

炭素量によるちがいがだけが認められる。いずれにしても  
 実用切削速度の範囲では工具寿命を制約しないことがわ  
 かる。

IV. 切屑の出方

切屑のカールの大きさや破砕性は突然破損による工具  
 寿命を左右する、切屑のカール半径を測定した結果、鉛  
 鋼のそれは炭素量、切削速度にかかわらず 2~4mm で  
 破砕性がよく、無鉛鋼のそれは 50~90mm で連続形で  
 あった、両鋼種とも C 量 0.3~0.4% で最小の半径を示  
 し、その前後ではやや大きくなる。

V. 切 削 力

鉛鋼の切削力は無鉛鋼より主分力で 20~30%、横分  
 力で 30~40% ひくい、また Fig. 4 に示すように C 量  
 0.3% 以下の 両鋼種の切削力と切削速度の関係はほぼ似  
 ているが 0.4% 以上では高速側で鉛鋼の切削力は増加の  
 傾向を示し、無鉛鋼との差が小さくなる。

VI. 仕上面あらさ

仕上面あらさは構成刃先生成の状態でいちじるしく変  
 る、この構成刃先生成速度を切削力の変化と工具刃先へ  
 の附着状態の観察からまとめ Table 3 に示す。構成刃  
 先生成速度は鉛鋼で 90 m/mn 無鉛鋼で 55 m/mn と  
 なり、かつ C 量が増すにつれて、その速度が低下し 0.5%  
 C 附近で急激に下る。つぎに構成刃先生成速度域より

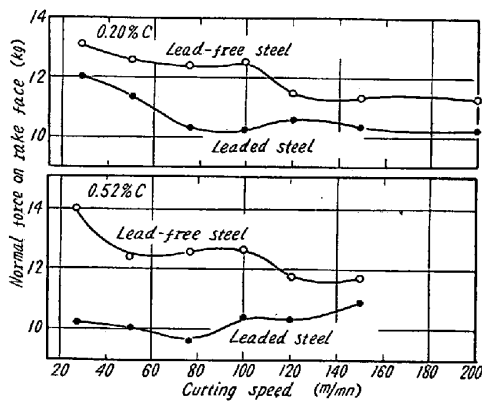


Fig. 4. Cutting force of leaded and lead-free steels with various carbon contents.

Table 3. Critical cutting speed of built-up edge of leaded and lead-free steels with various carbon contents.  
 Fool STI f=0.24 d=0.8

Carbon content	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%
	m/mn	m/mn	m/mn	m/mn
Leaded	84~100	83~100	82~100	72~95
Lead-free	50~78	50~72	49~64	43~60

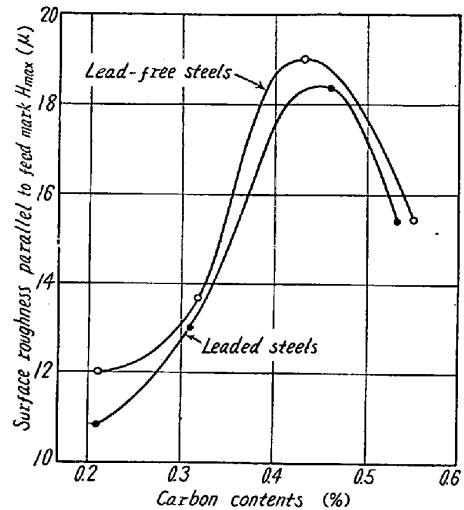


Fig. 5. Surface roughness at  $V_{60}$  of leaded and lead-free steels with various carbon contents.

高速側 (各鋼種毎にその 60 分工具寿命速度をとる) に  
 おける仕上面あらさを求めると Fig. 5 に示すようにや  
 や鉛鋼の方がよく、両鋼種とも 0.45% C 附近で最も劣  
 化する。

VII. 結 言

超硬工具を用い鉛入り炭素鋼の焼ならし状態の被削性  
 を無鉛鋼と比較した結果、鉛鋼の工具寿命には限界速度  
 のあること、鉛鋼の切屑は小さく破砕性のよいこと、鉛  
 鋼の構成刃先生成速度は無鉛鋼より高く、高速域におけ  
 る鉛鋼の仕上面あらさは無鉛鋼よりややよいこと、およ  
 び鉛鋼の切削力は全般に無鉛鋼よりひくい炭素量 0.4  
 % 以上で切削速度が 160 m/mn をこえるとほぼ等しく  
 なることがわかった。

(152) 球状黒鉛鋼ロールの研究

東北大学金属材料研究所

工博 音 谷 登 平

住友金属工業製鋼所

○益 子 美 明

Study on Nodular Graphite Steel Rolls.

