

電磁軟鉄の磁性焼鈍（特に太物製品について）

On the Magnetic Annealing of Magnetic Pure Iron
(Especially on the Large Materials)

小 柴 定 雄* 西 沼 輝 美**
Sadao Koshiba Terumi Nishinuma

内 容 梗 概

電磁軟鉄の使用前に行う焼鈍を磁性焼鈍と称する。この焼鈍の目的は種々考えられるが、脱炭効果も主目的の一つである。脱炭の進行が多いほど磁性がよくなるが、熔解原材料によっても脱炭速度が異なる。鳥上木炭銑を使用したものは脱炭速度が速い。

脱炭によって磁性が大きく左右されるので、太物製品の磁性を測定する場合採取した試験片で普通の磁性焼鈍を行うと、脱炭が進行し太物製品自体の磁性とは異なった良好な値を示す。

1. 緒 言

電磁軟鉄の加工後使用前に行う焼鈍あるいは磁気測定前に行う焼鈍を普通磁性焼鈍と称している。これは磁気的性質をもたせるための焼鈍と考えられるからで、850℃で3～4時間、酸化を防ぐため箱焼鈍かH₂焼鈍を行う。この磁性焼鈍は案外等閑視されているが、磁性を大きく左右する重要な処理でいろいろの問題がある。

本報においてはまず磁性焼鈍によって磁性の向上する一原因である脱炭がどの程度進行するものであるかを述べる。そして特に太物品の磁性がJIS⁽¹⁾⁽²⁾にて定められている小形 N. S. 導磁率計あるいは弾動検流計法によって測定する場合、試験片の形状または焼鈍の方法によって著しく異なる値を示すことについて報告する。

2. 実験試料および実験方法

実験に用いた試料の化学成分を第1表に示す。

A試料は鳥上木炭銑を原料にして、B試料は普通の市販電気銑を原料にして熔解したもので脱炭実験に供した。脱炭実験は第1図のような試験片に仕上げ、酸化を防止するため内径50mm、長さ500mmの鉄製パイプ中にいれ、ふたをして電気炉中で加熱保持した。

CおよびD試料は太物製品の磁性を求めた試料で、まず35mmφに圧延されたC試料の中心より3～9.5mmφの棒状試験片ならびに外径34mm、内径30mm、厚さ2mmの環状試験片を採取し、採取試験片の形状の影響を求めた。次に26mmφに圧延したD試料の中心より11.1mmφの棒状試験片を採取し焼鈍温度と磁性の関係を求めた。

磁性焼鈍は普通同一成分の純鉄ダライ粉を充てんしたパイプ中で850℃に3.5時間保持後徐冷をして行った。また乾燥H₂中焼鈍とはH₂を白金アスベスト、シリカゲル、低温トラップ、五酸化燐を通して、十分に水分を除去したH₂中で850℃に3.5時間加熱保持を行ったものである。

3. 実験結果とその考察

3.1 脱炭実験

AおよびB試料の850度における保持時間別の表面よりの深さとC含有量の関係を第2～9図に示す。

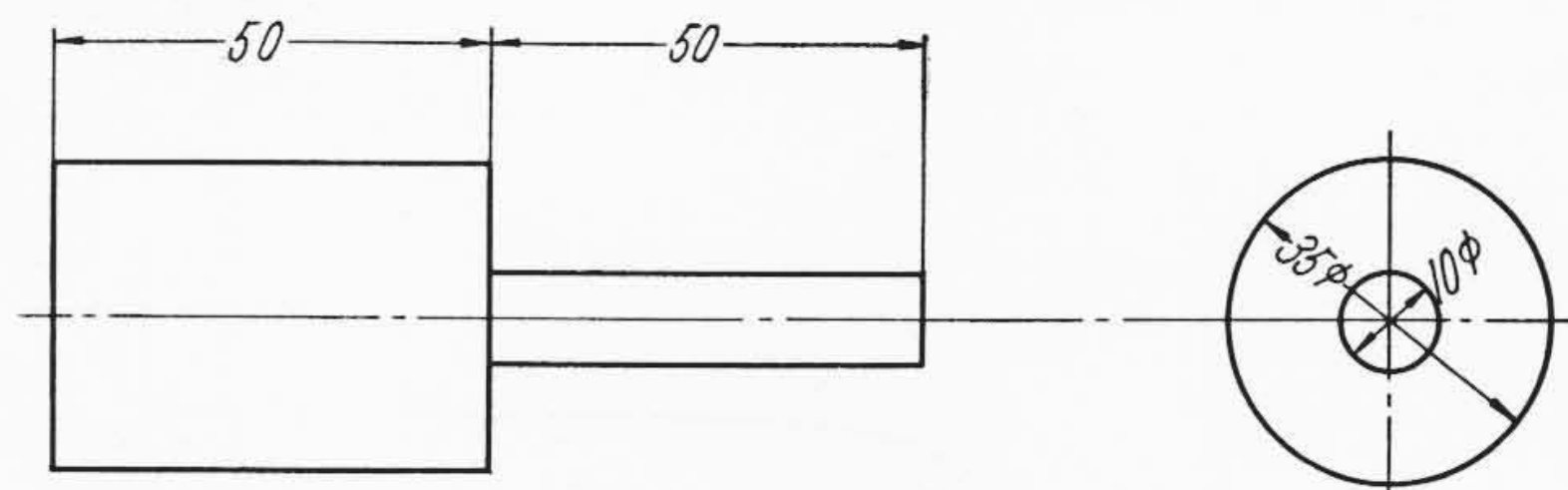
一般に10mmφのように細いものは35mmφの太いものに比べ表面の脱炭は速いが、内部では脱炭しにくい傾向になる。10mmφの場合、鳥上木炭銑系のA試料は12時間の保持で内部まで完全に脱炭するが、市販電気銑系のB試料では24時間の保持を要する。つまり鳥上木炭銑系は脱炭速度が速い。

