてなお考察すべき点が残されているようにみられる。また Baukloh 氏⁽³⁾⁽⁴⁾によれば白銑は黒鉛化した鑄鉄より脱炭し難いとされているが、両試料の炭素含有量にかなりの差がある他に、白銑を高温に加熱しても殆んど黒鉛化していない点よりみれば、むしろ特殊元素の影響があるのではないかと思われる。

そこで著者等は化学組成を異にする数種の鑄鉄に種々の熱処理を施したものを試料とし、鑄鉄内の炭素が結合状態にあるか遊離状態にあるかの如何、黒鉛化進行の難易、或いはセメントイトや黒鉛の大きさ等が脱炭に如何なる影響を及ぼすかについて、顕微鏡組織の検討を主とする研究を進めてこれらの点を明らかにし、更に工業的な問題との関係を論じた。

II. 試料及び実験方法

(1) 試料の作製

原料は鑄鉄 (3.7 C, 0.19 Si, 0.04 Mn, 0.093 S, 0.087 P, balance Fe), 軟鋼 (0.23C, 0.29Si, 0.40Mn, 0.05S, 0.03P, balance Fe), Si (純度 98.5%), Cu, Cr 及び Mn (何れも電解したもの) であつてこれより Table 1 に示す 4 種の鑄鉄をタンマン炭素抵抗炉で熔解して直径 12mm の金型に鑄造し、これらの鑄鉄からそれぞれ鑄造のまゝのもの、鑄造

Table 1

Specimen	Carbon and Addition Elements (%)					Hardness (Rc)		
	C	Si	Mn	Cu	Cr	As Cast	Quenched	Annealed after the Quenching
No. 1	2.5	1	0.1	0	0	35.9	63.6	-2.3
No. 2	2.5	1	0.1	1	0	38.3	65.0	1.9
No. 3	2.5	2	0.1	0	0	39.7	63.4	3.8
No. 4	2.5	1	0.1	0	1	43.4	65.1	27.1

したものを木炭粉末中で速かに 900° に加熱し 10 分間保持後油焼入したもの、及び焼入したものを Cu 鍍金し木炭粉末中で、即ち脱炭も滲炭も起らぬ條件の下で、1000° に加熱し以後 900°, 800°, 700° 及び 650° に何れも 2 時間加熱焼鈍したものと、3 種の異なる熱処理を施した試料を作つた。

(2) 試料の顕微鏡組織

検鏡の結果、鑄造のまゝの試料は何れもパーライトの地にセメントイトが粗くデンドライト状に発達していて、殆んど黒鉛を認めない白銑であつた。焼入した試料は何れもマルテンサイトの地にセメントイトが稍々球状化しかゝつてゐるが、1%Si 鑄鉄では焼入前の加熱で、即ち 900° に加熱し 10 分間保持する間に多少黒鉛化が進み、処々に稍々大きな黒鉛粒の存在が認められた。1%Si-1%Cu 鑄鉄では Cu を添加したため 1%Si 鑄鉄より黒鉛化が多少よく進み黒鉛粒の数がこれより多く、2%Si 鑄鉄では Si 添加量が高いため黒鉛化がよく進み黒鉛粒がかなり大きくなつてゐた。しかし、1%Si-1%Cr 鑄鉄は全く黒鉛化していなかつた。なお 1%Si-1%Cr 鑄鉄はマイクロメーターでは伸びが認められなかつたのであるから、Table 2 に示した焼入した試

料の伸びはマルテン化によるよりは主として黒鉛化によることは明らかであつて、伸びの大小は大体において黒鉛化の程度の大小を示すものである。焼入後焼鈍した試料では 1%Si, 1%Si-1%Cu 及び 2%Si の 3 種の鑄鉄は何れも 1 次、2 次ともに黒鉛化を完了してフェライトの他に焼入前 Table 2 Effect of Various Addition Elements on the Elongation after the Quenching or after the Quench-annealing in 2.5% C, 0.1% Mn Cast Irons.