Dr. Tohei OTOTANI and Yoshiaki MASUKO

I. 緒 言

いわゆる黒鉛鋼は Si 含有量の多い高炭素鋼を鍛造後、  
 高温度で焼鈍することによってえられる。しかしその遊  
 離黒鉛は、塊状ないし片状を呈する。

最近筆者の一人は Ca の有効な添加剤として Fe-Ca

基合金を創製し、これを添加することによつて、鑄造状態で既に球状の遊離黒鉛を含有する高炭素鋼、すなわち球状黒鉛鋼をつくることに成功した。

筆者等はロールを対象とした球状黒鉛鋼の材質を研究し、これを基礎として球状黒鉛鋼ロールの試作を行なつたのでその結果を報告する。

II. 球状黒鉛鋼の材質的特性

特にロールを対象とした場合材質上第一に注目すべきは合金元素の配合下における球状黒鉛量と機械的性質の関係である。

1. 球状黒鉛鋼の組織と機械的性質におよぼすC含有量の影響

Si 約 1%, Ni 約 0.6%, Cr 約 1%, Mo 約 0.25% を含有する球状黒鉛鋼を熔製し、C 含有量を 1, 1.5 および 2.2% に変化させた。Fe-Ca 基合金 (20% Ca) は 1% 添加し、16kg の鑄片を試験片とした。

球状黒鉛量はC含有量が多くなるにつれて増加し、C 2.2% では 0.42% に達する。機械的性質は Table 1 に示すごとく黒鉛量と密接に関係している。すなわち C 1% の場合は Fe-Ca 基合金の添加によつて強靱性の変化は認められないが、C 1.5% になると靱性が向上し、C 2.2% では強度、靱性ともにいちじるしく向上する。

2. 球状黒鉛鋼の黒鉛析出量と機械的性質におよぼす合金元素配合の影響

C 約 0.8%, 1%, 1.4% の炭素鋼, Mo 鋼 (Mo 約 0.45%), Cr-Mo 鋼 (Cr 約 0.7%, Mo 約 0.25%) および Ni-Cr-Mo 鋼 (Ni 約 0.6%, Cr 約 0.7%, Mo 約 0.25%) の球状黒鉛鋼を熔

製し、各鋼種につき Si 量を 1, 1.5 および 2% に変化させた。

球状黒鉛の析出量は、同一の合金元素配合下ではC含有量の多いほど多く、また同一のC含有量では Cr-Mo 鋼, Ni-Cr-Mo 鋼, Mo 鋼および炭素鋼の順に増加する。ただし Si の影響については、Fig. 1 に見るごとくとくに C 量と密接な関係があり、C 1.4% の場合 Si 1.5% で最大の黒鉛量を示すが、この最大黒鉛量を示す Si 量は C 量が減少するほど増加する。

各鋼種の機械的性質は Fig. 2 に示すごとく一般に黒鉛量の多いほど強靱性の改善がいちじるしい。

III. 球状黒鉛鋼の熱延用ロールに対する適用性

熱延用ロールとしての材質的な必要条件は、(1) 強靱

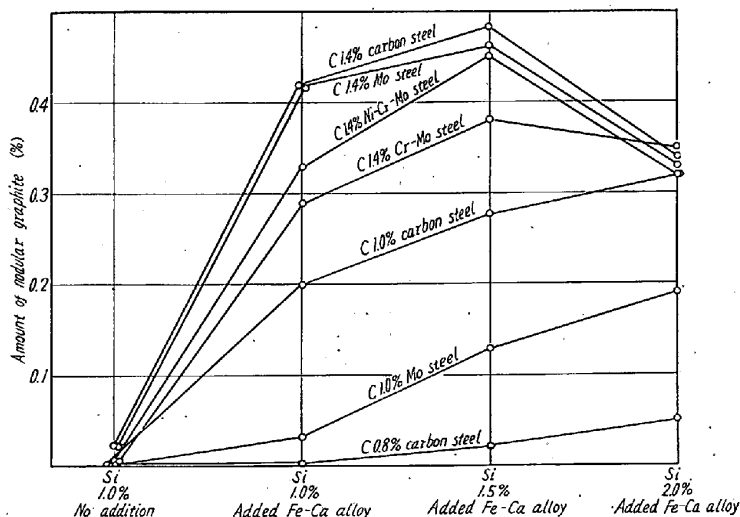


Fig. 1. Effect of Si content on the amount of nodular graphite in heat-treated state of various kinds of steels tested. (Heat treatment: 925°C×6h→air cool, 725°C×5h→air cool).