* 日立金属工業株式会社安来工場 工博

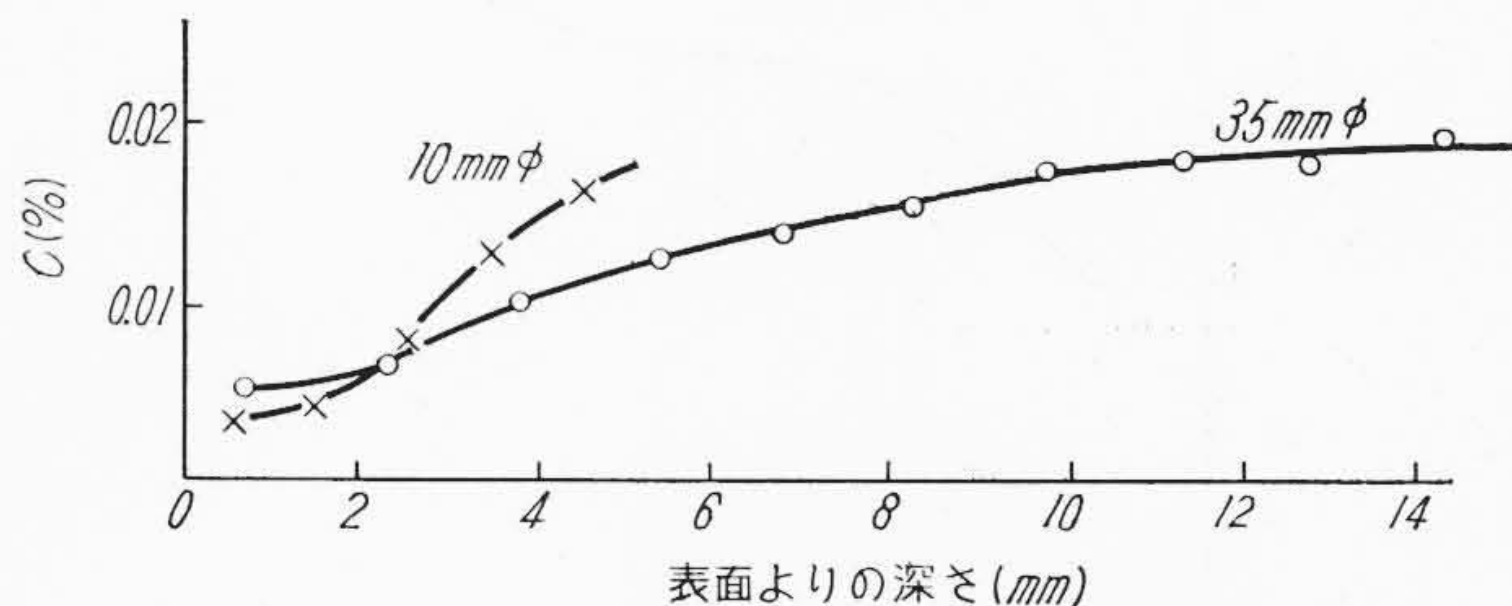
** 日立金属工業株式会社安来工場

第1表 試料の化学成分 (%)

