

Comparison of wear of liners mm/100 h

Engine No.	1	2	3	
Running hr.	200	798	410	
Liner mark	A	0.74	0.72	{0.173 {0.60 {0.45 {0.51 {0.58 {0.60
	B	0.77	0.60	
	C	0.57	0.26	
	D	1.19	—	
	E	0.50	0.65	
	F	0.70	0.61	
	G	—	0.66	

(31) LCN 155 耐熱鋼におよぼす

Cb, N₂ の影響

(溶体化処理後の焼戻過程の析出について—II)

Effects of Cb and N₂ on the LCN 155 Heat-Resisting Steel

(On the Precipitation in Tempering after Solution Treatment)

T. Masumoto, et alius

東北大学金属材料研究所 工博 今井 勇之進
工〇増 本 健

I. 緒 言

前報 (日本鉄鋼協会 1956 年秋の大会発表) において筆者等は本合金の時効性におよぼす Cb, N₂ の影響を調べるために液体化処理温度を変えた場合の Cb, N₂ の有無による硬度, 熱膨脹, 比熱, および顕微鏡組織の変化について研究結果を発表した. 即ち溶体化処理温度を上げ Cb 化合物を地に溶け込ますことによりその差が著しく Fig. 1 の如く No. 4 の試料は溶体化処理後の硬度および焼戻による最高硬度が高く, 軟化速度が遅く, 硬度保持温度が長い. 他の試料に比し, No. 4 の試料が焼戻硬度および時効性に良い性質を持つことは Cb および N₂ が同時に添加されることにより両者の性能を加算し, 析出物および地の硬度を増加し析出の分布を細かくすることによると考えた. しかしこの優位な性質を与える原因について, まだ明らかにされていないので本報では前報の 4 種の試料に加えて 2 種の試料を作製し, 硬度熱膨脹測定により焼戻過程を調べて比較検討し, 更にくわしい顕微鏡組織の変化, X線, 電子顕微鏡および化学分析による析出物の構造, 形状, 種類を研究した.

II. 試 料

前報の 4 種の試料に加えて Mo および W を添加せぬ試料 (No. 7) および C を添加せぬ試料 (No. 8) を溶解した.

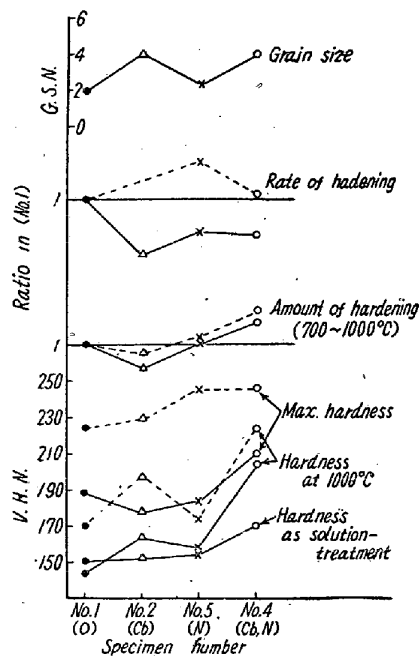


Fig. 1. Effects of Cb and N₂ at 1300°C x 1h solution treatment.

II. 実験結果および考察

1. 焼戻による析出変化

硬度, 熱膨脹, 比熱測定結果—前報において熱膨脹, 硬度, 比熱測定により, 4 種のいずれの試料も 500°C および 800°C 附近に二段の析出変化が認められ, 特に二段の析出による硬化が著しく Cb および N₂ の有無により析出温度, 析出過程, 析出量, 硬化量に大きい影響を与えることが観察された. その後更に追加研究を行った結果, Mo, W を添加しない試料の析出過程は No. 4 と同じ傾向にあるが第二段析出物の析出および再溶解温度が低くなり, この析出による硬化量を減少する. また C を添加しない試料は析出過程に大きい影響が見られ, 第一段析出は変らぬが第二段析出は少く, 900°C 附近でわずかに析出が見られ一度軟化した硬度はこの点で再び高くなる. 更に No. 4 の試料の溶体化処理温度を低くすると第二段析出物の量が減少するが第一段析出物の量は変化しないことが明らかになった. 次に第一段および第二段析出物の関係を調べた結果, 第一段析出物が一部再溶解すると推察できる一つの証拠があった.

顕微鏡組織—村上試薬および CuCl₂ 試薬, Vilella を使用して 1150°C および 1300°C 溶体化処理後 100°C ごとに 1 h 焼戻した組織および 650°C, 700°C に時効せしめた場合の組織を調べた結果, No. 1, No. 5 の試料は約 1150°C で析出物がほとんど溶解するが, Cb 添加せる試料は 1300°C でも析出物が存在する. つぎに焼戻による組織の変化は Fig. 2 に示す如く, 4 種の試料, い

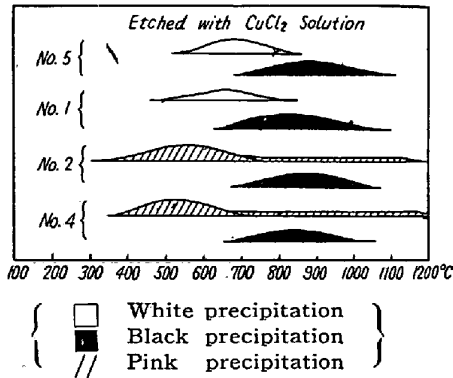


Fig. 2. Change of microstructure (schematic) at 1150°C solution treatment.