Specimen		Elongation (%)	
		Quenched (900°-10mins)	Annealed after the Quenching
No. 1	1%Si	0.23	1.76
No. 2	1%Si, 1%Cu	0.24	1.82
No. 3	2%Si	0.39	1.85
No. 4	1%Si, 1%Cr	0	0

の加熱によつて生じた比較的大きな黒鉛粒が疎らに散在している他に、焼入後の焼鈍によつて生じた著しく微細な黒鉛粒が無数に存在するのが認められた。1%Si-1%Cr 鑄鉄ではセメントイトが著しく球状化していたが、黒鉛化の程度は極めて僅かであつた。

(3) 脱炭方法と脱炭結果の測定方法

次にこれらの異なる状態の試料を何れも直径、高さともに 10mm の円筒形としてエメリー紙 02 番まで磨き、著者等の研究による無酸化脱炭⁽⁵⁾を行つた。即ち予め 1000° に 2 時間焙焼し 50 メシの篩にかけてデシケーター中に保存しておき、実験直前に再び 1000° に 10 分間加熱して極力吸湿による影響のないようにした CaO 粉末 (工業用) を内径 20mm の鉄製円筒に入れ、この中に試料を埋め鉄の蓋で密閉して、(i) 900°, 950°, 及び 1000° に 2 時間、(ii) また極めて黒鉛化し難い 1%Si-1%Cr 鑄鉄を除き、1%Si, 1%Si-1%Cu 及び 2%Si の 3 種の鑄鉄のそれぞれを 1000° に 2, 4 及び 6 時間のよう温度と時間の何れか一方を変えた 2 通りの加熱を行つた後冷却したものについて、加熱前後の重量変化を測定し、試料を半分に切断して脱炭層の深さを測微計で測り、更に脱炭層における硬度変化をヴィッカース硬度計によつて測定した。

III. 実験結果とその考察

(1) 温度の影響

(i) 脱炭結果と脱炭機構 炉冷却試料を取出し表面に附着している CaO 粉末をラシャで拭い去つたが、表面は何れも僅かに曇つた程度でなお金属光沢を失つてゐなかつた。単位表面積当りの重量変化を測定した結果は Fig. 1 の如くであるが、酸化の程度は極めて僅かであるからこれは主として脱炭減量を示すものと思われる。また脱炭層の深さを測定した結果は Fig. 2 の如くである。

これらの結果をみれば、1%Si, 1%Si-1%Cu 及び 2%Si の 3 種の鑄鉄では何れも焼入した試料が最も脱炭し易く、鑄造のまゝの試料はこれに次いで脱炭し易く、また焼入後焼鈍した試料は最も脱炭し難い。一般に白銑を高温に加熱したとき、表層で脱炭が起ればその部分のオーステナイトは炭素濃度を減じて不飽和となるから、セメントイトがこ

(3) W. Baukloh, Die Giesserei, 22 (1935), 406.

(4) W. Baukloh, W. von Kronenfelds, Arch. Eisenhüttenwes., 11 (1937/38), 145.

(5) 岡本, 小沢, 本誌, (鋼の脱炭について) 本号.

れに溶け込んで脱炭が進行する。セメンタイトはその生成熱が大体 $-13.6 \sim -5.6$ カロリーであることから明らかに極めて不安定であつて脱炭に際しては容易にオーステナイトに溶け込むが、これに反し炭素は熔点が 3500° 附近である等からみて極めて安定で $900 \sim 1000^\circ$ 位

ろう。また鑄造、焼入及び焼入後焼鈍の何れの試料についても 1%Si 鑄鉄が最も脱炭し易く、1%Si-1%Cu 鑄鉄はこれに次いで脱炭し易く、また 2%Si 鑄鉄は最も脱炭し難い。鑄造のまゝの試料では Cu や Si を多く添加した黒鉛化し易いものほど脱炭し難いから、かゝる脱炭の程度の差を

Fig. 1 Effect of Various Addition Elements on the Weight Decrease by Decarburization in 2.5% C, 0.1% Mn Cast Irons Having Various Micro-structures.

Fig. 2 Effect of Various Addition Elements on the Depth of the Decarburized Layer in 2.5% C, 0.1% Mn Cast Irons Having Various Micro-structures.

では化学的に未だ不活発であるため、黒鉛がオーステナイトに溶け込んで脱炭するには時間がかかる。従つて、最初にはセメンタイトがオーステナイトに溶け込んで脱炭する鑄造のまゝの試料の方が既に黒鉛化を完了して最初から黒鉛がオーステナイトに溶け込んで脱炭する焼入後焼鈍した試料よりも、脱炭し易いものと考えられる。また焼入した試料は最初にはセメンタイトがオーステナイトに溶け込んで脱炭する一方、内部では黒鉛化が早くより進行して焼入に基ずく著しく微細な黒鉛粒を析出し、やがて内部にも脱炭が及び黒鉛がオーステナイトに溶け込んで脱炭することになる。析出黒鉛量が同一ならば粒が細かいほど全体としての表面積が大きくなり、従つて黒鉛とオーステナイトとの接触面積が大きいことになるから、黒鉛がこれに溶け込んで脱炭するのに都合が良い。従つて焼入した試料は鑄造のまゝの試料よりも黒鉛化し易いという点は脱炭に不利であるが、その黒鉛粒が著しく微細であるという脱炭に有利な条件が強く作用して、大きな黒鉛粒を徐々に析出する鑄造のまゝの試料よりは脱炭し易いものと解される。なお焼入した試料は黒鉛化を完了した後は焼入後焼鈍した試料と全く同様の機構で脱炭するから両試料の間に存在する脱炭の程度の差は主として焼入した試料においてセメンタイトがオーステナイトに溶け込んで脱炭したために生じたものであ