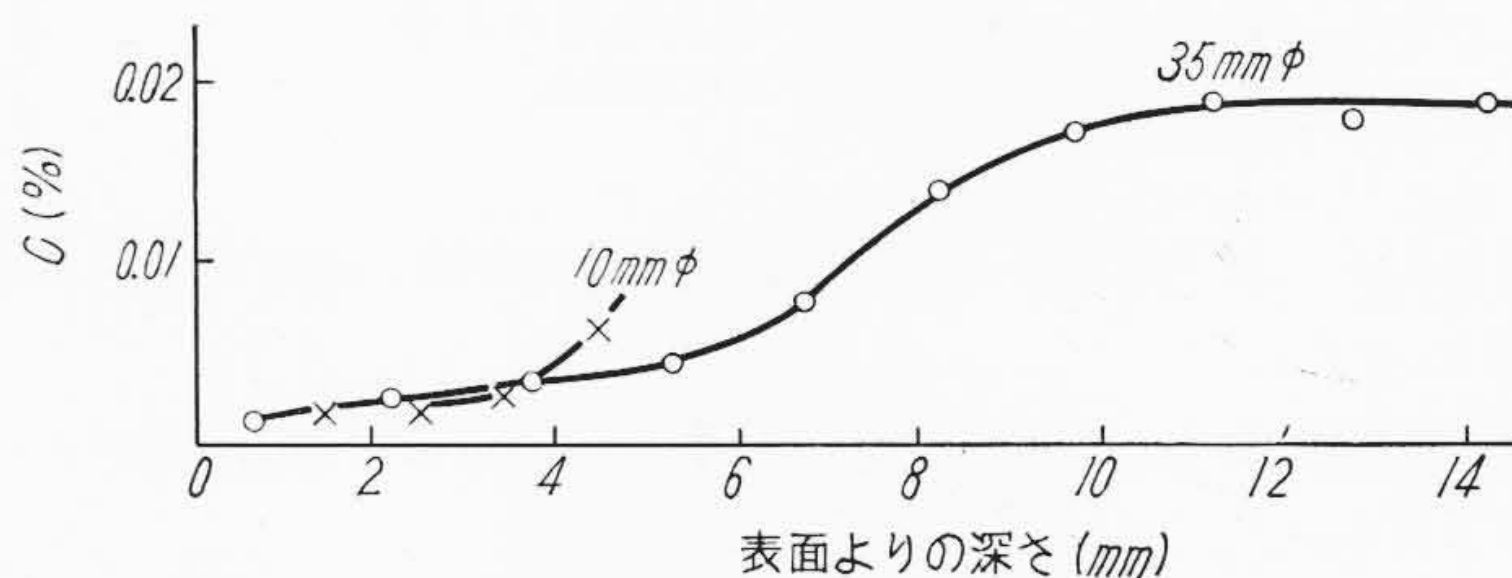
試料符号	熔解原材料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
A	鳥上木炭銑	0.026	0.03	Tr	0.006	0.003	0.04	0.04	0.02
B	市販電気銑	0.030	0.35	0.03	0.007	0.006	0.09	0.04	0.04
C	鳥上木炭銑	0.030	0.43	0.08	0.014	0.006	Nil	0.06	0.03
D	鳥上木炭銑	0.023	0.16	0.03	0.013	0.009	Nil	0.03	0.01



