

# 鑄鋼の導磁性について

牧野 迪夫\* 北村 通文\*\*

## Permeability of Steel Castings

By Michio Makino and Michifumi Kitamura  
Tobata Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

This is a report on the writer's exhaustive investigation concerning the steel castings which develop low magnetic field. The results of their experimental study are summarized as follows:

Permeability of steel castings is largely influenced by the heat treatment employed as well as their C content. Their effect is more remarkable in low magnetic field, and the the higher the degree of C content the greater is the effect of the heat treatment. There are also found several factors contributing to the low permeability of steel castings, such as Si, Mn and S content in the steel, as well as the over-oxidation caused in melting process. However, these factors have less effect as compared with the preceding two, and the writers assert that the abnormally low permeability should be ascribed first of all to the heat treatment.

### 〔I〕 緒 言

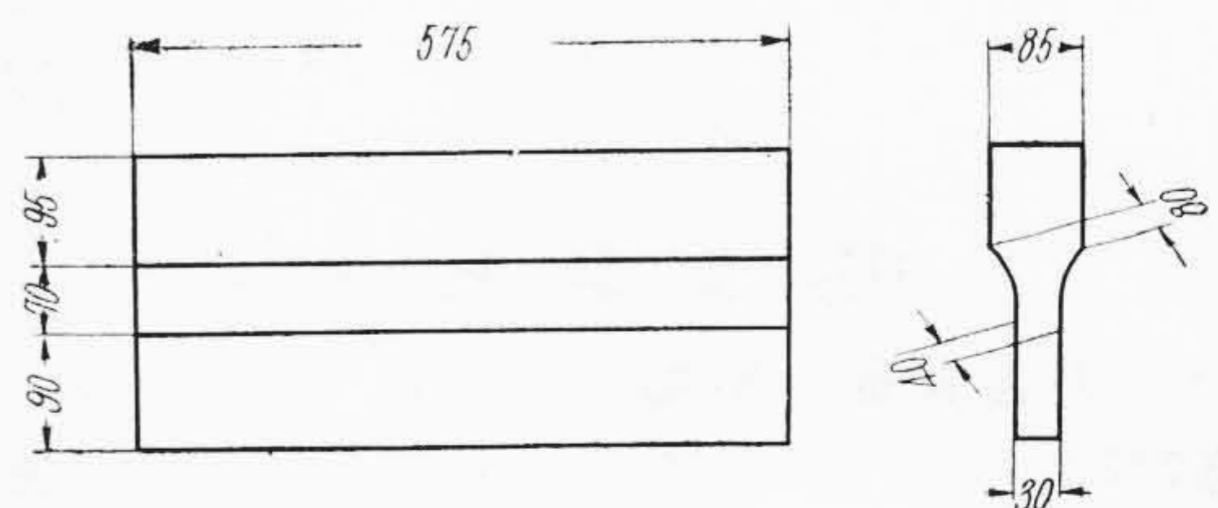
鑄鋼製直流電動機枠の材質は回転子の回転数にきわめて大なる影響をおよぼす。このため鑄鋼の導磁性に関してはすでに多くの研究がなされている。すなわち鑄鋼のC含有量を低下せしめると導磁性は良好となるが<sup>(1)~(3)</sup>、優劣の差が著しくなり確実性が低下する<sup>(1)</sup>。Mnは単独の影響はあまり大きくないが<sup>(1)</sup>、Cと相互作用を起すに足る量(C 0.20%でMn約0.50%)以上ではかなり大きな害がある。Siは脱酸に必要程度以上は有害である<sup>(2)</sup>。その他Cu, Ni, N, Oなどは導磁性に悪影響がある<sup>(3)</sup>といわれている。また熔製法として熔鋼の過酸化、脱酸不良はいずれも導磁性を劣下せしむる<sup>(1)</sup>といわれている。熱処理の影響としては、鑄鋼のパーリティックセメンタイトの形状、分布<sup>(2)</sup>、結晶粒度<sup>(3)</sup>などの組織的問題と関連して影響ありといわれる。しかし熱処理の影響は磁界の強さによりかなり異なるものであり<sup>(1)</sup>、一般に低炭素鋼では十分な軟化焼鈍が良いが、中位の磁界においてはむしろ油焼入れ、もしくはこれに適当な焼戻しを行ったものが導磁性は良好になる<sup>(1)</sup>といわれている。

日立製作所戸畑工場では永年にわたり鑄鋼製直流電動機枠を製造して好評をえているが、弱磁界における導磁

性の不十分なものが稀に見出されたので、この原因を探求し、さらに材質の向上を図るために本実験を行った。

### 〔II〕 試料および実験方法

実験に使用した試験片素材は5t エルー式塩基性電気炉で熔製し、乾燥型に鑄造した。その寸法、形状を第1図に、化学成分を第1表(次頁参照)に示す。これらの試験片素材を第2図(次頁参照)のごとく微粉炭焼鈍炉で950°Cに加熱、8時間保持して焼鈍を行い、焼鈍後この素材より12mmφの磁気試験片を作製した。これら試験片の導磁性を第3図(次頁参照)のごとき磁気試験装置で測定した。この後各ヒートの試験片1本宛を1組とし、2組のものをさらに電気焼鈍炉で第4図(次頁参照)のごとく950°Cに再加熱後、1組は徐冷、1組は空冷して前回と同様な磁気試験を行った。



第1図 舟型試験片  
Fig.1. Sample of Keel-Block Type

\* \*\* 日立製作所戸畑工場



第1表 化学成分  
Table 1. Chemical Compositions

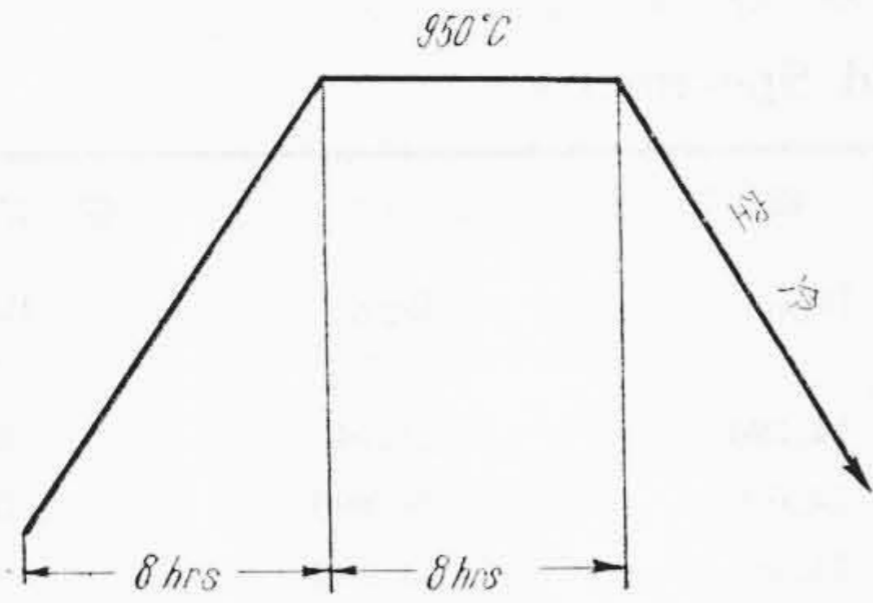
試験片番号	化 学 成 分 (%)							酸 化 期 末	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	C	Mn
1	0.10	0.32	0.43	0.024	0.010	0.022	0.26	0.11	0.17
2	0.11	0.45	0.54	0.018	0.015	0.038	0.27	0.11	0.10
3	0.13	0.25	0.49	0.013	0.007	0.017	0.27	0.09	0.14
4	0.09	0.23	0.43	0.027	0.016	0.013	0.27	0.07	0.10
5	0.06	0.21	0.37	0.009	0.012	0.013	0.26	0.04	0.09
6	0.11	0.20	0.43	0.029	0.014	0.017	0.26	0.08	0.11
7	0.10	0.32	0.35	0.023	0.012	0.013	0.26	0.06	0.10
8	0.11	0.45	0.43	0.036	0.007	0.017	0.25	0.09	0.11
9	0.12	0.59	0.53	0.022	0.008	0.045	0.21	0.09	0.18
10	0.11	0.40	0.49	0.022	0.011	0.022	0.21	0.07	0.14
11	0.06	0.35	0.38	0.034	0.036	0.038	0.28	—	—
12	0.12	0.32	0.42	0.024	0.010	0.022	0.25	—	—
13	0.13	0.36	0.40	0.029	0.030	0.017	0.27	0.11	0.08
14	0.07	0.66	0.41	0.036	0.039	0.026	0.27	0.07	0.04
15	0.09	0.29	0.46	0.030	0.007	0.065	0.28	0.10	0.19
16	0.10	0.21	0.54	0.038	0.021	0.013	0.27	0.04	0.09
17	0.11	0.47	0.55	0.036	0.010	0.047	0.24	0.09	0.22
18	0.10	0.35	0.39	0.036	0.007	0.034	0.28	0.05	0.10
19	0.10	0.69	0.49	0.034	0.014	0.030	0.26	0.12	0.11
20	0.12	0.47	0.38	0.036	0.007	0.009	0.25	0.15	0.18
21	0.06	0.33	0.66	0.043	0.014	0.033	0.25	0.06	0.11
22	0.10	0.27	0.39	0.021	0.011	0.022	0.27	0.08	0.15
23	0.08	0.39	0.46	0.014	0.009	0.040	0.25	0.09	0.13
24	0.12	0.42	0.55	0.039	0.004	0.048	0.25	0.11	0.22
25	0.12	0.31	0.43	0.034	0.004	0.013	0.27	0.10	0.13
26	0.10	0.61	0.45	0.053	0.020	0.026	0.31	0.09	0.06
27	0.11	0.27	0.42	0.014	0.018	0.009	0.26	0.06	0.09
28	0.07	0.29	0.34	0.034	0.058	0.026	0.25	0.04	0.04
29	0.12	0.39	0.47	0.022	0.099	0.030	0.25	—	—
30	0.10	0.27	0.47	0.029	0.008	0.026	0.27	0.04	0.09
31	0.10	0.36	0.65	0.017	0.013	0.017	0.23	0.15	0.12
32	0.10	0.26	0.41	0.019	0.019	0.043	0.21	0.14	0.15
33	0.18	0.21	0.42	0.038	0.032	0.026	0.27	—	—
34	0.17	0.24	0.73	0.025	0.007	0.026	0.27	—	—
35	0.17	0.41	0.76	0.020	0.010	0.038	0.25	—	—
36	0.18	0.31	0.68	0.021	0.009	0.046	0.26	—	—
37	0.21	0.36	0.56	0.015	0.008	0.034	0.25	—	—
38	0.20	0.41	0.70	0.022	0.006	0.071	0.23	—	—
39	0.16	0.43	0.87	0.038	0.008	0.022	0.30	—	—
40	0.30	0.29	0.68	0.036	0.009	0.121	0.25	—	—
41	0.16	0.20	0.80	0.043	0.009	0.017	0.26	—	—
42	0.26	0.36	0.83	0.038	0.021	0.022	0.29	—	—

