

VII. 結 言

住友金属小倉製鉄所では昭和 30 年より自溶性焼結鉍の製造技術について研究し、その実際高炉操業試験に成功した。その詳細については以上のべたとおりである。現在もこの操業をおこなっているが、上記にのべたごとく生産上および使用上の多少の問題点は残るけれども、自溶性焼結鉍の使用によりコークス比は、飛躍的に低下し得ることは明白となり、わが国の製鉄技術の向上に寄与し、その新分野を開拓したものと考え。最近、高炉操

業技術として、酸素富化操業、調湿操業、高圧操業および全自溶性焼結鉍操業などが新しい高炉操業技術として世界的に脚光を浴びており、酸素富化操業などはわが国でも最近実験的に実施されている。このように、製鉄技術の発展は目覚ましいものがあり、当所としてもこの情勢におくれることなく、一層の研究努力を重ね、この操業法をさらに発展させるとともに、前記製鉄の新技术をも積極的に取入れ、わが国鉄鋼業界の発展に寄与したいと考えるしだいである。(昭和34年2月寄稿)

高炭素鋼の黒鉛化におよぼす各種添加元素の影響について (その2)*

(高炭素鋼の黒鉛化に関する研究—II)

山中直道**・日下邦男***

Influence of Various Elements on the Graphitization of High Carbon Steel (Part 2)

(Study on the graphitization of high carbon steel—II)

Naomichi Yamanaka, Dr. Eng. and kunio Kusaka

Synopsis:

The authors studied upon the influence of various elements on the graphitization of high-carbon steel made from electrolytic iron or sand iron with 0.01% or 0.05% aluminum addition. Samples were water-quenched from 870°C or cold drawn from 10φ to 8φ, and then heated for 24, 48, 72, 100 and 150 hours at 650°C. Results obtained were as follows:

- (1) Silicon promoted the graphitization of the high carbon steel after water-quenching and cold drawing, and manganese inhibited the graphitization.
- (2) The carbide forming elements such as chromium, molybdenum and tungsten inhibited graphitization and chromium was most effective.
- (3) Titanium, zirconium and boron promoted the graphitization very markedly after water-quenching and accelerated the graphitization after cold drawing. Vanadium restrained the graphitization after cold drawing, but accelerated graphitization after water-quenching as the vanadium increased to over 0.1%.
- (4) Nickel promoted the graphitization after cold drawing and copper had little effect on the graphitization. Columbium inhibited the graphitization after cold drawing, but accelerated the graphitization after water-quenching.
- (5) Tin inhibited the graphitization very markedly after water-quenching and cold drawing. Phosphorus, tellurium, antimony and arsenic restrained the graphitization. High carbon steel made from ordinary scrap was highly resistant to graphitization in the presence of small amounts of tin.

I. 結 言

著者らは前報において可溶 Al が黒鉛化をいちじるしく促進することまた可溶 Al が同じでも電解鉄を原料とした場合、砂鉄系原料をもちいた場合および普通の屑

鉄溶解による場合とで黒鉛化速度に大きい差異があらわ

* 昭和 32 年 4 月本会講演大会において講演

** 特殊製鋼株式会社, 工博

*** 同, 研究所

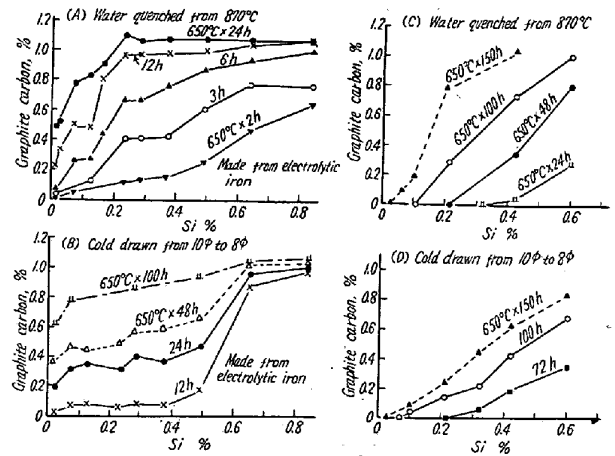
れ、電解鉄の場合がもつとも黒鉛化しやすく屑鉄使用の場合がもつとも黒鉛化速度が遅いことを認めた。この原因としては不純物として混入される Cr, Ni, Cu, Sn, N₂ などの影響であることが考えられるので、これら添加元素の黒鉛化におよぼす影響をみるために電解鉄および砂鉄系原料を用いて 1% 炭素鋼を熔製して実験をおこなった。供試材は 35KVA 高周波誘導炉で 7kg 鋼塊を熔製しこれを 13φ に圧延して使用した。