Table 1. Comparison of mechanical properties of nodular graphite steel with that of speical cast steel in regard to its carbon content.

Mechanical property	As cast						As annealed *						Fe-Ca alloy addition
	Yield point (kg/mm <sup>2</sup> )	Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Brinell hardness number	Charpy impact value (kg-m/cm <sup>2</sup> )	Yield point (kg/mm <sup>2</sup> )	Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Brinell hardness number	Charpy impact value (kg/cm <sup>2</sup> )	
C1% Ni-Cr-Mo steel	—	80.2	0	0	363	0.3	60.4	91.7	9.6	9.7	263	1.4	No Added
	—	78.9	0	0	331	0.3	58.5	91.4	7.9	11.1	255	1.3	
C1.5% Ni-Cr-Mo steel	—	63.0	0	0	341	0.1	57.8	90.3	1.3	1.0	292	0.2	No Added
	—	63.0	0	0	331	0.2	55.9	78.9	2.6	2.8	274	0.4	
C2.2% Ni-Cr-Mo steel	—	40.8	0	0	378	0.1	—	55.8	0	0	331	0.1	No Added
	—	42.9	0	0	329	0.2	50.0	58.3	1.0	1.7	311	0.3	

\* 925°C×6h→furnace cool, 725°C×5h→furnace cool.

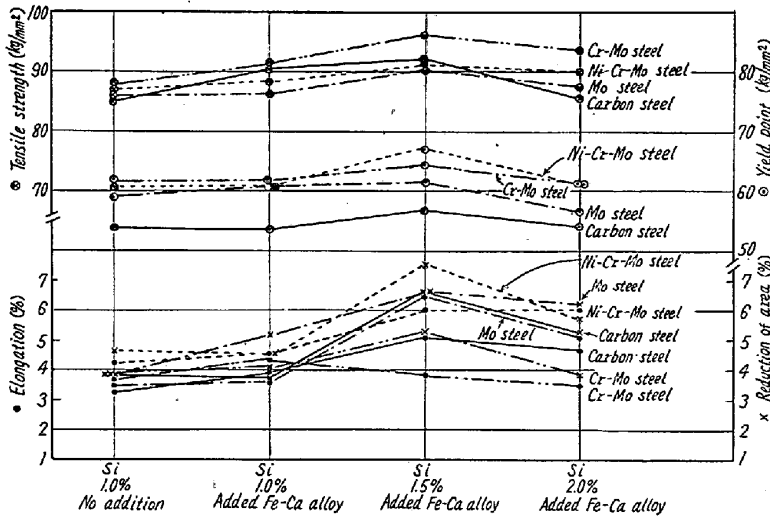


Fig. 2. Comparison of tensile properties in heat-treated state among various kinds of C 1.4% nodular graphite steels tested with special reference to the effect of Si content. (Heat treatment: 925°C×6h→air cool, 725°C×5h→air cool).

性, (2) 耐熱亀裂性および (3) 耐摩耗性の 3 点に要約される。

前述の球状黒鉛鋼の材質的特性を見れば, その強靱性は直ちに上記 (1) の要件に適合するものであり, 微細な遊離球状黒鉛の存在は熱応力の分散に役立つて (2) の耐熱亀裂性を改善し, また黒鉛自身の有する減摩作用は (3) の耐摩耗性を改善することが期待できる。しかも球状黒鉛鋼の有する鋼としての性質から見て, 合金元素の配合と熱処理によりロールの材質を広範囲に調整しうることが期待できる。

IV. 球状黒鉛鋼ロールの試作とその使用成績

以上の検討結果を基礎とし, さらに実際にロールを製作する場合のいろいろの問題点を実験的に解決して球状黒鉛鋼ロールの製造方案を決定した。

試作はブルーム用分塊ロールより始め, 帯鋼粗ロール, 型鋼粗ロールそのほかにおよんだ。試作ロールはその本体につき確性試験を行なつて所期の材質を具備することを確認した後実際の使用に供した。使用成績は, いずれの場合も従来の材質によるロールを凌ぐ良好なもので, 前述の期待が満足されていることを確認することができた。

Photo. 1. は球状黒鉛鋼ロールの組織を, ほかの材質によるロールのそれと比較したものであり, Photo. 2 は分塊ロールとして使用された球状黒鉛鋼ロールと特殊鑄鋼ロールの表面状況を比較したも