〔III〕 実験結果

(1) C含有量の影響

第2図のごとき焼鈍を行った試料の磁気感応度を第2表に示す。第5図はこれらの20, 50, 100アンペアターンの磁界における導磁性とC含有量の関係を示す。20

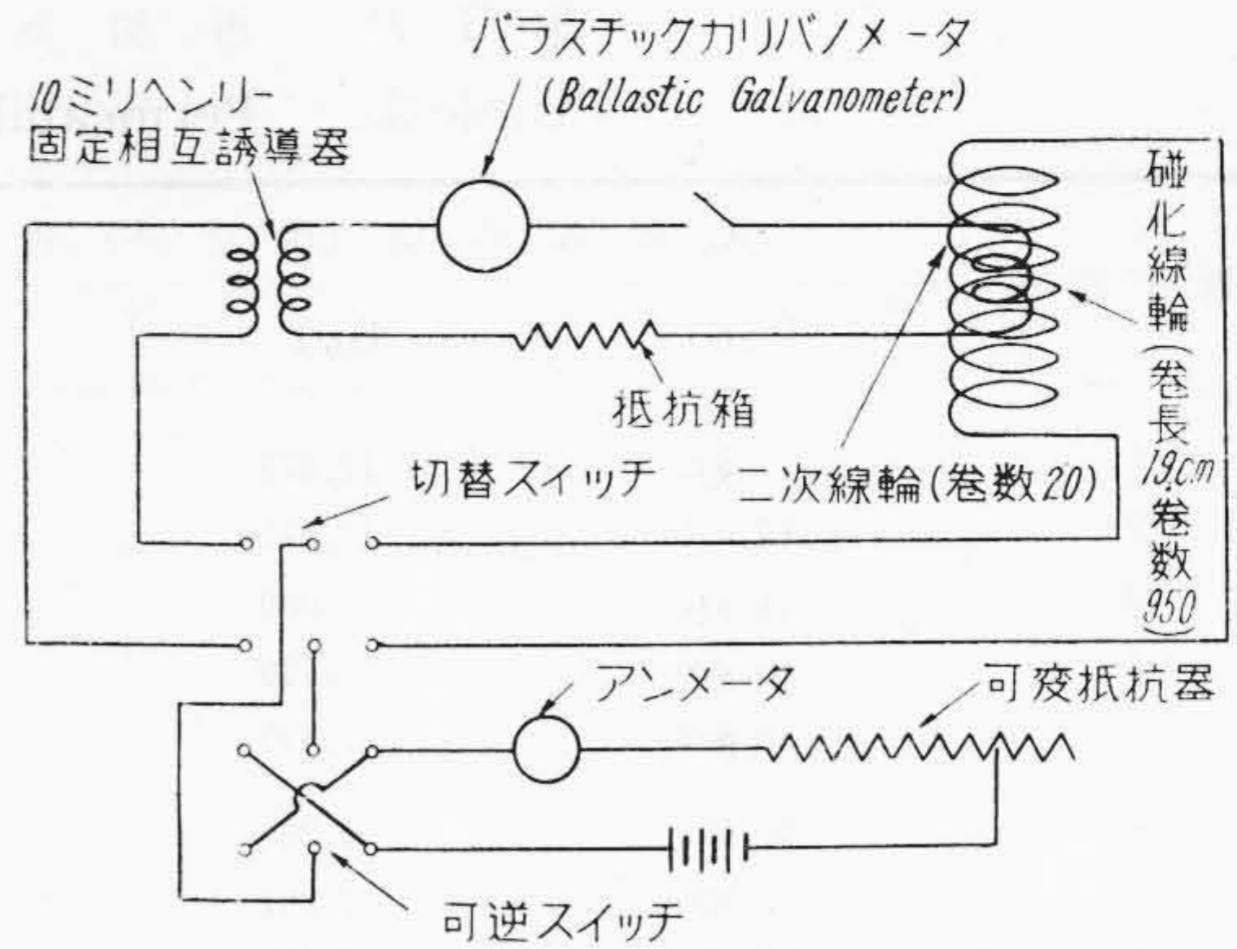
アンペアターンの弱い磁界では、C含有量の増加に伴い急激に導磁性は低下し、同一C含有量に対するバラツキが大きい。50アンペアターンの磁界では、C含有量の影響は著しく減じ、またバラツキも小さくなっていく。100アンペアターンの強い磁界になると、この傾向はさらに増してくる。すなわち弱い磁界では、C含有量の影響は



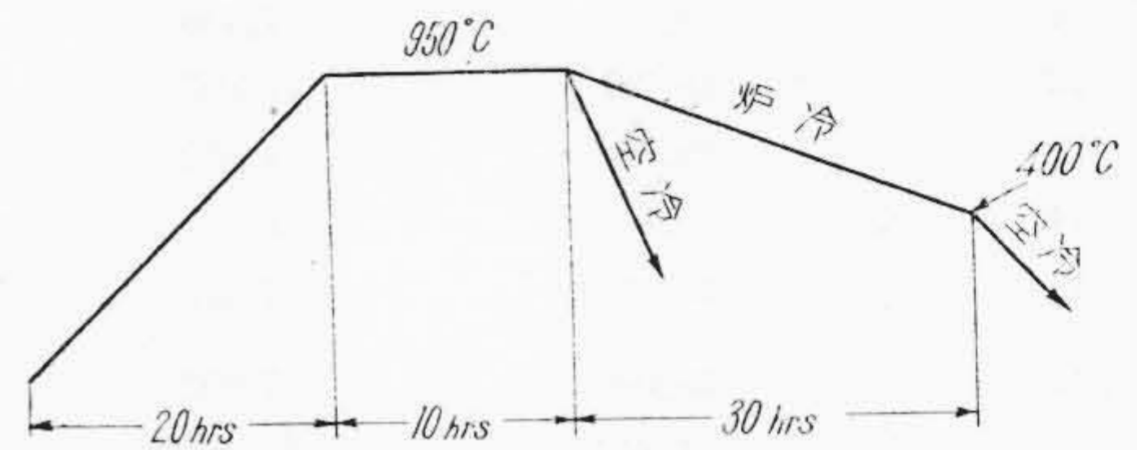
第2図 焼鈍サイクル  
Fig. 2. Cycle of Annealing

第2表 焼鈍した試料の導磁性と機械的性質  
Table 2. Permeability and Mechanical Properties of Annealed Specimen