II. 実験結果

(1) Si の影響

Si がセメンタイトを不安定にし黒鉛を形成することは古くより知られた事実であり、高炭素鋼の Si の高い場合には黒色破面を生ずることも周知のことである。よつて著者らは電解鉄を用い Al 添加量を 0.05% に一定にして Si を変化せしめ、また砂鉄系原料を用いて Al 添加量を 0.01% にした場合について実験をおこなった。まづ電解鉄を原料とした場合 Table 1 記載のごとき供試材を用いて 870°C 水冷後および 10φ → 8φ 引抜加工後 650°C に加熱して黒鉛化をしらべたが、その結果は Fig. 1 (A), (B) に示すごとくであり、この場合には可溶 Al が多きため黒鉛化は非常に速いが Si の増加につれて黒鉛化が促進されることを示す。砂鉄系原料を用いて Al 添加を 0.01% にした場合の結果は Fig. 1 (C), (D) のごとくであり、可溶 Al 低きため黒鉛化速度は電解鉄使用の場合にくらべてかなり遅いがやはり Si の増加につれて黒鉛化が促進されることを示す。Photo. 1C は砂鉄系原料を用いて熔製した Si 0.10% のものを 8φ に引抜加工後 650°C に 150h 加熱した場合

の断面マクロ組織であつて析出黒鉛はいちじるしく少ない。



A and B: Made from electrolytic iron with 0.05% Al addition

C and D: Made from sand iron base metal with 0.01% Al addition

Fig. 1. Effect of Si on the graphitization of high carbon steel.

(2) Mn の影響

Mn は脱酸剤および脱硫剤として普通 0.4% 前後含まれるがこの Mn は一部地鉄に溶存し残りの大部分はセメンタイト中に固溶する。Mn が高炭素鋼の黒鉛化を阻止することは Austin¹⁾らによつても報告されており、また Mn が白鉄の黒鉛化を阻止することも知られている。よつて電解鉄を原料として Al 添加量を 0.05% に一定にして Mn 量を変化せしめまた砂鉄系原料を用いて Al 添加量を 0.01% として Mn 量を変化せしめて実験をおこなった。供試材は Table 2 に示すごとくものであり 870°C 水冷後および 10φ → 8φ 冷間引抜後

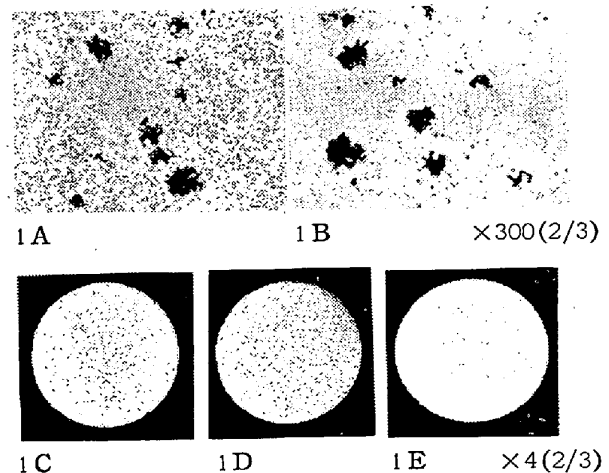
Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)													
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Sn	sol. Al	insol. Al	Σ Al	Σ N ₂	O ₂
GS— 91	0.97	0.02	0.42	0.010	0.016	tr	tr	tr	tr	0.035	0.008	0.043	0.010	0.0111
— 92	1.07	0.01	0.42	0.010	0.015	//	0.01	//	//	0.035	0.003	0.038	0.012	
—108	1.02	0.07	0.52	0.009	0.015	//	tr	tr	//	0.044	0.006	0.050	0.012	0.0074
—107	1.01	0.12	0.52	0.009	0.016	//	//	//	//	0.051	0.004	0.055	0.015	
— 23	1.08	0.23	0.42	0.009	0.011	//	0.01	//	//	0.025	0.004	0.029	0.0068	0.0039
— 24	1.08	0.28	0.42	0.008	0.010	//	tr	//	//	0.033	0.004	0.037	0.0069	
— 20	1.07	0.37	0.41	0.009	0.011	//	//	//	//	0.042	0.009	0.051	0.0084	
— 22	1.09	0.49	0.41	0.009	0.012	//	//	//	//	0.037	0.007	0.044	0.0076	
— 68	1.08	0.64	0.39	0.009	0.011	//	//	//	//	0.038	0.004	0.042	0.007	
— 69	1.08	0.84	0.39	0.008	0.010	//	//	//	//	0.039	0.005	0.044	0.010	
—160	0.98	0.02	0.43	0.011	0.013	tr	0.01	tr	0.003	0.005	0.003	0.008		
—165	0.98	0.06	0.44	0.011	0.012	//	0.02	//	0.004	0.004	0.004	0.008	0.011	
—162	1.00	0.10	0.47	0.010	0.011	//	0.01	//	0.004	0.006	0.002	0.008	0.013	
—161	1.01	0.21	0.44	0.013	0.012	//	0.01	//	0.003	0.002	0.001	0.003	0.012	
—164	1.03	0.42	0.47	0.011	0.012	//	0.01	//	0.003	0.005	0.002	0.007	0.011	
—163	1.02	0.60	0.46	0.012	0.013	//	0.01	//	0.005	0.002	0.002	0.004	0.014	

Table 2. Chemical composition of steels tested.