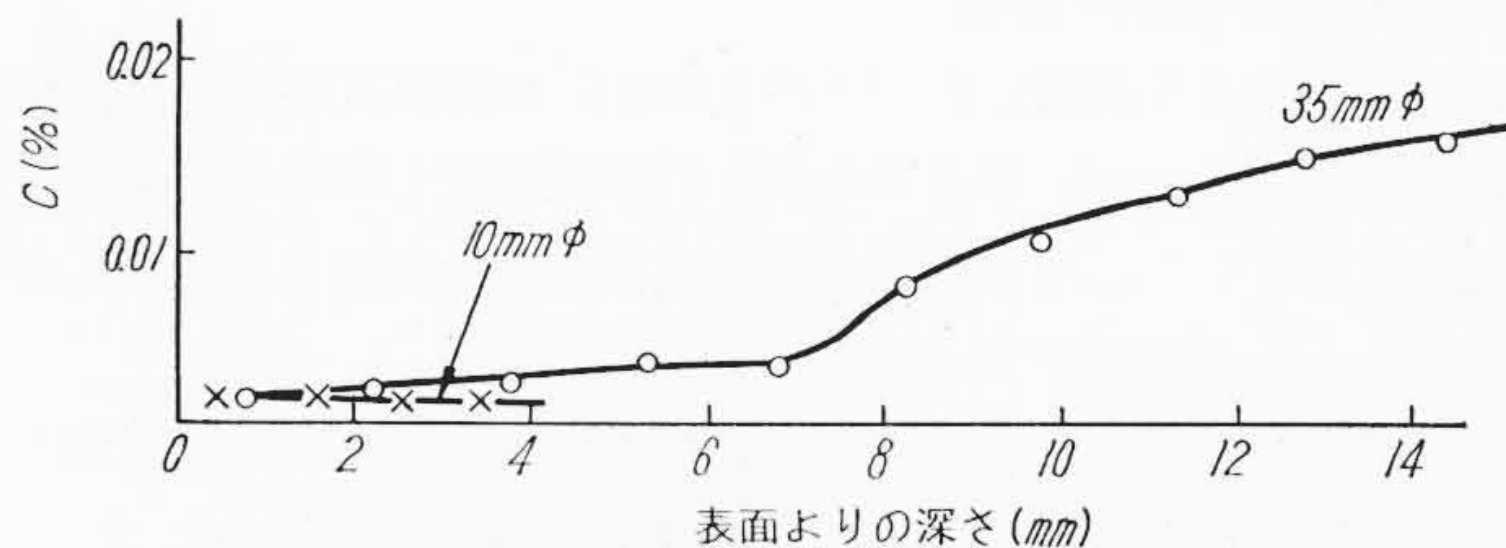
第1図 脱炭試験片



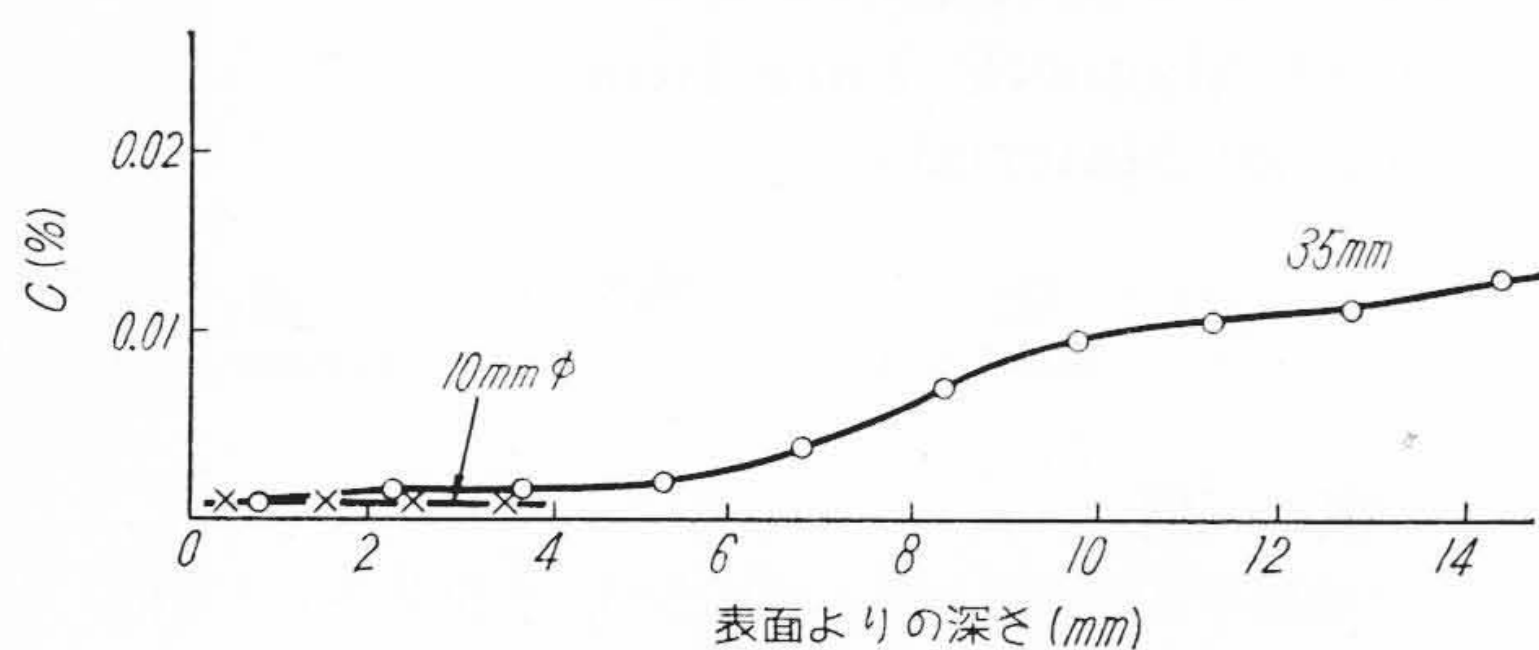
第2図 A試料 6時間保持



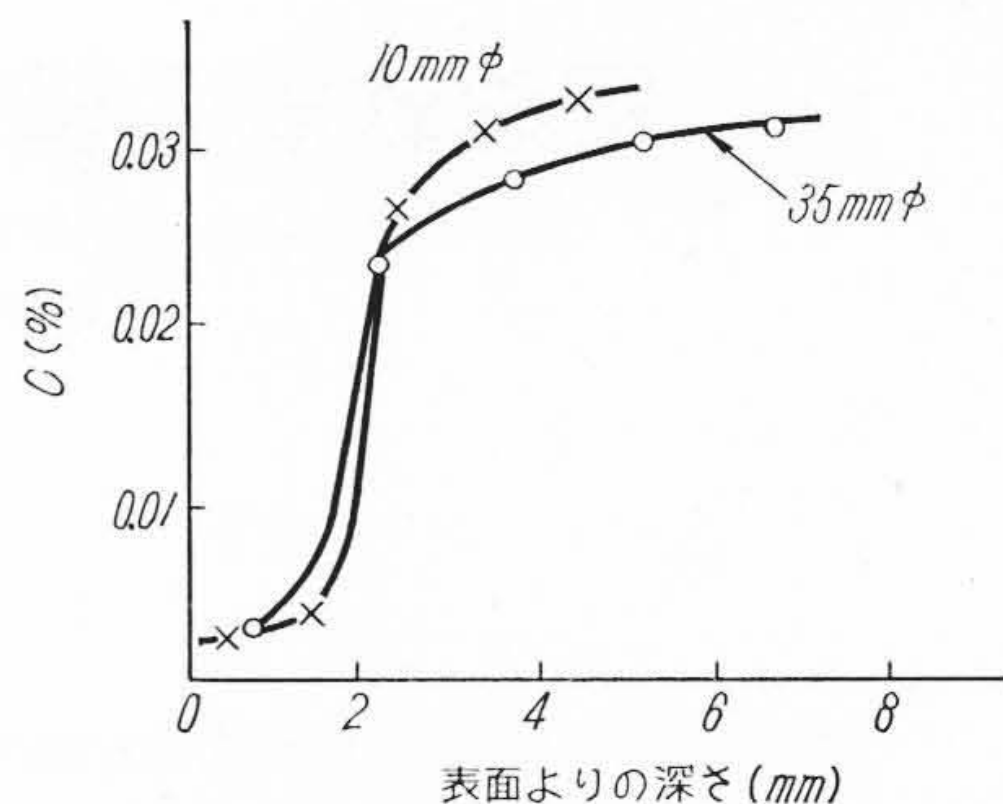
第3図 A試料 12時間保持



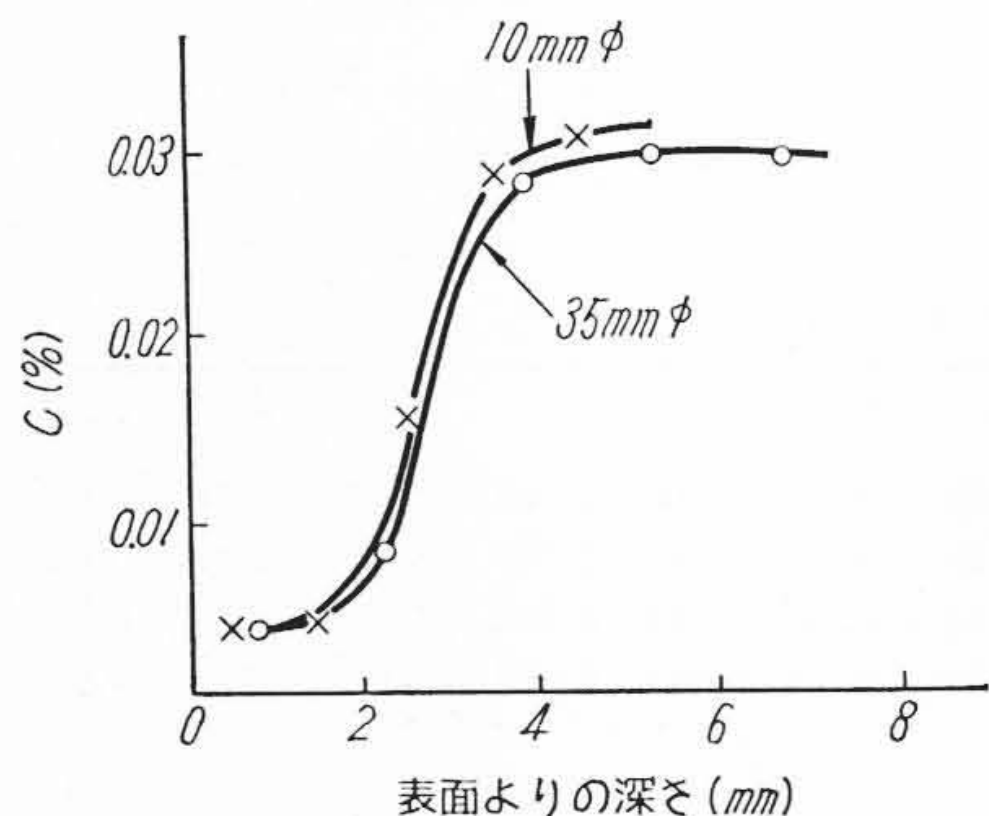