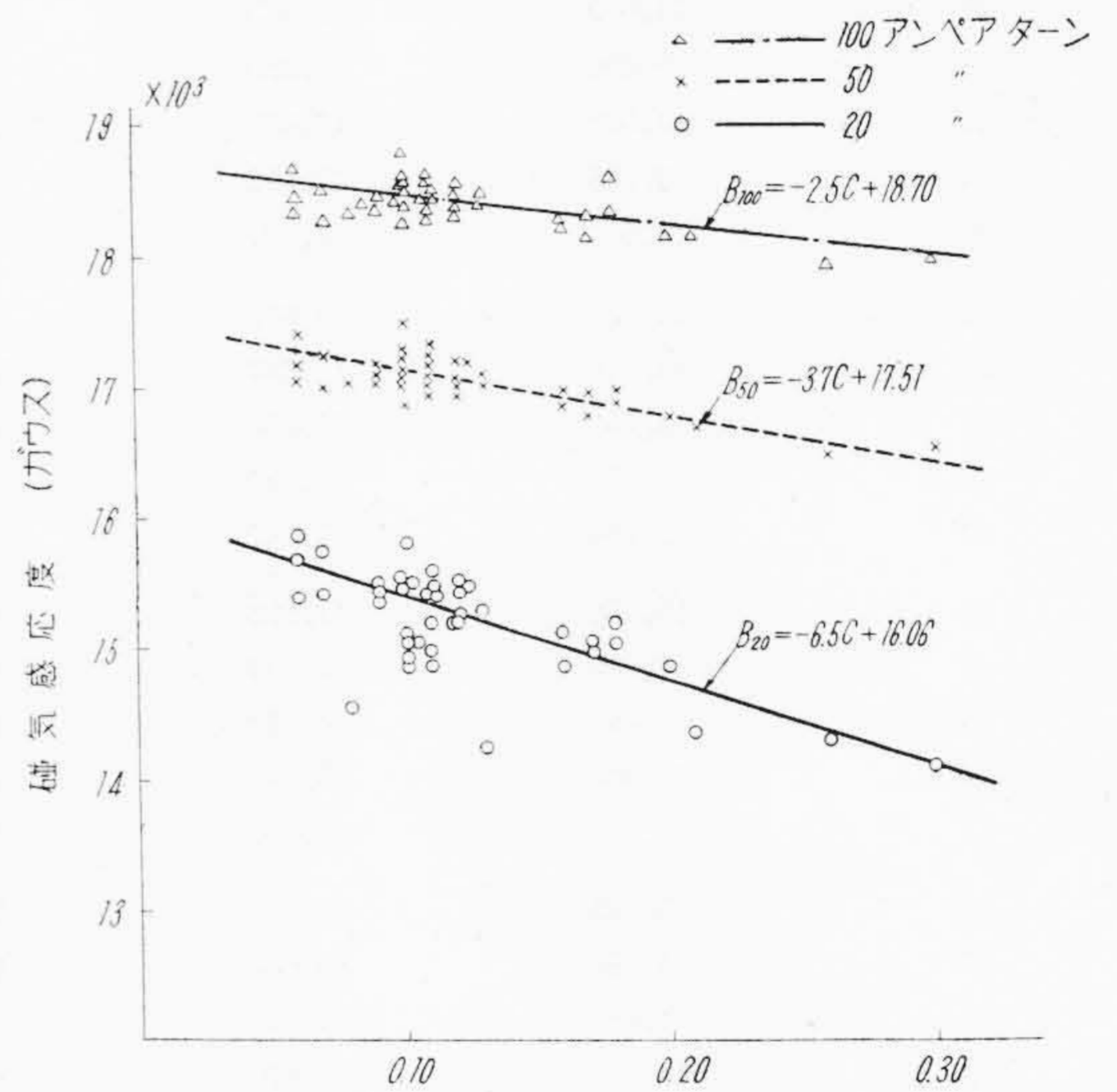
試験片 番号	磁気感応度 (ガウス)			機械的性質	
	B <sub>20</sub>	B <sub>50</sub>	B <sub>100</sub>	抗張力 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)
1	14,991	17,022	18,448	40.9	38.0
2	14,280	16,485	17,868	43.6	37.0
3	14,263	16,431	17,788	40.6	37.0
4	15,050	17,045	18,447	39.4	41.0
5	15,402	17,243	18,527	37.6	40.0
6	14,872	16,668	18,044	39.7	37.0
7	14,747	16,590	17,967	38.8	37.0
8	14,945	17,055	18,457	41.1	40.0
9	14,993	16,870	18,305	43.2	37.0
10	14,677	16,972	18,352	41.6	38.0
11	14,723	16,893	18,317	41.6	34.0
12	14,875	16,928	18,188	41.8	36.0
13	14,887	16,905	18,293	41.0	38.0
14	14,595	16,777	18,212	44.8	26.5
15	14,897	16,987	18,515	41.0	41.0
16	15,127	17,006	18,431	39.7	44.0
17	14,863	16,835	18,270	44.8	37.0
18	15,172	16,975	18,387	41.0	40.0
19	14,992	16,870	18,212	44.3	39.0
20	14,875	16,870	18,305	43.4	39.0
21	14,852	16,975	18,433	43.6	37.0
22	14,478	16,392	17,745	43.1	32.0
23	14,847	16,855	18,267	41.9	38.0
24	14,840	16,870	18,328	43.7	38.0
25	14,583	16,497	17,873	40.8	35.0
26	14,793	16,928	18,375	46.4	36.0
27	15,213	17,092	18,492	37.9	44.0
28	15,435	17,197	18,573	—	—
29	14,758	16,975	18,410	42.8	34.0
30	15,190	17,093	18,533	38.9	40.0
31	14,887	16,998	18,468	41.5	33.0
32	15,085	16,952	18,352	40.5	35.0
33	14,350	16,660	18,200	42.5	30.0
34	14,448	16,742	18,270	45.7	34.0
35	14,210	16,693	18,218	47.3	36.0
36	14,548	16,800	18,377	46.5	37.0
37	13,685	16,380	18,077	51.6	30.0
38	14,105	16,503	18,060	49.8	32.0
39	14,501	16,686	18,235	48.0	36.0
40	13,195	16,158	17,885	54.0	25.0
41	14,478	16,811	18,340	45.6	31.0
42	13,317	16,162	17,850	56.8	26.0



第3図 磁気試験装置  
Fig. 3. Apparatus for Magnetic Test



第4図 再加熱サイクル  
Fig. 4. Cycle of Re-heating



第5図 焼鈍せる試料の導磁性におよぼすC含有量の影響  
Fig. 5. Effect of C Content on Permeability of Annealed Specimen

きわめて著しく、その導磁性は不安定であるが、磁界の強さが増すにつれ、C含有量の影響は小さくなっていく。しかしながら特に導磁性の劣る少数の異常と思われるものは磁界の強さが増しても、導磁性の劣ることが認められる。