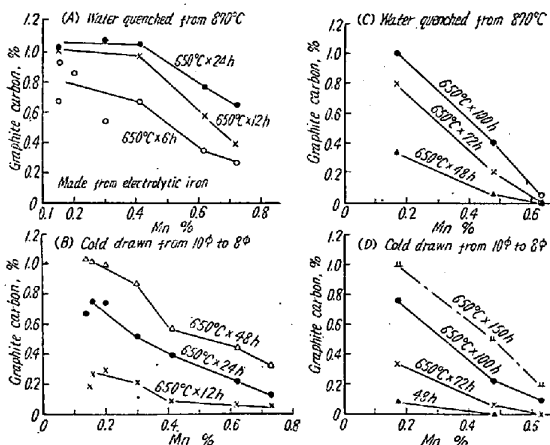
Steel No.	Chemical composition (%)												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Sn	sol. Al	insol. Al	Σ Al	Σ N ₂
GS—111	1.05	.19	.15	.004	.015	tr	0.1	tr	tr	.029	.002	.031	.008
—112	1.03	.19	.16	.008	.016	//	//	//	//	.030	.002	.032	.010
—113	1.09	.21	.20	.009	.015	//	//	//	//	.028	.003	.031	.009
—114	1.11	.20	.30	.009	.014	//	tr	//	//	.036	.002	.038	.009
—24	1.08	.28	.42	.008	.010	//	//	//	//	.033	.004	.039	.0069
—116	1.14	.22	.62	.008	.015	//	0.1	//	//	.027	.003	.030	.008
—117	1.10	.22	.73	.009	.014	//	//	//	//	.028	.006	.034	.008
GS—234	1.01	.27	.17	.009	.010	tr	tr	.01	.003	.011	.002	.013	.008
—253	1.06	.26	.48	.012	.015	//	.02	tr	.004	.010	.001	.011	.013
—235	1.04	.26	.63	.010	.010	//	.01	.01	.004	.014	.003	.017	.012

650°C に長時間加熱して黒鉛炭素を分析により求めた。Fig. 2 (A)(B) はこの結果を示したもので Mn 低目のものは黒鉛化速度がいちじるしく速く Mn の多くなるにつれて黒鉛化速度は急激に遅くなる。Fig. 2 (C)(D) は砂鉄系原料を用いた場合で同様な傾向を示す。Photo. 1A および 1B は Mn 0.48% および 0.17% のものを 10φ→8φ 冷間引抜後 650°C に 150h 加熱したもの組織であつて Mn の低いものはほとんど完全に黒鉛化を示している。



1A GS-253 Steel: 0.48% Mn
 1B GS-234 Steel: 0.17% Mn
 1C GS-162 Steel: 0.10% Si
 1D GS-231 Steel: 0.011% P
 1E GS-222 Steel: 0.055% P

Photo. 1. Microstructures (1A, 1B) and macrostructures (1C, 1D, 1E), heated for 150 hours at 650°C after cold drawing from 10φ to 8φ.



A and B: Made from electrolytic iron with 0.05% Al addition
 C and D: Made from sand iron base metal with 0.01% Al addition

Fig. 2. Effect of Mn on the graphitization of high carbon steel.

(3) Cr の影響

Cr は 0.5~1.0% の量で炭化物安定のためにひろく用いられており²⁾³⁾また Huges & Cutton⁴⁾は低炭素鋼についての実験において Cr が黒鉛化を阻止することを示した。また可鍛鉄製造の際の白鉄物の黒鉛化焼鈍は Cr が不純物として 0.15% 程度入った場合にはこれがいちじるしく黒鉛化時間を長びかせ⁵⁾、また Fe-C-Si

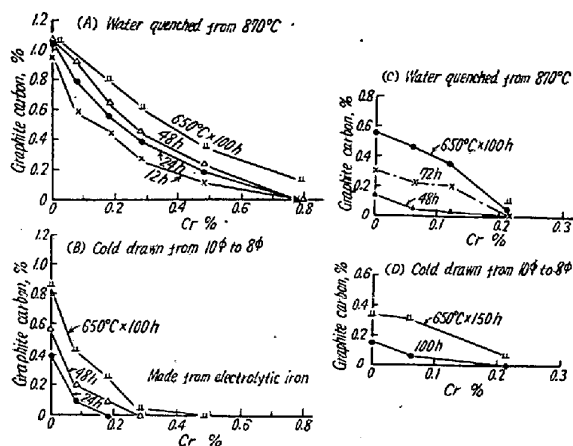
系黒鉛鋼において Cr の添加が 900~950°C 焼鈍による黒鉛化をいちじるしく阻止することが報告されている⁶⁾。このように Cr が炭化物安定化に有効であることが知られているので電解鉄および砂鉄系原料をもちいて Cr をしゆじゆに添加して Table 3 に示すごとく試料をつくり 870°C 水冷後および 10φ→8φ 冷間引抜後 650°C に長時間加熱して黒鉛化試験を実施した。Fig. 3 (A),(B) は電解鉄を原料とした場合 (C),(D) は砂鉄系原料をもちいた場合でいずれも Cr 添加によりいちじるしく黒鉛化が阻止されることを示す。