第4図 A試料 18時間保持



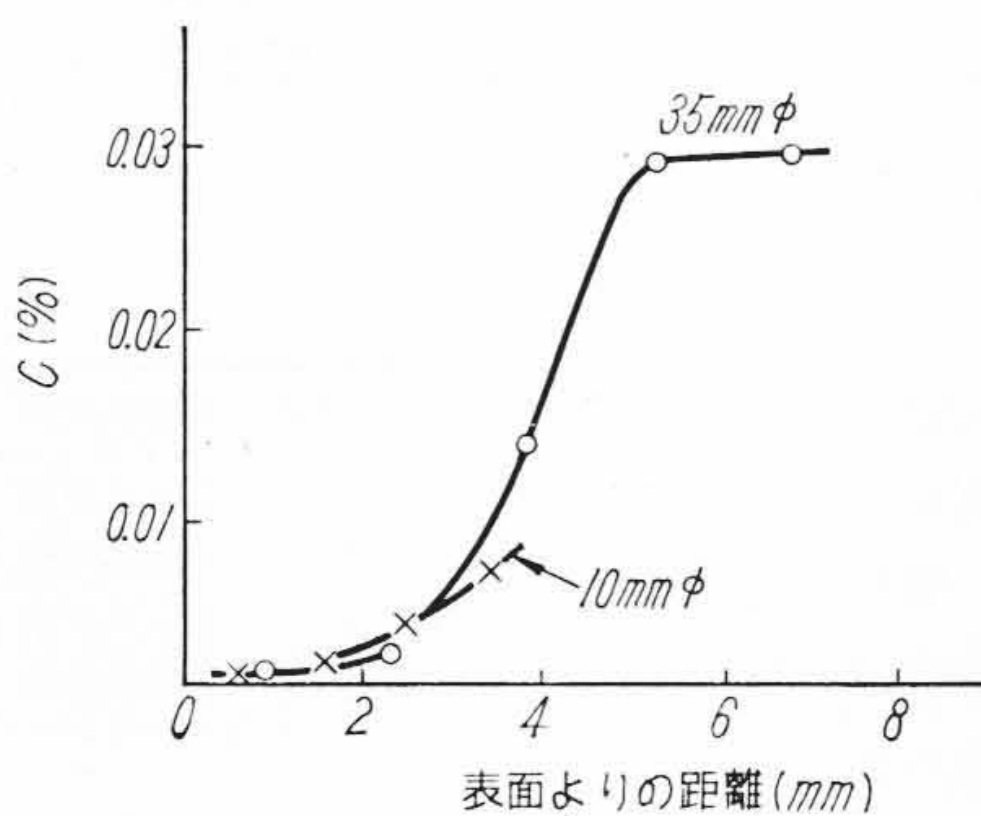
第 5 図 A 試料 24 時間 保持



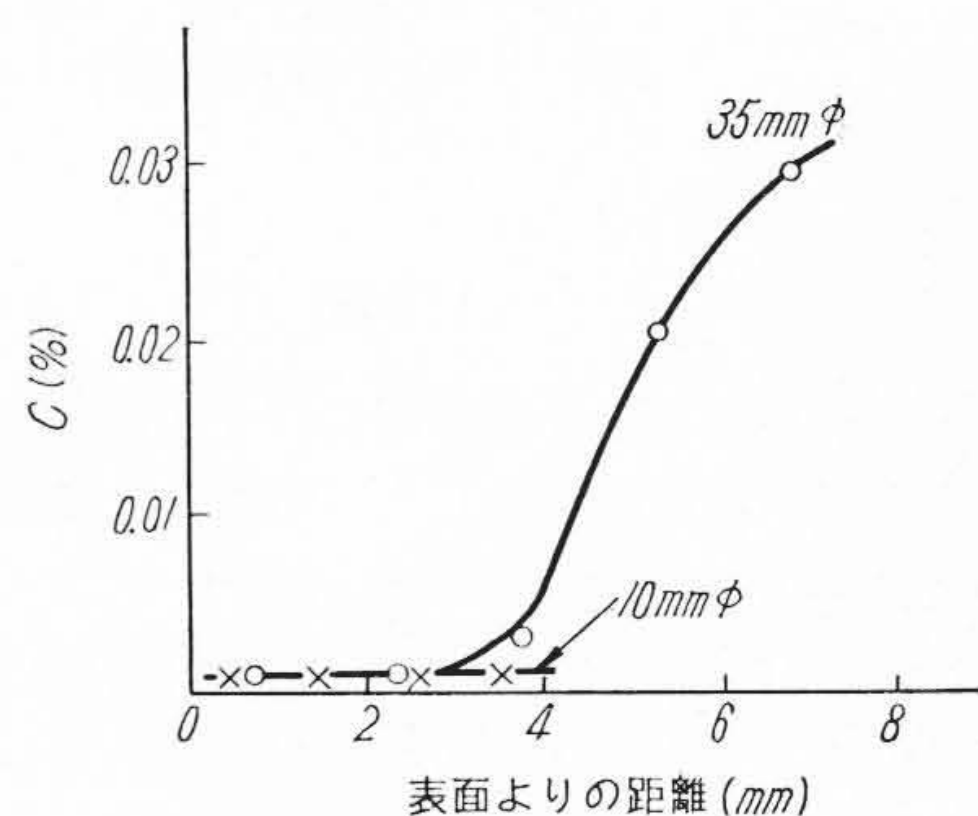
第 6 図 B 試料 6 時間 保持



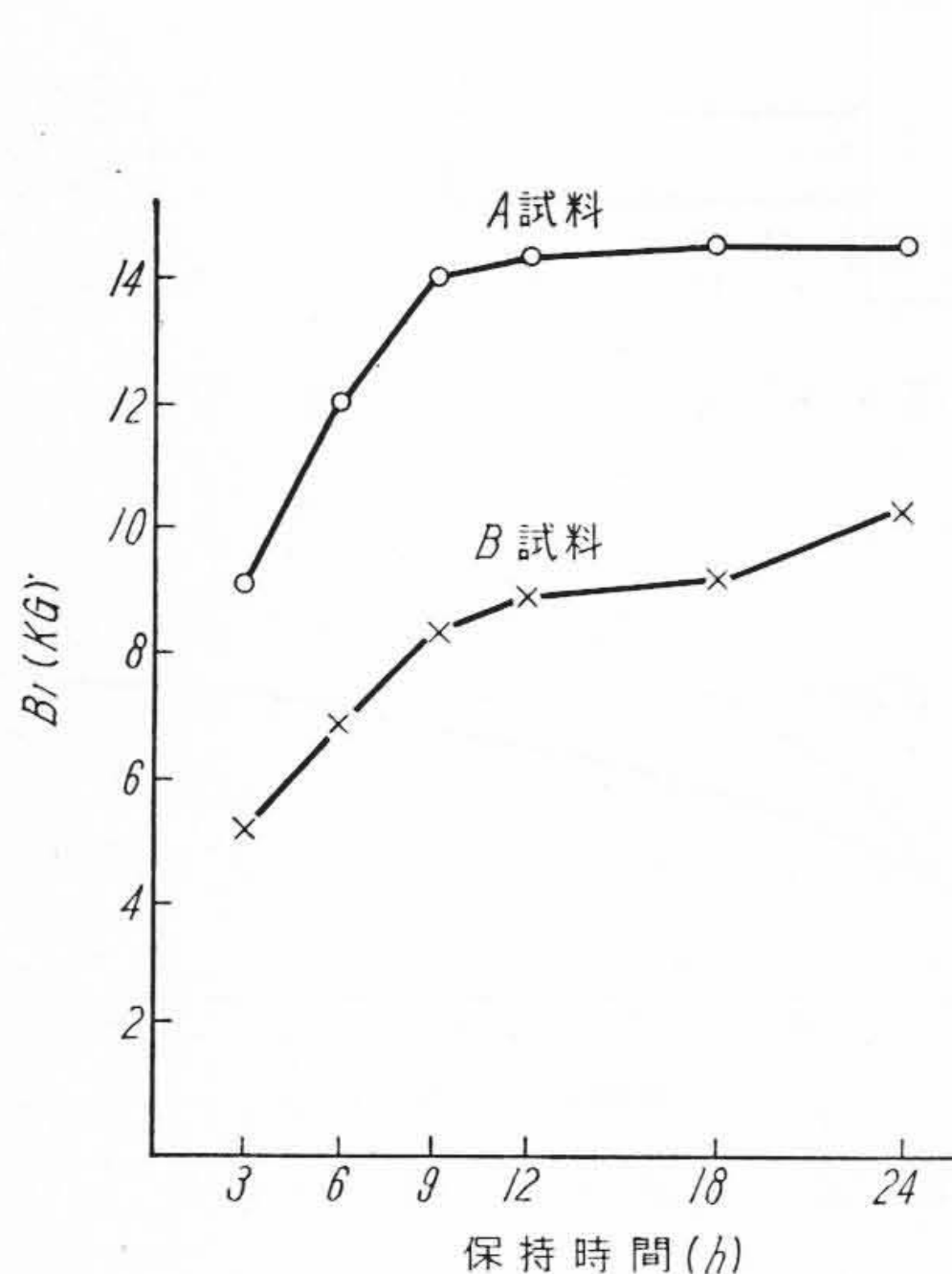
第 7 図 B 試料 12 時間 保持