第3表 再加熱した試料の導磁性  
Table 3. Permeability of Re-heated Specimens

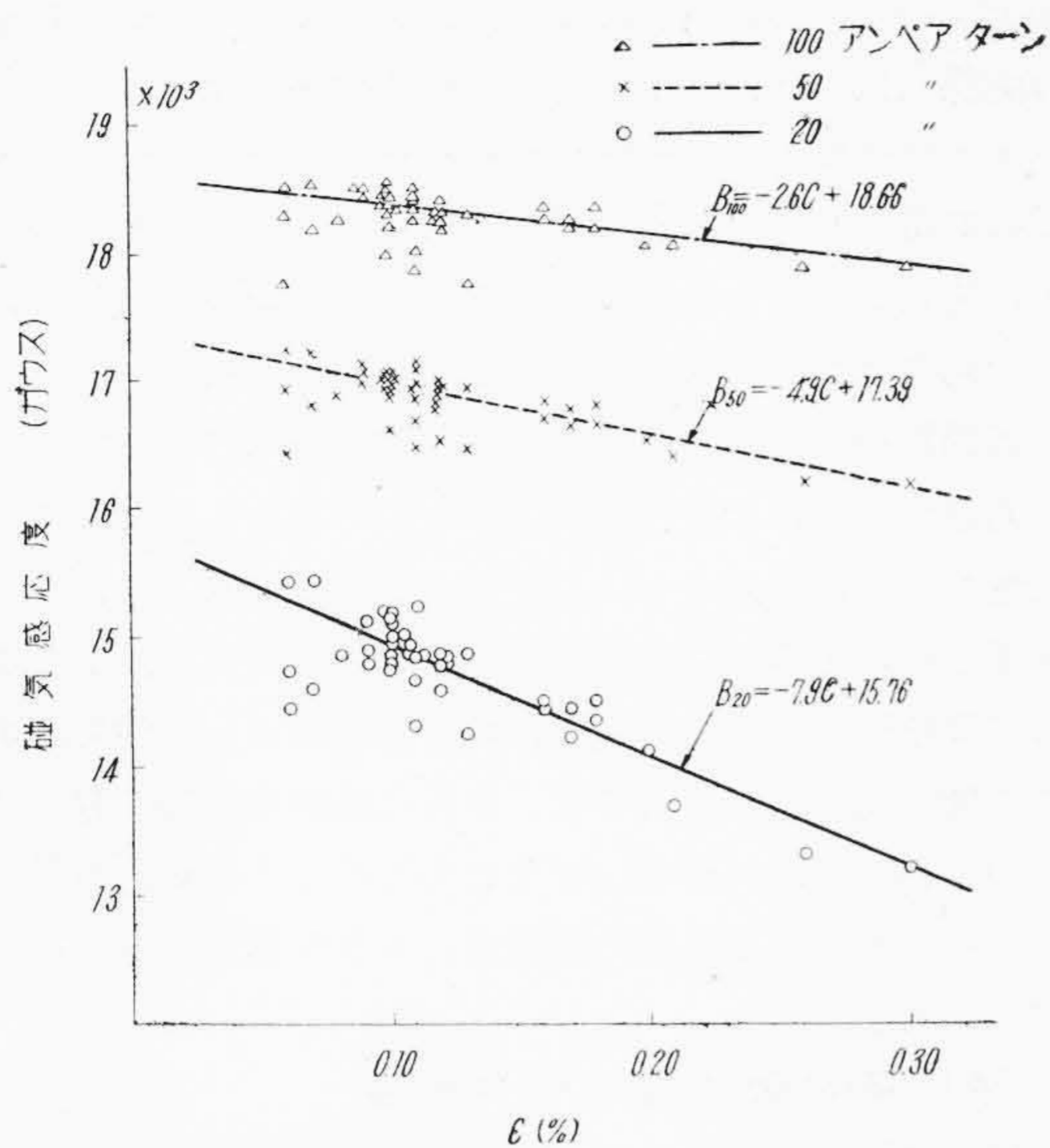
試験片番号	磁気感応度(ガウス) 徐冷			磁気感応度(ガウス) 空冷		
	B <sub>20</sub>	B <sub>50</sub>	B <sub>100</sub>	B <sub>20</sub>	B <sub>50</sub>	B <sub>100</sub>
1	15,832	17,475	18,838	14,280	16,940	18,410
2	15,470	17,115	18,445	14,630	16,800	18,305
3	14,245	17,080	18,480	13,965	16,730	18,165
4	15,470	17,150	18,445	15,039	17,068	18,467
5	15,890	17,395	18,690	15,190	17,045	18,515
6	15,610	17,290	18,655	14,665	17,010	18,480
7	15,061	17,267	18,598	14,840	16,975	18,340
8	15,470	17,150	18,445	15,096	16,952	18,358
9	15,435	17,150	18,445	14,105	16,800	18,305
10	15,225	17,080	18,375	15,050	16,905	18,340
11	15,680	17,150	18,445	14,910	17,045	18,445
12	15,201	17,057	18,388	14,035	16,870	18,410
13	15,306	17,092	18,388	14,420	16,870	18,340
14	15,435	16,975	18,305	14,315	16,765	18,200
15	15,470	17,115	18,410	13,510	16,870	18,445
16	15,096	17,092	18,423	14,770	17,045	18,515
17	14,840	17,080	18,410	13,930	16,765	18,235
18	15,470	17,220	18,515	15,015	16,975	18,410
19	15,586	17,127	18,423	14,255	16,917	18,353
20	15,540	17,045	18,375	14,665	16,800	18,305
21	14,980	16,975	18,305	14,465	16,812	18,283
22	15,400	17,080	18,375	13,510	16,800	18,410
23	14,535	17,022	18,353	14,665	16,870	18,340
24	15,236	17,092	18,458	14,781	16,812	18,248
25	15,516	17,197	18,528	14,245	16,975	18,445
26	15,131	16,847	18,248	13,335	16,625	18,615
27	15,446	17,232	18,563	15,026	17,022	18,388
28	15,761	17,232	18,528	15,155	17,010	18,375
29	15,271	17,127	18,423	14,840	16,905	18,340
30	15,796	17,267	18,563	14,525	16,975	18,445
31	14,956	17,092	18,458	14,490	16,940	18,375
32	14,910	17,150	18,480	14,395	16,812	18,249
33	15,061	16,952	18,535	14,115	16,672	18,178
34	15,050	16,940	18,305	14,255	16,602	18,143
35	14,991	16,777	18,178	14,210	16,625	18,130
36	15,225	16,975	18,840	14,385	16,660	18,130
37	14,350	16,660	18,130	13,440	16,310	17,990
38	14,886	16,742	18,143	13,415	16,462	18,143
39	15,155	16,870	18,200	14,105	16,555	18,095
40	14,045	16,497	17,933	12,495	16,065	17,920
41	14,886	16,952	18,283	14,105	16,600	18,200
42	14,280	16,450	17,885	13,335	16,240	17,885

つぎに上述の焼鈍を行つた試料に、さらに第3図のごとき熱処理を行つたものの磁気感応度を第3表に示す。第6図および第7図は再加熱後徐冷した試料と、空冷した試料の、それぞれ20, 50, 100アンペアターンにおける導磁性とC含有量の関係を示す。いずれも20アンペアターンの弱い磁界では、C含有量が増加するとその導

磁性は急激に低下し、磁界の強さが増すにつれ、この傾向は緩慢となる。

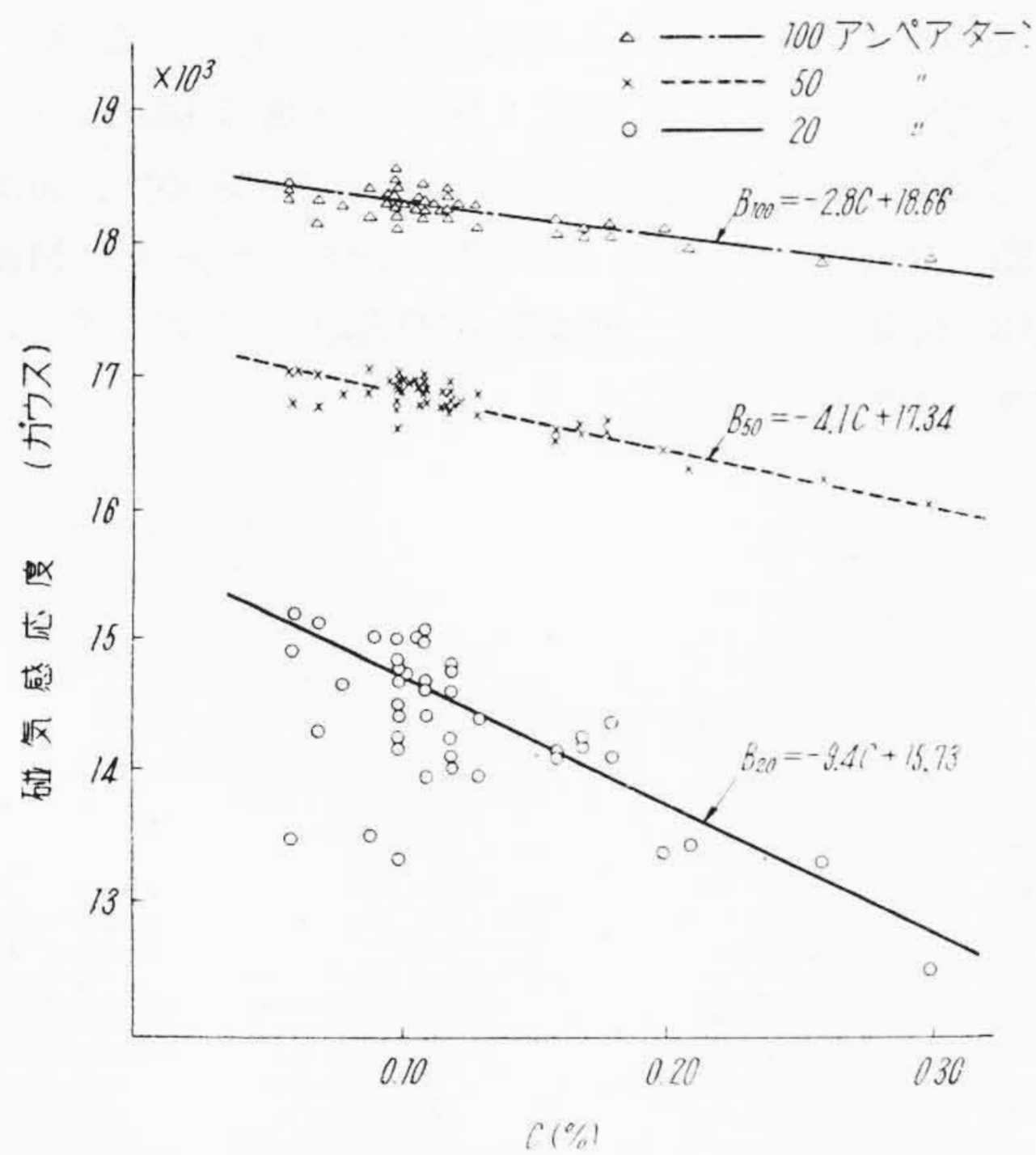
またバラツキは弱い磁界程大きい。これは先の焼鈍した結果と同様であるが、このとき認められた少数の異常値は、弱磁界を除いて、再加熱により徐冷したのも空冷したものも消失する。





第6図 再加熱後徐冷せる試料の導磁性におよぼすC含有量の影響

Fig. 6. Effect of C Content on Permeability of Slow Cooled Specimen after Re-heated