(4) W, Mo, V 添加の影響

W, Mo, V は Cr と同じく炭化物形成元素であり、これを添加すると黒鉛鋼の黒鉛化を阻止することが報告されており⁶⁾⁷⁾、また白鉄の黒鉛化を阻止することも知ら

Table 3. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Sn	sol. Al	insol. Al	Σ Al	Σ N ₂
GS—24	1.08	.28	.42	.005	.013	tr	tr	tr	tr	.033	.004	.037	.0069
—36	1.02	.26	.37	.006	.014	//	.08	//	//	.030	.003	.033	.008
—35	1.08	.25	.39	.007	.013	//	.18	//	//	.042	.005	.047	
—34	1.02	.26	.37	.009	.010	//	.28	//	//	.035	.005	.040	
—33	1.03	.26	.36	.008	.013	//	.48	//	//	.036	.007	.043	
—51	1.00	.36	.36	.008	0.12	//	.79	//	//	.038	.004	.042	
GS—213	.96	.32	.54	.008	.013	tr	tr	.02	.004	.015	.003	.008	.012
—167	1.01	.30	.45	.011	.012	//	.06	tr	.003	.012	.002	.014	.013
—141	1.00	.24	.45	.012	.015	//	.05	//	.004	.016	.003	.019	.020
—168	1.05	.23	.45	.011	.010	//	.12	//	.004	.015	.004	.019	.021
—169	1.00	.24	.45	.012	.013	//	.21	//	.003	.012	.002	.014	.026



A and B: Made from electrolytic iron with 0.05% Al addition

C and D: Made from sand iron base metal with 0.01% Al addition

Fig. 3. Effect of Cr on the graphitization of high carbon steel.

れている。

著者らは W, Mo, V の微量添加の影響をみるため

に砂鉄系原料をもちいて 1% 炭素鋼を熔製し W, Mo, V を単独に 0.3% まで添加して試験を行つた。供試材は Table 4 に示すごときのものであり、Fig. 4 はその結果を示すものである。図 (A) (B) は W の影響を示すもので W は 870°C 水冷後および冷間引抜後の黒鉛化を阻止する効果が大であり W を 0.23% 含む場合には 650°C × 100 h 加熱後の黒鉛炭素の析出は認められぬ。図 (C), (D) は Mo の影響を示すもので Mo も黒鉛化を阻止する。V 添加も冷間引抜後の黒鉛化を阻止する傾向を有するが 870°C 水冷後 650°C に加熱した場合には V 0.08% までは黒鉛化を阻止するが V がこれ以上になると黒鉛化を急速に促進するようになる。V は 0.1% までは特殊炭化物 (VC) を形成せずセメンタイト中に固溶して黒鉛化を阻止するが V がこれ以上になると特殊炭化物をつくる。V は脱窒作用がかなり強く⁸⁾ V 添加の多いものは窒素量が低くなり水焼入後の黒鉛化がいちじるしくなるものと考えられる。

Table 4. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)															
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	W	Mo	V	Sn	sol. Al	insol. Al	Σ Al	Σ N ₂
GS—178	1.01	.31	.43	.010	.012	tr	.02	tr	—	—	—	.003	.010	.002	.012	.013
—218	.96	.27	.50	.008	.014	//	tr	.01	.07	—	—	.004	.008	.001	.010	.015
—211	1.00	.29	.48	.011	.013	//	.02	.02	.14	—	—	.003	.009	.002	.011	.012
—207	.94	.29	.48	.009	.012	//	.02	.01	.23	—	—	.004	.009	.002	.011	.010
GS—210	.97	.28	.50	.013	.011	tr	.02	tr	—	0.18	—	.004	.010	.002	.012	.011
GS—158	1.06	.24	.47	.011	.012	tr	.01	tr	—	—	—	.003	.016	.001	.017	.021
—175	.99	.32	.43	.012	.013	//	.02	//	—	—	0.08	.004	.015	.001	.016	.021
—260	1.02	.27	.46	.011	.014	//	.02	.03	—	—	.14	.003	.016	.001	.017	.008
—261	1.01	.29	.45	.011	.013	//	.02	.03	—	—	.20	.004	.016	.001	.017	.013
—206	.96	.32	.48	.013	.011	//	tr	.01	—	—	.27	.004	.014	.002	.016	.010

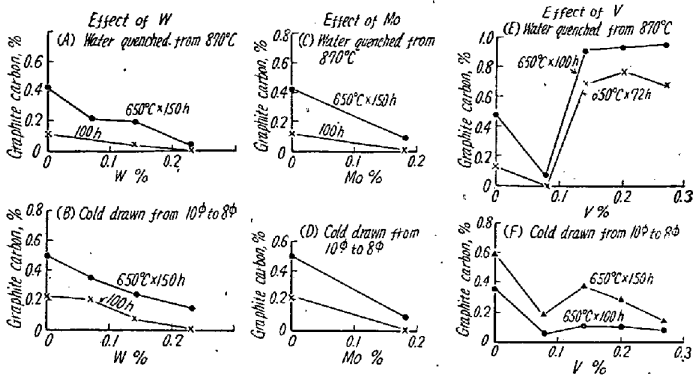


Fig. 4. Effect of W, Mo and V on the graphitization of high carbon steel made from sand iron.