生じたものであろう。なお鑄造のまゝの試料を脱炭温度に加熱して生ずる黒鉛粒は何れも著しく大きいから、これを相互に比較してみるに、一般に Cu は黒鉛粒を細かくするといわれているが、本研究における Cu 1% の添加では殆んどその影響が認められなかつた。2%Si 鑄鉄では黒鉛粒が 1%Si 鑄鉄の場合よりも幾分大きいから、2%Si 鑄鉄が脱炭し難いことにはかゝる点の影響もあることと思われる。

次に 1%Si-1%Cr 鑄鉄ではセメンタイトが著しく球状化している焼入後焼鈍した試料が最も脱炭し易く、脱炭温度に加熱すればセメンタイトが比較的容易に球状化する焼入した試料がこれに次いで

脱炭し易く、また粗い白鉄のまゝでセメンタイトが球状化するのに時間がかかる鑄造のまゝの試料が最も脱炭し難い。1%Si-1%Cr 鑄鉄は極めて黒鉛化し難いから、脱炭に対する黒鉛化の影響は殆んど存在しない。従つてこれは前述の黒鉛粒の場合と同様に、セメンタイト粒が細かいものほど脱炭し易くなることによるものである。

脱炭に及ぼす添加元素の影響

を鋼と鑄鉄とについて比較してみるに、Si は鋼では脱炭を容易ならしめるが⁽⁴⁾⁽⁶⁾、鑄鉄では Si が黒鉛化を促進したり黒鉛粒を大きくしたりする脱炭に都合の悪い条件に克服されて、鋼の場合とは逆に脱炭し難くなる。Cu 鋼の脱炭は未だ充分な研究がなされていないので比較出来ない。Cr を添加した鑄鉄は黒鉛化し難いのに比較的脱炭が少ないが、鋼の場合は Cr は脱炭を妨げる作用が強い⁽⁵⁾ から、鑄鉄でもその影響によつてかゝる結果を生じたものと解される。なお Mn は鋼では脱炭を妨げるがその作用は Cr ほど強くない⁽⁶⁾ 上に、黒鉛化を妨げるから鑄鉄の脱炭を容易ならしめるものと考えられ⁽⁷⁾、先の内藤氏等の実験結果⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ もかゝる考察に基づいて説明される。

(ii) 脱炭層の顕微鏡組織 次に脱炭層の組織を検鏡してみるに、化学組成と熱処理を同じくする試料では脱炭温度が変化しても組織には本質的な相異が認められない。そこで 1000° で脱炭した試料の中から代表的なものを選んで脱炭層の組織と硬度変化とを対照することにする。Fig. 3 がそれであつて、横軸の長さの目盛はそのまゝ写真における実際の距離を示すようにとつてある。1%Si, 1%Si-1%

(6) A. Johansson, R. von Seth, J. Iron Steel Inst., 114 (1926), 295.

(7) Mn の影響については第 4 報に詳しく報告する。

Cu 及び 2%Si の 3 種の鑄鉄では鑄鉄のままの試料は何れも大体同様の組織であつて、1%Si 鑄鉄の場合を Photo. 1 示した。即ち、内部では脱炭温度における 1 次黒鉛化を完了して著しく大きな黒鉛粒を析出し、冷却に際しては B'S' 線に沿つて黒鉛を析出し、また 1 次黒鉛化に基づく黒鉛粒

ライトにパーライトを交えた部分があり、その次にはパーライトのみの層が認められる。また内部組織に近い方では脱炭のため多少炭素濃度が低くなるから、時間の経過とともに 1 次黒鉛化が進んでもその黒鉛粒は内部のものよりかなり小さく、冷却に際しては 2 次黒鉛化が多少進んでや