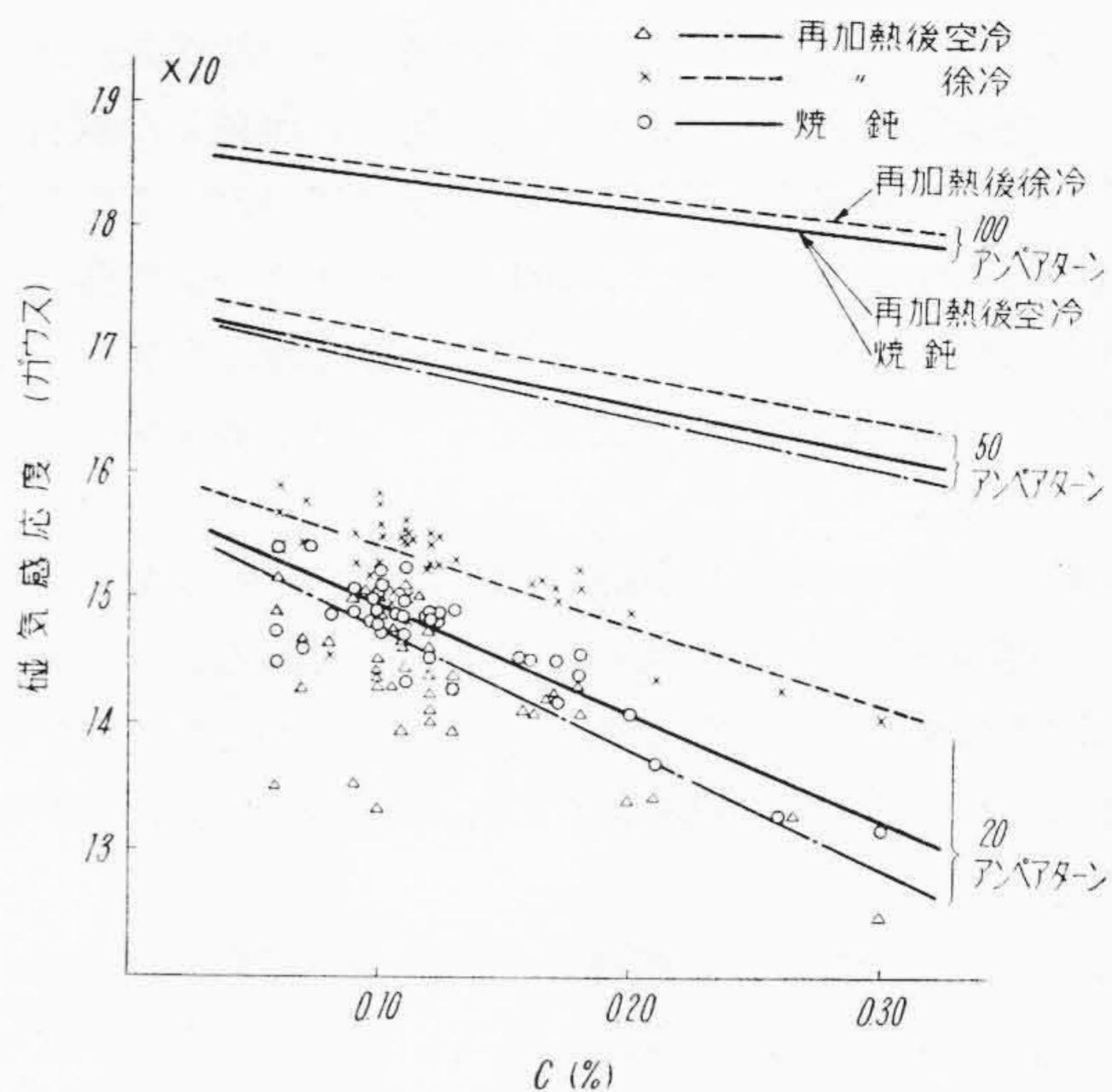


第7図 再加熱後空冷せる試料の導磁性におよぼすC含有量の影響

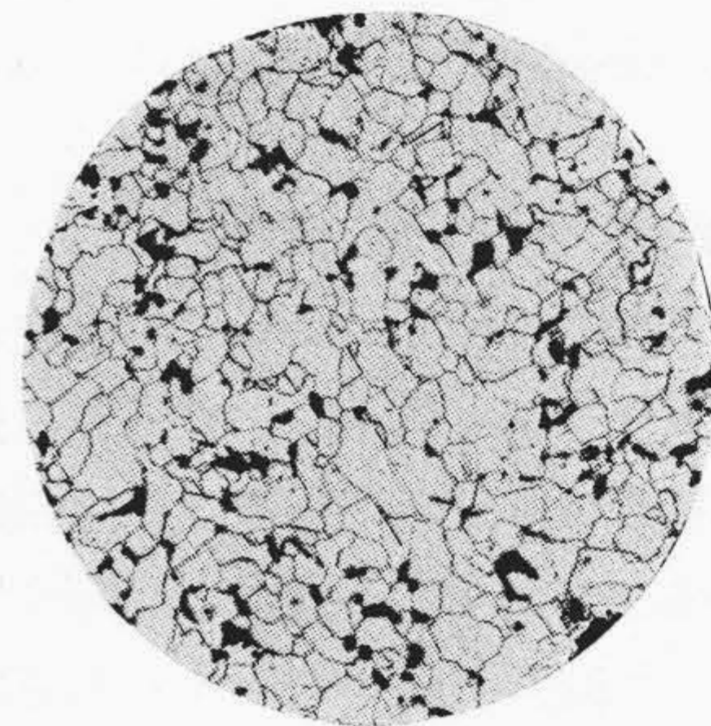
Fig. 7. Effect of C Content on Permeability of Air Cooled Specimen after Re-heated

(2) 熱処理の影響

第8図は焼鈍, 再加熱後徐冷, 再加熱後空冷の, 3種の異った熱処理を行つた試料の, 20, 50, 100 アンペア

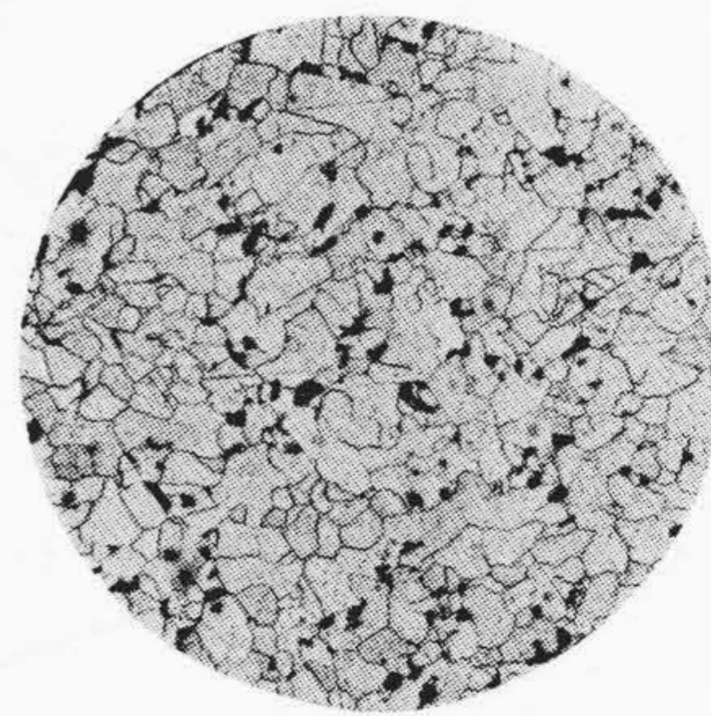


第8図 熱処理の相異による導磁性の変化  
Fig. 8. Change of Permeability by Difference of Heat Treatment



第9図 再加熱後徐冷せる試料の組織 C 0.11% (×100)

Fig. 9. Structure of Slow-Cooled Specimen after Re-heated C 0.11% (×100)



第10図 再加熱後空冷せる試料の組織 C 0.11% (×100)

Fig. 10. Structure of Air-Cooled Specimen after Re-heated C 0.11% (×100)

ターンにおける導磁性とC含有量の関係を纏めて示す。50, 100 アンペアターンの磁界の強さでは, 第5図, 第6図および第7図における導磁性とC含有量の関係を示す直線のみを示す。



弱い磁界で再加熱後徐冷した試料は導磁性が最もすぐれ、再加熱後空冷した試料が最も劣る。焼鈍した試料はその間に位置する。磁界の強さが増すにつれ、これら3者の導磁性は漸次近づき、100アンペーターの強い磁界となれば、焼鈍したものと再加熱後空冷したものの差はなくなり、再加熱後徐冷したもののみが変わらずにすぐれている。