づれにも第一段で大きく凝集した CuCl_2 液で腐蝕されない白色析出物が認められる。しかし Cb 添加せる試料は色が異り析出温度は低い。この白色析出物は約 800°C 附近で消失 (No. 1, No. 5) 或は減少 (No. 2, No. 4) する。これより早く約 650°C 附近から粒界に別に CuCl_2 液で着色する黒析が生じ、しだいに白析の周囲にも細かい黒析を生じる。900°C ではいずれの試料もほとんど粒界および壁開面 (No. 5 著しい) に細い黒析が生じる。その後、まず粒界より溶解を始める。No. 2 および No. 4 の 1100°C で認められる Cb 化合物の白析と第一段析出物とは何か関係があるように思われる。溶体化処理温度の上昇は第一段の析出物の凝集を生じせしめず、第二段の析出を粒界および粒内に細かく分布せしめる。(No. 4, No. 5 著しい) 650°C および 700°C 時効では長時間保持により、あきらかに添加元素の影響が認められ Cb 添加 (No. 2, No. 4) せる試料は析出量少なく粒界、粒内に分散せしめる傾向がある。時効でも第一段析出物の再溶解が認められるが 1300°C 溶体化処理試料では白析は認められず粒内、粒界に細かい黒析が認められる。ただ時効の際、Cb 添加せる試料は 100 h で粒界粒内に桃色の大きく成長した析出物が見られた。(Cb 化合物と思われる) 以上の実験結果より次の考察が出来る。第一段変化の析出物は粒内に大きく凝集した白析或いは桃色析であり、硬度に大きい影響を与えない。この析出物は N の存在する試料では主に nitride と思われ、特に Cb の存在する場合、Cb の化合物 (桃色析) が析出する形跡がある。しかし N の少ない場合は低級 carbide であると思われる。第二段変化の析出は著しい硬化を与えるが、主として carbide を主成分とするものと考えられ、 N_2 , Cb の添加による焼戻硬度の増加は Mo, W の添加により有効である。第一段析出と第二段析出との関係は、どの試料も第一段析出物が一部溶解し、第二段析出物を生じるもの

(粒内)と新たに地より析出するもの(粒界)とある。この遷移速度は Cb および N_2 の添加により著しく遅くなるが Mo, W が間接的に効果を与えるものと考えられる。

2. 析出物について

X線回析—母体金属の格子常数におよぼす熱処理、添加元素の影響、溶体化処理後の析出物、550°C~700°C に焼戻した場合の析出物の変化、第一段および第二段析出物の構造および 650°C, 700°C に時効した場合の析出物の変化について研究した。主な点を挙げると、第一段析出物は Cb の入らぬ試料では、まだ確認されないが Cb の添加せる試料は Cb 化合物の存在が認められた。(No. 2-f.c.c. 4.44\AA , No. 4-f.c.c. 4.41\AA)。焼戻により Cb 化合物の格子常数はやや減少する。No. 5 を除いた試料は、いずれも第二段で M_{23}C_6 が認められ (f.c.c. 10.64\AA) だが、No. 1 の試料は 550°C \times 125 h ですでに M_{23}C_6 が認められる。しかし No. 4 の試料は約 900°C \times 10 h で薄い (333) の line が認められるのみである。すなわち析出物の種類には変化はないが Cb- N_2 の添加により析出を困難にしていることが判る。

電子顕微鏡—溶体化処理温度を変えた場合の第一段および第二段析出物の形状、No. 4 の試料の 500°C~1000°C 迄各 100°C ごとに 1 h 保持した場合の形状変化、時効による形状変化を観察した。即ち第一段および第二段析出物の形状に差があり、この遷移する状態が認められた。(Photo 1) No. 4, No. 2 の試料には薄い析出物が



Photo 1. Electron micrograph of extracted residue (Specimen No. 4, 1300°C \times 1h \rightarrow o.q. 700°C \times 1h temper)

認められ No. 5 の試料では羽毛状の特殊析出物が認められた。No. 1 の試料は他の試料に較べ大きい多角形状

の析出物を形成する。以上析出物は添加元素に影響されるが析出物の種類よりも間接的な元素の影響即ち析出速度、析出物中の固溶元素量等に影響され特に第一段析出物の形態、組成が第二段析出物に大きい影響を持つことが考えられる。