(5) Ti, Ni, Cu 添加の影響

Ti が白鉄の黒鉛化を促進することは Schwarz によつて明かにされており、また多くの他の研究者によつても確認されている。また Ni, Cu も黒鉛化を促進する元素であることはよく知られておるので、これら元素の微量添加が黒鉛化に及ぼす影響をおよぼすかをみるために電解鉄および砂鉄系原料を用いた場合について実験を行った。供試材は Table 5 に示す。

Fig. 5 (A), (B) は Ti の影響を示すもので 870°C 水冷後の場合は Ti 添加により黒鉛化が急速に進行する。冷間引抜後の場合も Ti が 0.1% 以上になると黒鉛化はかなり急速に進行する。Ti は鉄と複炭化物を形成せず、非常に安定なる TiC を形成しこの炭化物には窒素が固溶され TiC(N) の黄色結晶を生ずる。したがつてセメントタイトは Ti によつて影響されず固溶窒素の

低下によつて黒鉛化が促進されるものと考えられる。Ni は 870°C 水冷後の黒鉛化にはあまり影響をあたえないが冷間加工後の黒鉛化はいちじるしく促進する。また Cu は 870°C 水冷後の黒鉛化をやゝ阻止するもあまり顕著なる影響を示さない。

(6) Sn, P の影響

電解鉄を原料として Al 添加を 0.05% とした場合および砂鉄系原料をもちいて Al 添加を 0.02% にした場合について Sn を 0.15% まで添加し、また P 添加の影響をもみた。供試材は Table 6 に示す。Fig. 6 (A) (B) は電解鉄を原料とした場合で黒鉛化が Sn 添加によりいちじるしく阻止されることを示す。図(C), (D) は砂鉄系原料をもちいた場合で Sn が 0.03% になると 650°C × 150 h 加熱後も黒鉛炭素は皆無である。屑鉄熔解の高炭素鋼が黒鉛化しにくいのは、主として少量の Sn を含有するためと考えられる。図 (E), (F) は砂鉄

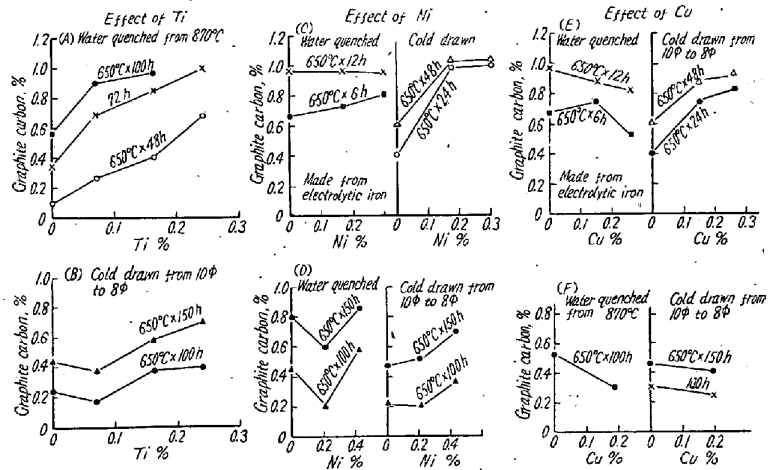


Fig. 5. Effect of Ti, Ni and Cu on the graphitization of high carbon steel.

Table 5: Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)													
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Ti	Sn	sol. Al	insol. Al	Σ Al	Σ N ₂
GS—231	1.02	.29	.46	.011	.013	tr	tr	tr	—	.003	.017	.002	.019	.010
—177	1.01	.30	.44	.013	.012	//	.01	//		.003	.015	.001	.016	.019
—180	.99	.32	.44	.014	.011	//	.02	//		.004	.013	.001	.014	.011
—205	1.00	.33	.49	.011	.011	//	tr	//		.004	.014	.001	.015	.008
GS—24	1.08	.28	.42	.008	.010	tr	tr	tr		tr	.033	.004	.037	.0069
—66	1.08	.27	.35	.002	.014	.17	.01	//		//	.039	.004	.043	
—67	1.08	.26	.36	.003	.014	.30	tr	//		//	.035	.006	.041	
GS—213	.96	.32	.54	.008	.013	tr	tr	.02		.005	.015	.003	.018	.012
—215	.99	.28	.48	.007	.016	.21	//	.01		.004	.014	.002	.016	.013
—232	1.01	.28	.46	.008	.010	.43	//	.01		.003	.014	.003	.017	.014
GS—65	1.08	.26	.36	.002	.014	tr	.01	.15		tr	.036	.005	.041	
—64	1.05	.23	.33	.004	.014	//	tr	.26		tr	.034	.005	.039	
—196	1.02	.24	.44	.009	.011	//	.02	tr		.003	.021	.006	.027	.021
—216	1.00	.29	.48	.007	.012	//	.01	.20		.003	.027	.003	.030	.019