のである。

以上の試作と実用試験の結果から球状黒鉛鋼ロールの主なる特徴をあげればつぎのごとくである。

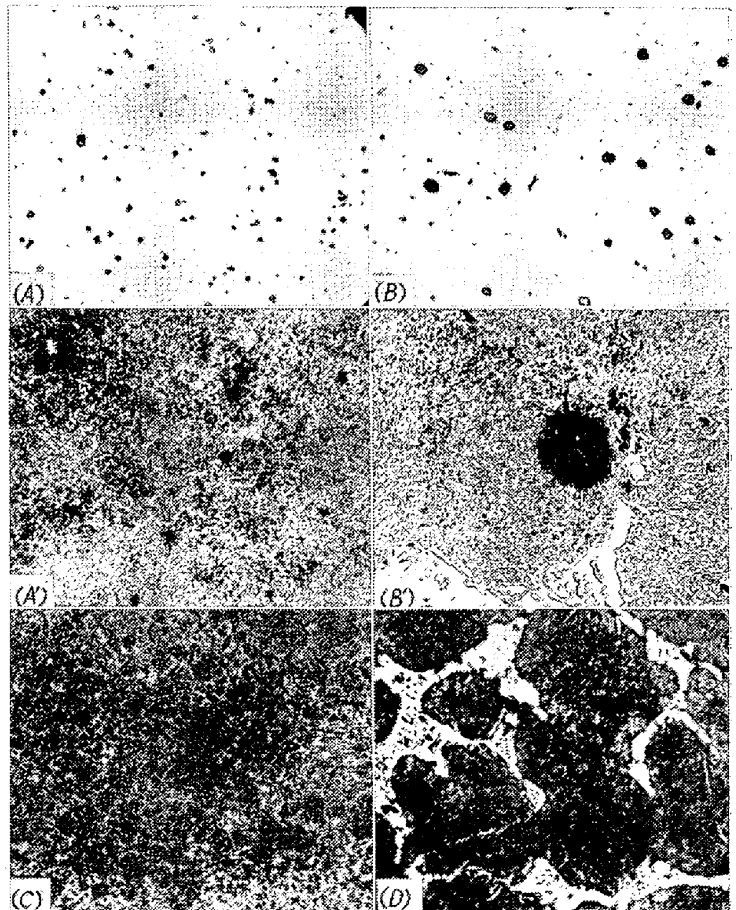
(1) 強靱性に富み, 折損に対する抵抗が非常に大きい。

(2) 耐熱亀裂は微細な亀甲状を呈し, ロールの円周方向につらならない。

(3) ロール表面の磨耗が少なく, またカリパー側壁の肌荒れが少ない。

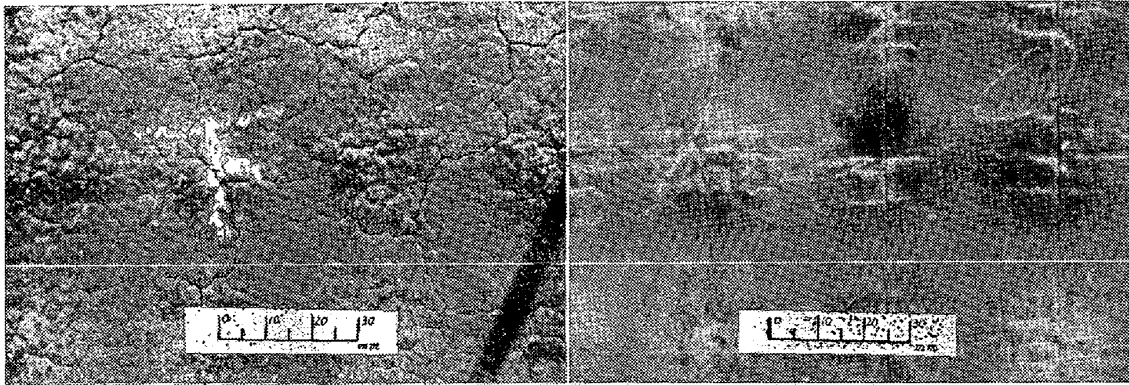
V. 結 言

鋼系の熱延用ロールにおいて, 鋼本来の強靱性を保有し, しかもその耐熱亀裂性と耐摩



A. C 1.3% nodular graphite steel roll (Nodular graphite 0.25%). Noetch, ×100 (1/2)  
 A'. C 1.3% nodular graphite steel roll (Nodular graphite 0.25%). Etched with 5% picral, ×300 (1/2)  
 B. C 2.0% nodular graphite steel roll (Nodular graphite 0.45%). Noetch, ×100 (1/2)  
 B'. C 2.0% nodular graphite steel roll (Nodular graphite 0.45%). Etched with 5% picral, ×300 (1/2)  
 C. C 0.85% special cast steel roll. Etched with 5% picral, ×500 (1/2)  
 D. C 1.7% Adamite roll. Etched with 5% picral, ×100 (1/2)

Photo. 1. Comparison of microstructure of nodular graphite steel rolls with that of a special cast steel rolls and an Adamite rolls.