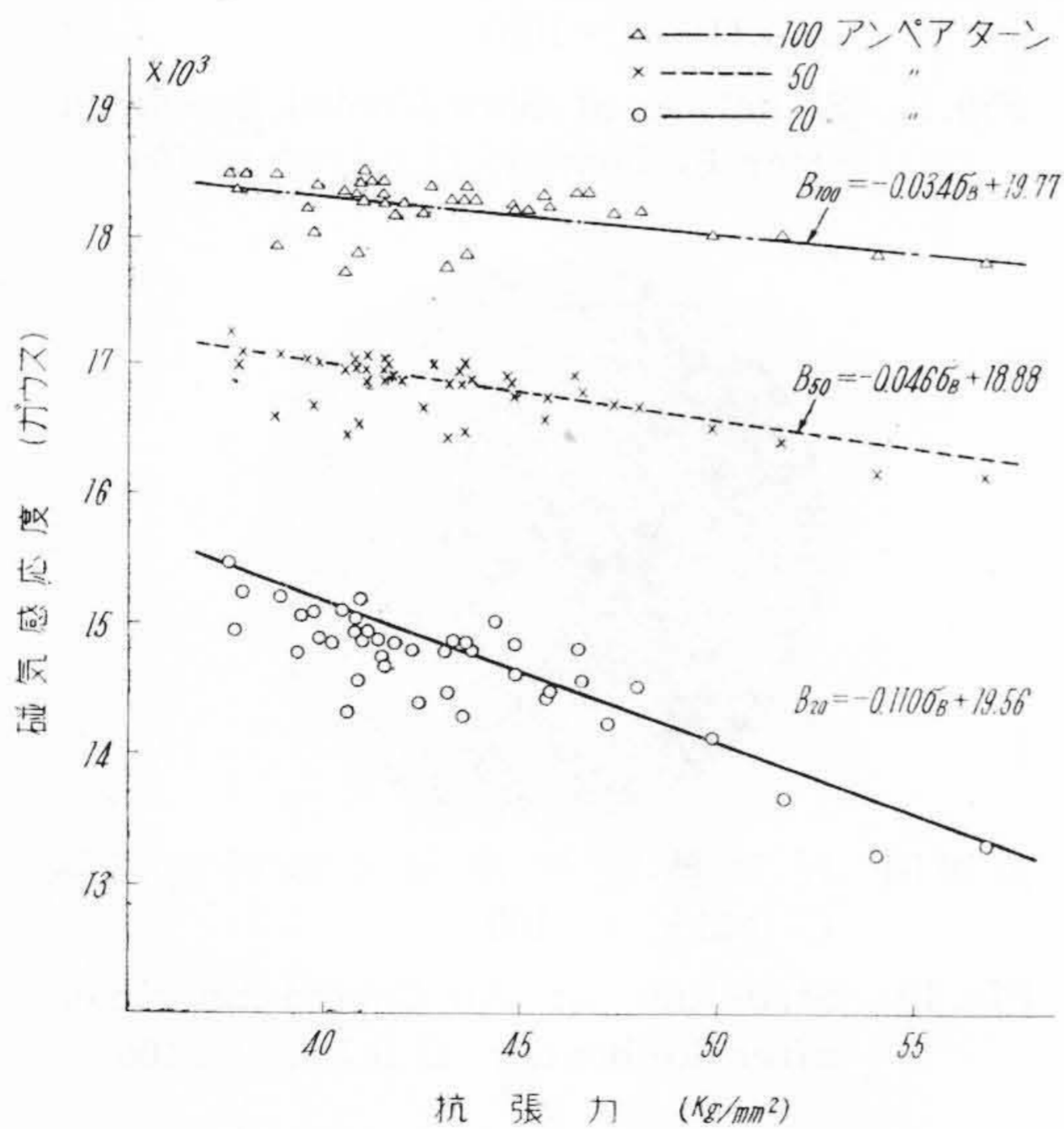
C含有量の影響は再加熱後空冷したものが最も著しく、再加熱後徐冷したものが最も鈍感である。この傾向は磁界の強さが増すにつれいずれも緩やかとなり、その差は小さくなる。強磁界となればその差は認められない。

また前述のごとく、焼鈍した試料中に存在した少数の異常値は、徐冷しても急冷しても、再加熱により消失する。

これら熱処理の影響により導磁性に最も大きな差異が見られる再加熱後徐冷した試料と再加熱後空冷した試料の組織の一例を第9図および第10図(前頁参照)に示す。この両者には、組織的にその相違はほとんど認められない。

(3) 抗張力との関係

第11図は第2表の焼鈍した試料の導磁性と抗張力の関係を20, 50, 100アンペーターの磁界の強さについて示す。弱い磁界程抗張力の増加につれ導磁性は著しく低下し、磁界の強さが増すにつれ、この傾向は緩慢となる。弱い磁界において同じ抗張力に対する導磁性はバラッキ



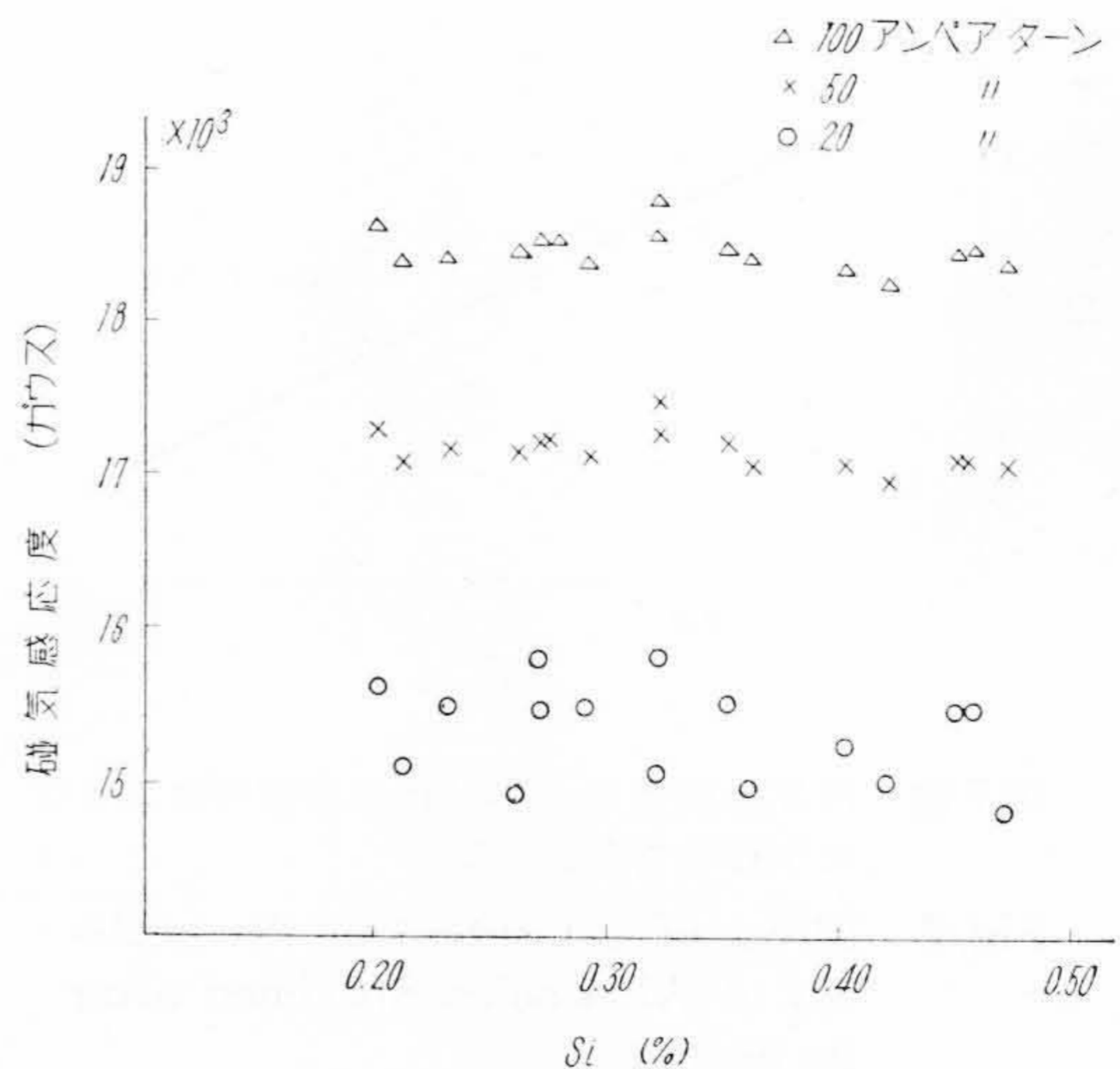
第11図 焼鈍せる試料の導磁性と抗張力の関係  
Fig. 11. Relation between Permeability and Tensile Strength of Annealed Specimen

が大きい。この両者の関係は、先の導磁性とC含有量の関係に比し、はるかに良好な相関関係となる。このバラッキは磁界の強さが増すにつれ小さくなるのは、先のC含有量の影響の場合と同様である。またこの場合にも、先に認められた少数の異常なものが認められるが、この両者はかならずしも一致しない。

普通鉄鋼の抗張力はC含有量と熱処理に非常に大きく左右され、その相乗作用によるものである。しかして導磁性もまた、前述の(1),(2)により、この双方に大きく影響され、その相乗作用によるものと思われる。したがって導磁性と抗張力の間には、C含有量あるいは熱処理単独の間に認められるよりも、さらに良好な関係が存在するのであると思われる。すなわちこのことはC含有量とともに、熱処理が鉄鋼の導磁性に大きな影響を与える証左といえる。