Table 6. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Sn	sol. Al	insol. Al	Σ Al	Σ N ₂
G S—56	1.05	.25	.35	.010	.013	tr	.01	tr	.009	.034	.006	.040	.008
—55	1.06	.25	.36	.008	.012	//	.01	//	.022	.040	.007	.045	.007
—54	1.06	.29	.37	.008	.012	//	tr	//	.034	.041	.008	.047	.009
—50	1.05	.21	.29	.009	.012	//	//	//	.057	.038	.005	.043	.010
—53	1.05	.27	.35	.009	.012	//	//	//	.073	.039	.007	.046	.008
—49	1.05	.23	.33	.008	.013	//	//	//	.095	.037	.005	.042	.007
—52	1.02	.26	.35	.011	.014	//	//	//	.150	.039	.006	.045	.008
G S—158	1.06	.24	.47	.011	.012	tr	.01	tr	.003	.016	.001	.017	.021
—263	1.02	.25	.45	.011	.014	//	.01	.03	.011	.013	.002	.015	.011
—217	.98	.28	.48	.008	.012	//	.01	tr	.029	.014	.004	.018	.011
G H—231	1.02	.29	.46	.011	.013	tr	tr	tr	.003	.017	.002	.019	.010
—222	.95	.28	.49	.055	.012	//	//	.01	.004	.020	.002	.022	.016
—221	.96	.30	.46	.085	.011	//	.02	.01	.003	.018	.002	.020	.012

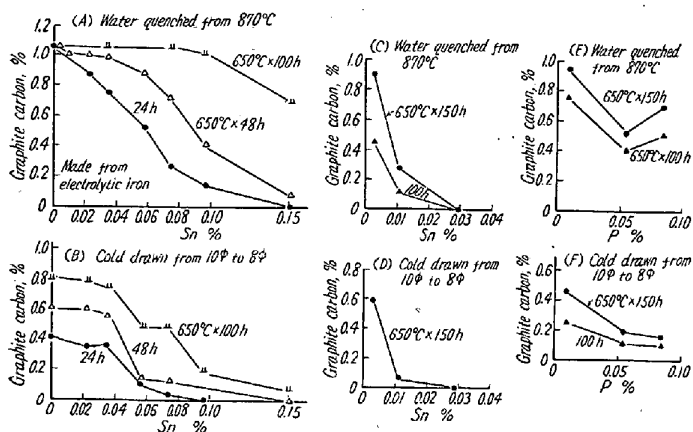


Fig. 6. Effect of Sn and P on the graphitization of high carbon steel.

系原料をもちいた場合のPの影響を示すものでPが多くなると黒鉛化がかなり阻止されることを示す. Photo. 1 1D, 1Eは10φ→8φ引抜加工後650°C×150h加熱後の断面マクロ組織を示すものでPの多いものは析出黒鉛がかなり少ない.

(7) Sb, As, Te, Zr, B添加の影響

電解鉄を原料としてSb, Asの微量添加を行い, また砂鉄系原料をもちいたものについてTe, B, Zrの微量添加を行いその影響を調査した. Fig. 7 (A)(B)はSbの影響を示すものでSbの微量添加により黒鉛化がいちじるしく阻止される. AsはSbにくらべると黒鉛化阻止の効果はかなり小さい. 図(E), (F)はTeの影響

Table 7. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)													
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Sn	Others	sol. Al	insol. Al	Σ Al	Σ N ₂
G S—80	1.02	.24	.35	.010	.013	.01	tr	tr	tr	Sb 0.015	.027	.002	.028	.009
—79	1.05	.27	.35	.008	.012	.01	//	//	//	.03	.028	.001	.029	.008
—77	1.05	.23	.35	.009	.013	tr	//	//	//	.05	.030	.003	.033	.010
G S—76	1.16	.29	.35	.008	.013	tr	tr	tr	tr	As .02	.024	.002	.026	.009
—75	1.22	.28	.38	.011	.014	//	//	//	//	.05	.023	.002	.025	.009
—74	1.16	.25	.49	.011	.012	//	.01	//	//	.10	.027	.004	.031	.008
G S—158	1.06	.24	.47	.011	.012	tr	.01	tr	.003	Te —	.016	.001	.017	.021
—184	.98	.32	.45	.007	.012	//	.02	//	.004	.037	.012	.003	.015	.026
—202	1.02	.27	.48	.008	.011	//	tr	//	.003	.047	.017	.002	.019	.020
G S—243	1.03	.22	.45	.014	.019	.01	.02	tr	.003	Zr .008	.013	.002	.015	.007
—277	1.10	.28	.52	.013	.016	tr	.02	//	.003	.014	.019	.001	.020	.005
—279	1.02	.33	.44	.014	.019	.01	.02	0.1	.004	.110	.019	.002	.021	.004
G S—233	1.01	.27	.46	.010	.011	tr	.01	tr	.003	B .010	.017	.003	.020	.008
—186	.96	.32	.46	.009	.012	//	.02	//	.004	.005	.006	.002	.008	.019
—288	1.00	.32	.46	.008	.020	.02	tr	.02	.004	.015	.011	.001	.012	.006