はりブルアイ組織となつてゐる。従つて硬度はパーライトのみの部分が最も高い。

磨入した試料については 1%Si 鑄鉄の場合を Photo. 2 に示し、また 1%Si-1%Cu 鑄鉄の場合を Photo. 4 に示したが、何れも内部では 1 次黒鉛化を完了して磨入に基づく著しく微細な黒鉛粒を無数に析出し、冷却に際してはこれが核となつて 2 次黒鉛化を完了し、地はフェライトであつてパーライトの残存は認められない。脱炭層では薄いフェライトの最外層に続いてフェライトの地にパーライトの存在する部分があるが、内部に近づくにつれて再び次第にパーライトが少なくなつており、またこの部分の黒鉛粒は内部のものよりも一層細くなつてゐる。即ち脱炭層の中でも表面に近い方の脱炭が著しい部分では鋼の組織となるが、内部組織に近い方では磨入に基づく著しく微細な黒鉛粒を析出し、これが多少脱炭されて一層細かい状態に残り、冷却に際してはこれを核として 2 次黒鉛化が進むが完了するには至らず、部分的にパーライトが残されたものであ

Fig. 3 Effect of Various Addition Elements on the Structural and the Hardness Change at the Decarburized Layer in 2.5%C, 0.1%Mn Cast Irons (Photos.1~6) Heated at 1000° for 2 hrs in CaO Powder.

の存在に誘起されて多少 2 次黒鉛化が進み、パーライトの地に周囲にフェライトを持つ黒鉛粒が存在するブルアイ組織となつてゐる。脱炭層の中でも表面に近い方では脱炭が著しいため 1 次黒鉛化は起らず、冷却に際して 2 次黒鉛化することなくそのまま鋼の組織となつたもので、薄いフェ

る。従つて硬度はパーライトの多く現われている部分ほど高い。鋼の場合は脱炭すれば表層は内部よりも軟化するのが常識であるが、鑄鉄ではこのように脱炭層の方が内部よりも硬度が高くなるという興味ある現象が認められることがある。

一般に可鍛鑄鉄を機械仕上する際、表層が脱炭してフェライトが厚く発達している白色可鍛鑄鉄では表層のフェライトが薄いため、例えば旋盤等では切削層が工具に巻きついて切削能率を害するが、これに対し表層が脱炭せずフェライトの地に黒鉛粒が点在している黒色可鍛鑄鉄では切削能率が著しく良い。しかるにこれとは反対に現場では材料がよく黒鉛化しているのに多少旋盤がかけ難く、ことにラッピング盤のような特殊なものでは硬くて困ることがある。これは材料が黒色可鍛鑄鉄の積りでも実は表層が脱炭して黒色可鍛鑄鉄となつていて、Photo. 1~4 にみるように内部は冷却に際し 1 次黒鉛化に基づき黒鉛粒の存在に誘起されて 2 次黒鉛化もよく進むが、表層は脱炭して炭素濃度を減じ、黒鉛化を助長する Cu や Si の添加量が高くない場合は 2 次黒鉛化を起さずそのまま鋼の組織となるためである。

しかるに 2%Si 鑄鉄では Photo. 5 に示したように内部では 1 次、2 次ともに黒鉛化を完了してフェライトの地に焼入前の加熱によつて生じた比較的小数のかなり大きな黒鉛粒と焼入後の加熱によつて生じた無数の著しく微細な黒鉛粒とが存在しているが、脱炭層もフェライトの地に内部のものよりも一層細かい黒鉛粒の存在する組織となつていて、1%Si や 1%Si-1%Cu 鑄鉄の場合とは異なりパーライトは存在せず、脱炭層と内部とはダイクハース硬度の変化が認められない。これは Si 添加量が高いことと焼入したこととのために、内部組織に近い方では冷却に際して完全に脱炭し切れずに残った黒鉛粒に誘起されて 2 次黒鉛化がよく進んで遂に完了し、また表面に近い方の脱炭が著しくて焼入前の加熱による他は 1 次黒鉛化に基づき黒鉛粒が存在していない部分まで 2 次黒鉛化を完了したことによるものであつて、低炭素-高 Si 鋼の焼鈍に際し 2 次黒鉛化がよく進むのと同じ現象である。なほ 1%Si や 1%Si-1%Cu 鑄鉄でも表面に近い部分のフェライトの地に内部のものよりも一層細かい黒鉛粒が認められるが、これも上と同様に生じたものである。また Photo. 5 では表面近くに存在する焼入前の加熱によつて生じたかなり大きな黒鉛粒が、脱炭されること甚だしく殆んど原形のまゝで留つているのが認められる。これは前述のように黒鉛は極めて安定であつて脱炭され難いということを証するものである。

また焼入後焼鈍した試料は、同一化学組成のものでは何れもそれぞれ焼入した試料と同様な組織を示すので、こゝには一例として 1%Si 鑄鉄の場合を Photo. 3 に示した。