Nodular graphite steel roll  
(After it had rolled about 18,000 t of ingots)

Special cast steel roll  
(After it had rolled about 13,000 t of ingots)

Photo. 2. Comparison of nodular graphite steel roll with special cast steel roll for blooming mill with regard to fire cracks on the rolling surface in service (Roll size : 870 mm  $\phi$   $\times$  2,200 mm  $\times$  4,040 mm).

間が焼鈍中のフェライト粒度におよぼす影響を高温顕微鏡を用いて調査した。この結果フェライト粒度に関する限り Al キルド鋼では焼鈍温度が 650, 700°C の場合は焼鈍保持時間は 1 時間以内でよく、これ以上 7 時間

耗性を改善するには、鑄鉄系ロールの特色を巧みにとり入れるべきである。この着想は、鋼に球状の遊離黒鉛を析出せしめた新しい材料、すなわち球状黒鉛鋼の適用によつて実現されるものと考えた。

かかる観点に立つて、球状黒鉛鋼の材質に関する基礎的検討と実際のロールの試作実験を行ない、従来のロールを凌ぐ高性能のロール、すなわち球状黒鉛鋼ロールの創製に成功した。すでに約 300 個におよぶ各種多数の球状黒鉛鋼ロールを製作している。

まで行なつてもフェライト粒度は同じであることが認められた。

リムド鋼でも焼鈍温度が 650°C の場合は 1 時間以内の保持で十分でこれ以上 10 時間まで行なつてもフェライト粒度は不変である。

## II. 実験経過

低炭素冷延鋼板の縦断面を高温顕微鏡（ユニオン HUM 型）で炉温を上昇しながら観察した。Al キルド鋼の場合昇温速度は 150°C/h, リムド鋼の場合は 540°C/h で行なつた。保持時間の影響は Al キルド鋼では 650°C, 700°C; リムド鋼では 650°C について行なつた。保持終了後は炉中冷却を行なつたが 700°C より 80°C までの冷却時間は約 55 mn であつた。

なお試料は空気酸化腐食してフェライト粒度を高温で観察したのであるが、高温における組織、それを室温にまで冷却した時の組織および同一部分を高温での空気腐食組織が検鏡できない程度にまで薄く再研磨して 5% 硝酸アルコールで腐食した 3 者の組織は完全に同一であることを確めておいた。

## III. 試料

用いた試料は Al キルド鋼 5 種, リムド鋼 1 種でボトムスラブよりの冷延板を使用した。供試冷延板の化学成

### (153) 低炭素鋼板の高温顕微鏡による結晶粒観察

八幡製鉄所技術研究所

清水 峯男・松倉 亀雄・古賀 武信

Observation of Grain Growth of Low-Carbon Steel Sheets with a Hot-Stage Microscope.

Mineo SHIMIZU, Kameo MATSUKURA  
and Takenobu KOGA

#### I. 緒言

低炭素鋼板を再結晶焼鈍する場合、その温度および時

Table 1. Chemical compositions of specimens (%)

Sample marks	Deoxidation	C.R. Rate %	C	Si	Mn	P	S	Cu	As	Sol. Al	Insol. Al	N
C	Al-killed	60	0.033	0.010	0.18	0.07	0.013	0.075	0.035	0.033	0.006	0.0040
L <sub>1</sub>	//	61	0.045	0.008	0.19	0.07	0.009	0.059	0.025	0.029	0.005	0.0057
L <sub>2</sub>	//	50	0.046	0.018	0.22	0.07	0.011	0.056	0.027	0.052	0.004	0.0053
S <sub>1</sub>	//	50	0.033	0.008	0.31	0.12	0.026	0.061	0.024	0.033	0.006	0.0050
S <sub>2</sub>	//	55	0.046	0.012	0.34	0.12	0.017	0.081	0.036	0.058	0.005	0.0055
P	Rimmed	49	0.07	0.010	0.32	0.14	0.026	0.070	0.015	0.003	0.003	0.0025