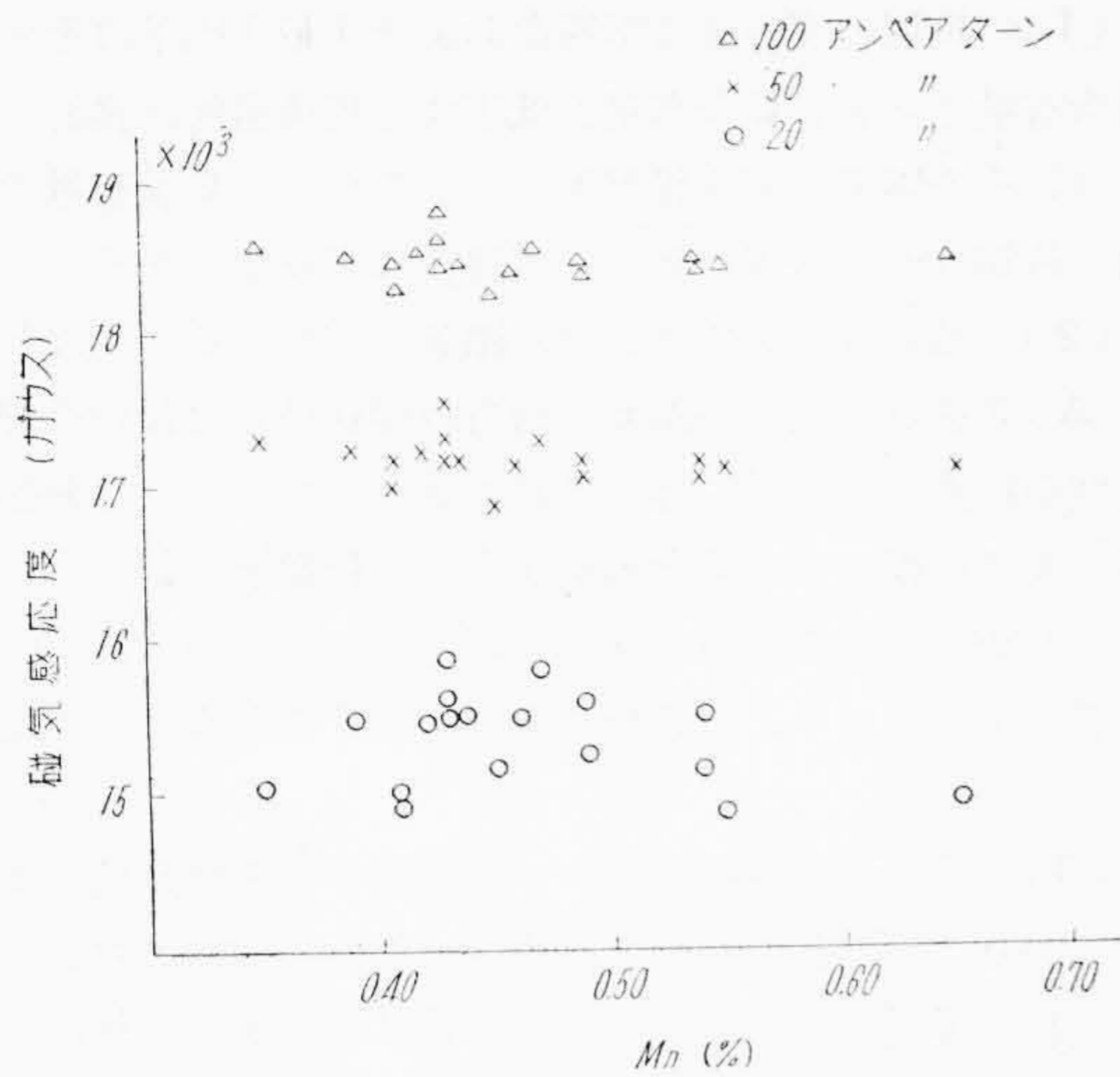
(4) その他の諸因子の影響

以上C含有量ならびに熱処理の影響は、ともに単独で認められ、本実験の試料中に含まれる程度のCr, Cu含有量はいずれも導磁性に影響しないことが示されているので、C 0.10±0.01%の範囲内で、再加熱後徐冷した試料について、Si, Mn および熔解諸条件の検討を行うためS, 酸化期末 C+Mn% につき、磁気感応度との間の単相関係数ならびに偏相関係数を求め、導磁性への影響を調べた。これを第4表および第5表に示す。この場合各成分の変動範囲は、Si: 0.20~0.60%, Mn: 0.35~0.65%, S: 0.05~0.021%, 酸化期末 C+Mn: 0.13~0.31% である。第12図~第15図はこれら成分と導磁性との関係を示す。