1%Si-1%Cr 鑄鉄では実験前の熱処理の如何に拘らず脱炭後は何れも同様な組織を示している。焼入した試料の場合を Photo. 6 に示したが、内部ではセメンタイトが著しく球状化しており、脱炭層ではパーライトよりなる層が厚く発達していて表面近くでもフェライトは認められない。また内部組織との境界附近にはセメンタイトが脱炭し切れずに残っているのが認められる。従つて硬度は脱炭層よりも内部の方が高くなつていく。

(2) 加熱時間の影響

1000° で 4 時間及び 6 時間加熱した試料の炉冷後の表面は幾分酸化されて黒くなつていたので、この場合の重量変化の値は正確には脱炭減量を示さないから省略する。脱炭

層の深さを測定した結果は Fig. 4 の如くであつて、何れの鑄鉄についても焼入した試料が最も脱炭し易いことは時間が経過しても変わらないが、2 時間の加熱では鑄造のまゝの試料よりも脱炭の程度が少かつた焼入後焼鈍した試料が、4 時間後には逆にこれよりも脱炭の程度が稍々多くなつており、6 時間後にはこの傾向が更に強くなつていく。これ

Fig. 4 Effect of Various Addition Elements on the Decarburized Layer in 2.5%C, 0.1%Mn Cast Irons Having Various Micro-structure.

は前述のように鑄造のまゝの試料は最初にはセメンタイトがオーステナイトに溶け込んで脱炭するため、最初から黒鉛がこれに溶け込んで脱炭する焼入後焼鈍した試料よりも最初の中は脱炭し易いが、鑄造のまゝの試料は脱炭温度に加熱する中に黒鉛化が進んで大きな黒鉛粒を析出し、これがオーステナイトに溶け込んで脱炭することになるから、後には焼入後焼鈍した黒鉛粒の著しく微細な試料の方が逆に脱炭し易くなることによるものである。また先にも述べたように、焼入した試料は黒鉛化を完了した後は焼入後焼鈍した試料と全く同様の機構で脱炭するから、黒鉛化完了前に両者の間に生じた脱炭の程度の差は時間が経過しても殆んど変つていない。

また鑄造、焼入及び焼入後焼鈍の何れの試料についてもやはり 1%Si 鑄鉄が最も脱炭し易く、1%Si-1%Cu 鑄鉄がこれに次いで脱炭し易く、また 2%Si 鑄鉄が最も脱炭し難くなつていく。

IV. 総 括

化学組成と熱処理を異にする数種の普通鑄鉄或いは合金鑄鉄 (2.5%C, 1%Si 或いは 2%Si, 0.1%Mn) を CaO 粉末中で加熱して無酸化脱炭を行い、脱炭減量や脱炭層の深さを測定し、また顕微鏡組織の変化を観察した。その結果同一化学組成の鑄鉄でも、その組織を考慮せずに脱炭を論ずることの出来ないのが明らかになつた。一般に鑄鉄内で炭素が結合状態即ちセメンタイトとして存在するときは、遊離状態即ち黒鉛として存在するときよりも脱炭し易い。これは、セメンタイトは極めて不安定であつて高温では容易にオーステナイトに溶け込んで脱炭するが、これに反し黒鉛は極めて安定であつてオーステナイトに溶け込んで脱炭するには時間がかかるためである。従つて白鉄はこれを黒鉛化したものよりも脱炭し易く、また Cu や Si を多く添加した黒鉛化し易い鑄鉄ほど脱炭し難い。またセメンタイトも黒鉛も粒が細かいほど脱炭し易くなるが、これはオース

テナイトと接触する全体としての表面積が大きくなるためである。

脱炭層の組織と硬度変化とを対照した結果では、内部は冷却に際し 1 次黒鉛化に基づく黒鉛粒の存在に誘起されて 2 次黒鉛化もよく進むが、表層は脱炭して炭素濃度を減じ、黒鉛化を助長する Cu や Si の添加量が高くない場合は、2 次黒鉛化することなくそのまま鋼の組織となり、鋼の脱炭の場合とは逆に脱炭層の方が内部よりも硬度が高くなるこ

とがある。可鍛鑄鉄を機械仕上するとき材料がよく黒鉛化しているのに硬くて困ることがあるのはこのためである。しかるに 2%Si の如き高 Si 鑄鉄を焼入したものでは、炉冷程度の冷却速度でも脱炭層は内部と同様に 1 次、2 次ともに黒鉛化を完了してパーライトを生じないから、脱炭層の硬化はみられない。また Cr を添加した鑄鉄は黒鉛化し難いから、脱炭層よりも内部の方が硬度が高い。