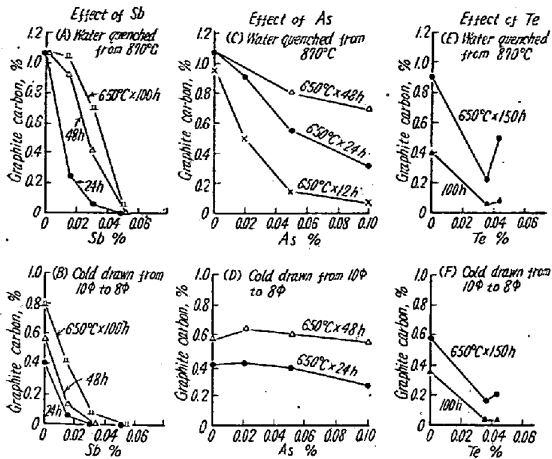


Fig. 7. Effect of Sb, As and Te on the graphitization of high carbon steel.

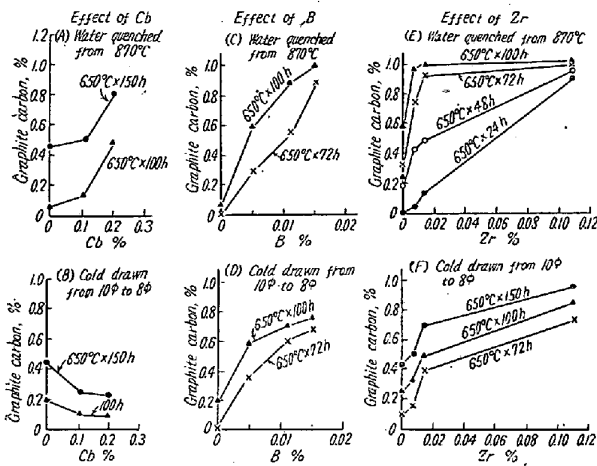


Fig. 8. Effect of Cb, B and Zr on the graphitization of high carbon steel.

を示すもので黒鉛化は Te によつていちじるしく阻止される。Zr は Ti と同様に脱窒作用が大で、870°C 水冷後および冷間引抜後の黒鉛化をいちじるしく促進し、その作用は Ti よりも大である。B も脱窒作用があり、870°C 水冷後および冷間引抜後の黒鉛化をいちじるしく促進する。Fig. 8 は Cb, Zr, B 添加の影響を示し、Fig. 9 は冷間引抜後の黒鉛化におよぼす各種元素の影響を総括して示したものである。

III. 結 言

以上 Al 添加量を一定にした場合について 870°C 水冷後および冷間引抜後 650°C に加熱した場合の 1% 炭素鋼の黒鉛化におよぼす Si, Mn, Cr, W, Mo, V, Ti, Ni, Cu, Sn, P, Sb, As, Te, Zr, B などの影響を電解鉄および砂鉄系原料を用いて熔製した場合について調べたが、得られた結果を要約すればつぎのごとくなる。

(1) Si が増加すると 870°C 水冷後および冷間引抜

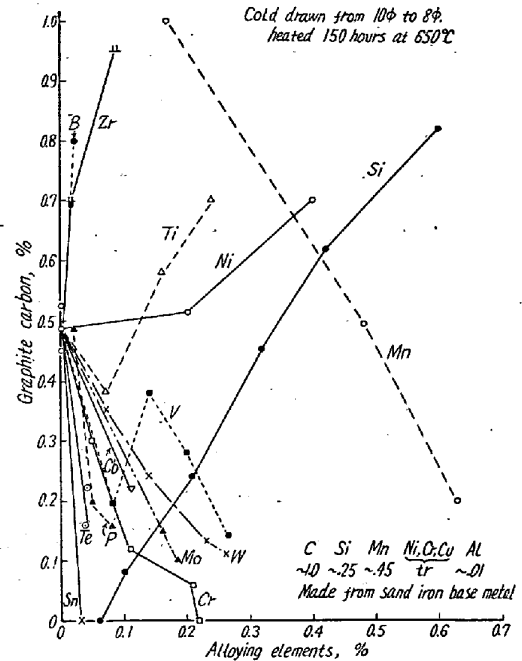


Fig. 9. Effect of alloying elements on the graphitization of high carbon steel heated for 150 hours at 650°C after cold drawing from 10φ to 8φ.