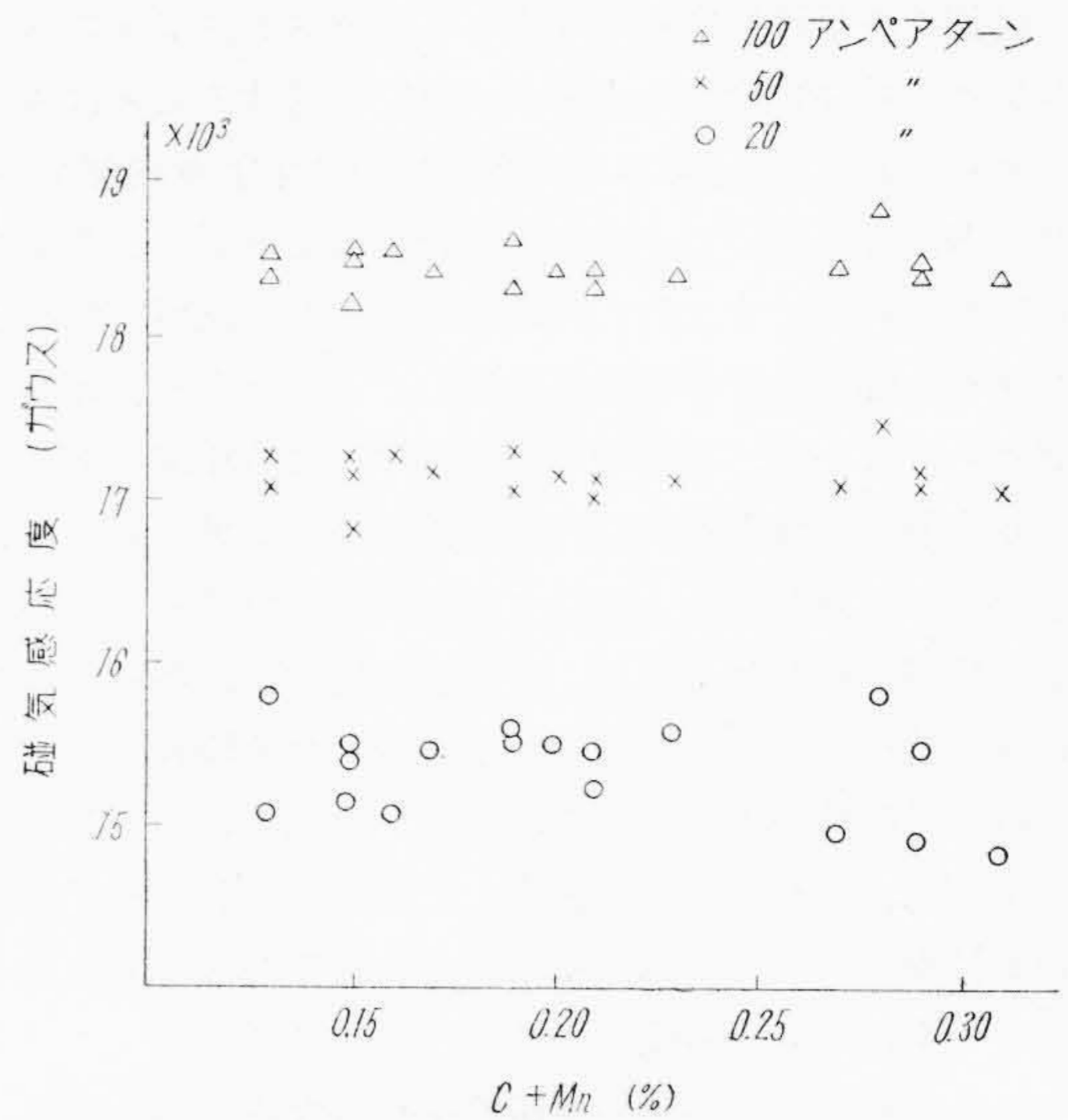


第12図 Si含有量の導磁性におよぼす影響  
Fig. 12. Effect of Si Content on Permeability

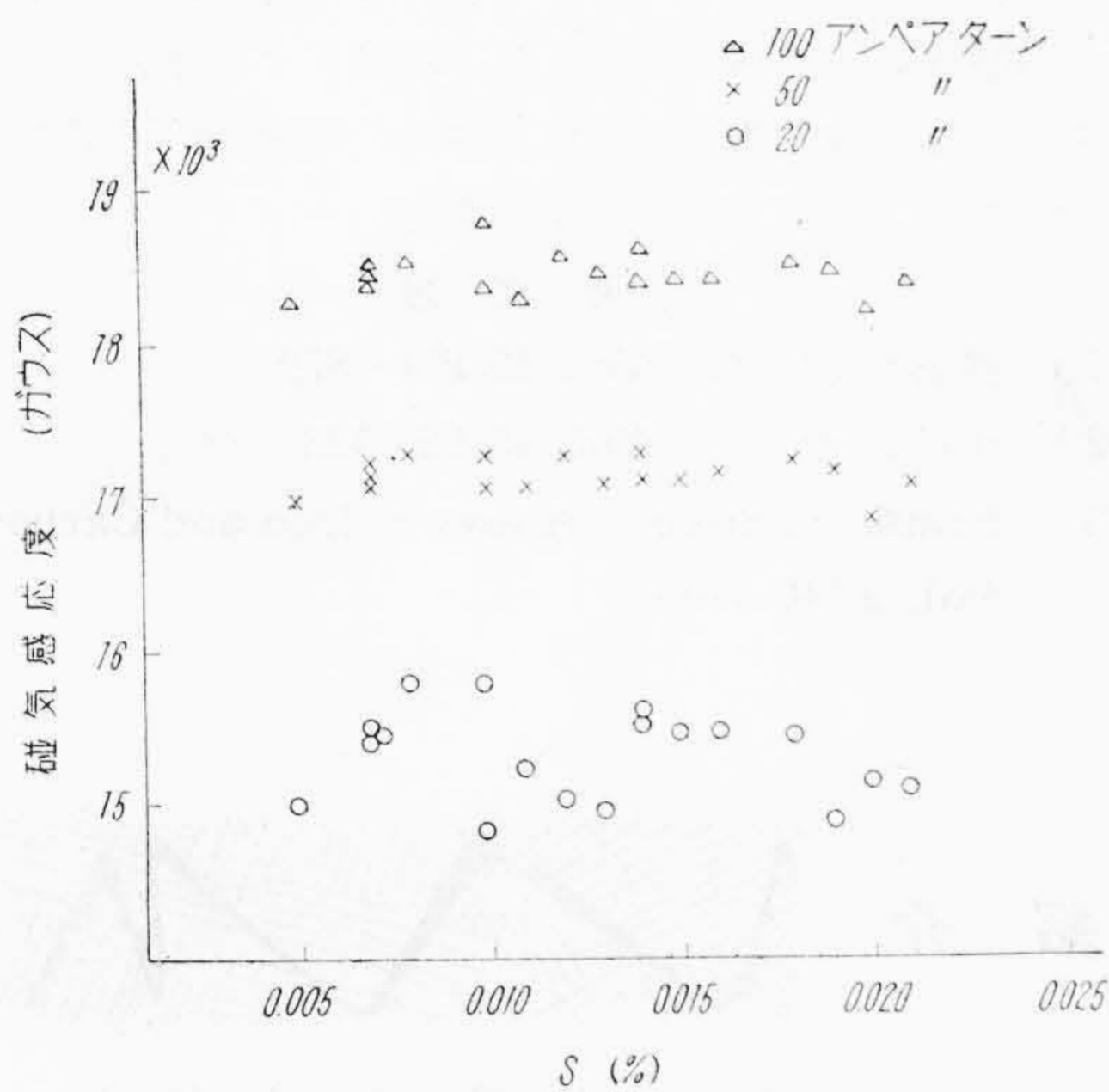




第13図 Mn含有量の導磁性におよぼす影響  
Fig.13. Effect of Mn Content on Permeability



第15図 過酸化の導磁性におよぼす影響  
Fig.15. Effect of Over-Oxidation on Permeability



第14図 S含有量の導磁性におよぼす影響  
Fig.14. Effect of S Content on Permeability

これらの場合はいずれも影響があるとはいえないが、Mn含有量が中磁界で、酸化期末C+Mn%すなわち熔鋼の過酸化が、それぞれ他に比して幾分影響が強いようである。

しかしながらこれら各成分の影響はいずれもC含有量、熱処理に比してきわめて小さく、この両者にかくれる程度である。

〔IV〕 結果の考察

鑄鋼の導磁性はそのC含有量と熱処理により非常に大きな影響を受け、普通工業的に存在する他の諸因子の影

第4表 各因子と導磁性の間の単相関係数  
Table 4. Simple Coefficient of Correlation between Various Factor and Permeability

	磁界の強さ (アンペアターン)		
	20	50	100
$r_{Si, B}$	0.0361	-0.0117	-0.1768
$r_{Mn, B}$	-0.1096	-0.3332	-0.2971
$r_{S, B}$	-0.1931	-0.2346	-0.2459
$r_{C+Mn, B}$	-0.2402	0.0877	0.0902

第5表 各因子と導磁性の間の偏相関係数  
Table 5. Partial Coefficient of Correlation between Various Factor and Permeability

	磁界の強さ (アンペアターン)		
	20	50	100
$r_{Si, MnSC+Mn}$	0.045	-0.049	-0.147
$r_{Mn, B, SiSC+Mn}$	-0.119	-0.315	-0.290
$r_{S, B, SiMnC+Mn}$	-0.154	-0.197	-0.224
$r_{C+Mn, B, SiMnS}$	-0.261	0.157	0.090

響はこの両者にほとんどかくされる。これらの影響は特に弱い磁界において著しい。換言すれば、鑄鋼の導磁性の優劣は弱い磁界において顕著にあらわれるといいうる。また含有する化学成分の影響は磁界の強さが増しても容易に取除くことは出来ないが、熱処理の影響は磁界の強さが増せばなくなる。



鑄鋼の導磁性にはパーリチックセメントの分布状態<sup>(1)</sup>や結晶粒度の大小<sup>(3)</sup>が大きく影響することは古くより知られているが、さらに本実験の結果より内部歪が、特に弱磁界において、大きな影響をおよぼしているように推察される。すなわち再加熱後徐冷した試料と空冷した試料の間にはその組織は前述のごとくほとんど差異は認められないが、存在する内部歪は大なる相違のあることが容易に想像され、この内部歪の多少が導磁性に影響したものと思われる。また大型焼鈍炉の位置により不完全な焼鈍が行われたため、鑄造歪が残留し、あるいはその後の機械加工により生じた加工歪のため焼鈍した試料に特に導磁性の劣るものが存在し、再加熱によりこの内部歪が除去され、これが消失したものと思われる。鑄鋼の不純物はまたこの内部歪の除去を困難ならしめる点よりしても、できうる限り少くすべきである。

以上の見地より鑄鋼の導磁性を良好ならしめるには、そのC含有量を低くするのみならず、内部歪をできるだけ少くせねばならぬ。工業的に鋼鑄物を製造するには、C含有量を極度に低下させると、要求する機械的性質を満足せしめず、また過酸化などの技術的な困難を伴うものであるから、C含有量を適当に保ち、不純物を少くし、十分なる熱処理により内部歪を少くすることが良好なる導磁性の鑄鋼をうるのに肝要である。

## 〔V〕 結 言

以上の結果を要約するとつぎのごとくなる。

(1) 鑄鋼の導磁性に影響をおよぼす最大因子はそのC含有量である。C含有量が低下する程導磁性は良好となり、その影響は弱磁界程著しい。しかしてC含有量の低い鑄鋼は弱い磁界において導磁性は不安定である。

(2) 熱処理の影響はかなり顕著に認めうる。すなわちA<sub>3</sub>変態点以上の高温に适当時間保持した後の冷却速度が緩慢なる程導磁性は良好である。このことは弱磁界における程、またC含有量が大なる程顕著に認められる。しかしながら磁界の強さが増すにつれ、急激にこの影響は小さくなり、強磁界においてはその差異はなくなる。

(3) 抗張力は弱磁界において鑄鋼の導磁性を良く示している。すなわち抗張力が小さい程弱い磁界においてすぐれた導磁性を示すが、磁界の強さが増すにつれ、この関係は著しくなくなる。

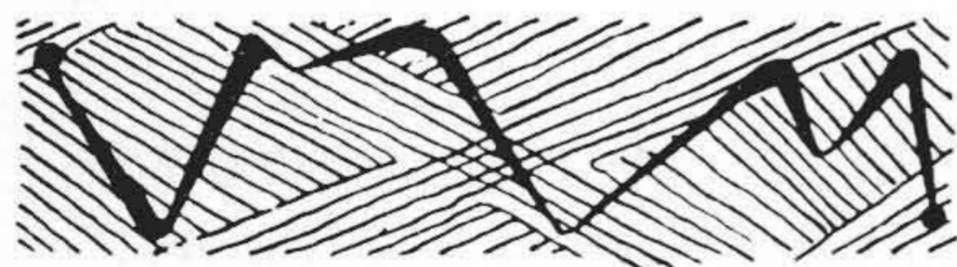
(4) 普通の焼鈍後、異常に低い導磁性を示すものは焼鈍不良に起因するものと考えられる。

(5) 一般に工業的に認められるC含有量、熱処理以外の諸因子はこの両者にかくれる程度にすぎない。

終りに臨み本実験に終始協力された研究係松尾正喜氏に深甚なる謝意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 野上：鉄と鋼 Vol. 15 851~879
- (2) 中村：鉄と鋼 Vol. 15 95~123
- (3) Frank T. Sisco：Alloys of Iron and Carbon Vol. 2 585~615



特許第201951号

## 特 許 の 紹 介



小柴定雄・九重常男

## 拔 型 用 合 金

従来の拔型材としては高クロム鋼あるいはタングステンクロム鋼が主として用いられているが、前者は熱間加工ならびに常温における機械加工が困難であり、後者は焼入の際の変形が大きいのみならず自硬性乏しく、したがって大型の拔型には不適當である。

この発明合金は鉄中にマンガン 0.8~1.5%、クロム 0.8~2.0%、タングステン 1.01~2.0%、モリブデン 0.2~1.0%、炭素 1.11~1.5%、バナジウム（あるいはチタニウム）0.1~1.0% そのほか不純物として 0.5% 以下の硅素、アルミニウム、銅などを含有するものであつて、

タングステン、クロム、モリブデン、バナジウム（あるいはチタニウム）を含有する特殊な複炭化物の微細な結晶と耐軟化性大なるマルテンサイト（目的により少量のトルスタイトを含む）の基地よりなり、焼入性がよく、熱処理による変形もきわめて少く、また硬度高く耐磨耗性大でしかも韌性に富み、機械加工性もすぐれ、かつ 300°C 以下の熱変化に対しては抵抗大なるもので型の寿命を著しく増大しその実施上の効果真に大なるものである。（高野）