以上ごく簡単に実験結果および考察を記したが発表の際には化学分析による結果と併せて最終的結論を述べることにする。

(32) パーライト球状黒鉛鑄鉄の研究 (I)

Study on the Pearlite Nodular Graphite Cast Iron (I)

S. Tsutsui, et alius

関東特殊製鋼 ○筒井舜一
相原博

As cast で free Fe_3C も、ferrite も現われることなく、球状黒鉛と pearlite matrix とのみよりなる組織を確実に得ることは実際にやってみるとなかなかむずかしい問題である。即ち普通成分の球状黒鉛鑄鉄においては Mg 添加剤の違いにより、二次接種によりまた接種後鑄造までの経過時間により著しくその組織が変化することはよく経験する。成分によつては Fe-Si で二次接種直後の組織が free Fe_3C はなく Bull's eye である熔湯を 5 分後に鑄造した組織は free Fe_3C が多量に現れ、matrix は all pearlite であるというような事は常に認められる現象である。従つて普通成分では all pearlite の球状黒鉛鑄鉄を確実に造ることは非常にむずかしいと考えられるので ferrite 化を防ぎ pearlite 安定化作用を有すると考えられる合金元素を添加して Bull's eye 化を防ぐ事を目的として各種合金元素の影響を調べた。本報告では出来上りが high C high Si 成分となるもので Fe-Si-Mg で Mg 添加をし、二次接種を行わない場合について Mg 添加後の経過時間の影響も考慮して実験した結果について述べる。

熔解は溶解量を 1 kg と一定にし原料は岩手木炭銼、軟鋼棒、各種合金鉄、純金属を用い、黒鉛螺旋抵抗式電気炉で一定条件で行い、最高加熱温度 1450°C で直ちに湯出、Mg 添加処理をした。Mg 添加は Mg 19.98% Si 48.5% の Fe-Si-Mg を使用し予熱した坩堝の底に米粒ないし小豆粒大の Fe-Si-Mg を Mg=0.6% 相当量入れ、その上に黒鉛フロートを置き穴のある蓋の上か

ら注湯して行つた。Mg 添加後は良く攪拌し直ちに坩堝ごと炉中に戻し約 1350°C で保持し Mg 添加後 5, 8, 10 分で 35 mm ϕ \times 40 mm の生砂型に鑄造し常温まで冷却後、試片中央断面の顕微鏡組織を調査した。基本成分を Mg 添加 5 分後において C 3.85%, Si 3.2%, Mn 0.33%, Cu 0.15%, P 0.07%, Mg 0.08% となるようにし Cr 0~0.8%, Mo 0~2.5%, V 0~2.5%, W 0~2.5%, Cu 0.15~2.5%, Mn 0.33~3.0%, Sn 0~0.40% の範囲について実験した。

Cr の影響: 基本成分のものは Mg 添加後 5 分、8 分、10 分の組織ならびに Bull's eye でその面積が pearlite 部分より多いものであるが、Cr 0.4% で Bull's eye は ferrite 量が減り、時間の経過と共に細い free Fe_3C が僅かに現れて来る。Cr 0.6% で Bull's eye は更にやゝ減り、細い free Fe_3C は増す。Cr 0.8% では Bull's eye は全然なくなり all pearlite となるが free Fe_3C は非常に増す。Cr は ferrite 化を防ぎ pearlite を安定化するより free Fe_3C の安定化作用の方がより強いといえよう。

Mo の影響: Mo 0.8% で ferrite の多い Bull's eye が相当あり、その他に Mo 複炭化物と僅かの bainite が現れる。しかも時間の経過と共に free Fe_3C が現れて来る。Mo 1.5% でも Bull's eye が有り時間の経過と共に free Fe_3C を増す。Mo 2.5% で pearlite は非常に減り殆んど bainite matrix となつてもう。Mo は Bull's eye を pearlite 化する前に bainite 化してしまい、しかも free carbide の安定化作用も大であるといえよう。

V の影響: V 0.8% でも Bull's eye と僅かの V 炭化物が現れており時間の経過と共に free Fe_3C を増す傾向を示す。V 1.0%, 1.2% になると Bull's eye が残っているのにかなりの free Fe_3C が現れて来る。V 2.5% でも free Fe_3C が非常に増加するに不拘 Bull's eye が一部に現れるが時間の経過と共になくなる。V は Cr と同様 ferrite 化を防ぎ pearlite を安定化するより free Fe_3C の安定化作用がより強いといえよう。

W の影響: W 0.8%, 1.5%, 2.5% 共に ferrite の多い Bull's eye が現れ、しかも時間の影響を受けない W 量が増すと共に W 複炭化物の量が増す。W は ferrite 化を防ぎ pearlite を安定化する作用が殆どないといえよう。

Cu の影響: Cu は ferrite 球状黒鉛鑄鉄を造る場合に ferrite 化を防ぐといわれているので実験した。Cu 1.0% では ferrite 量の中程度の Bull's eye で