後の黒鉛化がいちじるしく促進される。Mn は普通 0.4% 内外含有されるが Mn がこれより少なくなると黒鉛化を促進し、Mn が多くなるにつれて黒鉛化が阻止される。

(2) Cr, Mo, W のとき炭化物形成元素は黒鉛化を阻止するが冷間引抜後の黒鉛化阻止力は Cr がもつとも強く Mo, W がこれにつぐ。V は冷間引抜後の黒鉛化は阻止するが 870°C 水冷後は V 0.1% 以上になると却つて黒鉛化を促進する。

(3) Ti は 870°C 水冷後の黒鉛化をいちじるしく促進しまた冷間引抜後の黒鉛化もかなり促進する。Zr, B も 870°C 水冷後および冷間引抜後の黒鉛化をいちじるしく促進する。

(4) Ni は冷間引抜後の黒鉛化をかなり促進するが Cu はほとんど黒鉛化に影響をあたえない。

(5) Sn は最も黒鉛化を阻止する力が大であり、Sb, As も黒鉛化を阻止する。P および Te もまた黒鉛化を阻止する作用を有する。屑鉄熔解の高炭素鋼が黒鉛化しにくいのは主として少量の Sn を含有するためである。

終りに本研究の発表を許可されたる石原工場長に敬意を表するとともに実験の一部を担当された外岡耀係員に謝意を表します。(昭和 33 年 8 月寄稿)

文 献

1) C. R. Austin & M. C. Fetzer T.ASM 27

- (1939) 18
- 2) B. F. Brown: Iron Age 166 (1950) Aug. p. 64~68
- 3) A. M. Hall: Materials and Methods 40 (1954) No.5, p. 96~99
- 4) M. A. Huges & J. G. Cutton: T. ASM 37 (1946) 110~135
- 5) 梶 信久: 鉄と鋼, 39 (1953) p. 620
- 6) 佐藤・戸谷: 金学誌, 20 (1956) p. 239~243
- 7) 佐藤・戸谷: 金学誌, 20 (1956) p. 297~300
- 8) 今井・石崎: 金学誌, 15 (1951) No.10, p. 346

真空熔解炉で熔製した軸受鋼について*

上 野 学**・中 島 宏 興**

Ball-Bearing Steel Made with a Vacuum Induction-Furnace

Manabu Ueno and Hirooki Nakazima

Synopsis:

In this report, the austenitizing behaviour and durability of the ball-bearing steel, made with a vacuum induction-furnace, were researched by means of the Rockwell hardness tester, lineal analysis, X-ray integrated intensity method, electrolytic isolation method and rapid life-testing machine.

The results obtained were as follows:

- (1) In the ball-bearing steel made with a vacuum induction-furnace, the gas contents and non-metallic inclusion were very little in comparison with the air-melted steel.
- (2) The austenitizing behaviour of the vacuum-melted steel was not different to one of the air-melted steel.
- (3) The mean cycle to flaking of the vacuum-melted steel was superior to one of SKF ball-bearing steel in the results of the rapid life-testing machine, but its difference had no reliability at 95 per cent confidence coefficient.

The standard deviation of the vacuum-melted steel was inferior to one of SKF ball-bearing steel. It is deduced from this fact that the content of non-metallic inclusions, which is considered as a main unfavorable factor of the durability of ball-bearing steel up to this time, may not be a main factor to fatigue.

I. 結 言

近年真空技術の急速な進歩により、1t 近くまでの鋼塊が真空中で熔解鑄造出来る大型真空誘導熔解炉が米國に実現し、わが国でも輸入されるにいたつた。だがこのような真空誘導熔解炉で熔製された軸受鋼が従来の大気熔解鋼に比して耐久性(寿命)に関してどれだけ優秀であるかという点について、未知の問題を多く含んでいるので、50kg NRC 真空誘導熔解炉で市販軸受鋼を再熔解した真空熔解鋼と SKF のパイプ材との早期寿命試験を実施し、これらを比較することによつて、真空熔解鋼の評価をおこなつた結果を本稿に報告する。

なおこの研究をはじめた当時 50kg 以上の真空熔解炉はわが国になかつたので、真空熔解鋼の鋼塊が従来の市販の軸受鋼塊に比して小さいのではないかという懼れは

あるが、この点は充分考慮して評価する。寿命試験のほかに、オーステナイト状態の挙動もあわせて報告する。

II. 化学組成と非金属介在物について

実験に供した試料は市販の軸受鋼を 50kg NRC 真空熔解炉で再熔解したもので、Table 1 にその化学組成とガス含有量と非金属介在物量とをしめす。なお市販軸受鋼、SKF 鋼、Edel Stahl の軸受鋼のガス含有量および非金属介在物量を併記する。これより明らかなように真空熔解鋼は Mn がいちじるしく減少し、つぎに C も少し減少する。P, S にはほとんど変化がない。O も N も真空熔解によつていちじるしく少なくなつている。この

* 昭和 33 年 10 月講演発表

** 金属材料技術研究所