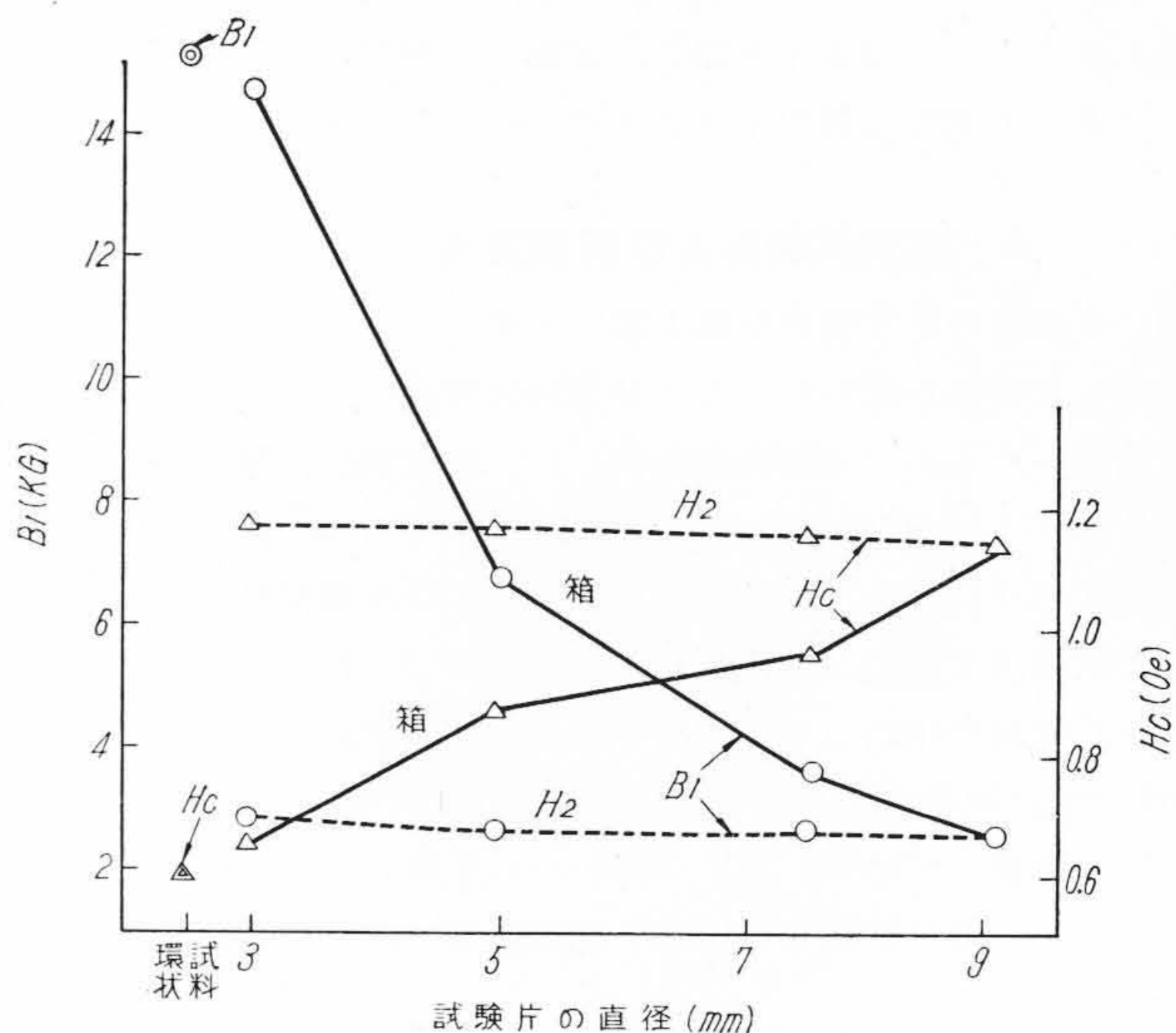
第 8 図 B 試料 18 時間 保持



第 9 図 B 試料 24 時間 保持



第 10 図 磁性焼鈍の保持時間の影響
(AおよびB試料, 850°C箱焼鈍)



第 11 図 試験片の太さの影響
(C試料, 850°C×3.5時間 箱焼鈍および乾燥 H₂ 焼鈍, 含環状試料による値)

10 mmφ の同一試料の 850℃における保持時間と磁性の関係を第 10 図に示す。

保持時間が長く、脱炭量の多いと考えられるものほど磁性がよい結果である。

35 mmφ の場合も鳥上木炭銑系は市販の電気銑系試料より脱炭速度が明らかに速いが、内部までの完全な脱炭は困難である。

3.2 試験片の形状の影響

C 試料の中心より採取した 3～9.5 mmφ の棒状試料および外径 34 mmφ、内径 30 mmφ、厚さ 2 mmφ の環状試料を同時に箱焼鈍を行い磁性を測定した。なお参考のため棒状試料の焼鈍を乾燥 H₂ 中에서도行った。その結果を第 11 図に示す。

箱焼鈍の場合試料の直径の細いほど磁性がよい。また環状試料の磁性も良好であるが、直径の太いものはよい値を示さない。

これは明らかに脱炭程度の差異によるもので、たとえ試料の太さ

が異なっても脱炭のほとんど進行しないと考えられる乾燥 H₂ 中焼鈍では磁性がほとんど変わらない。

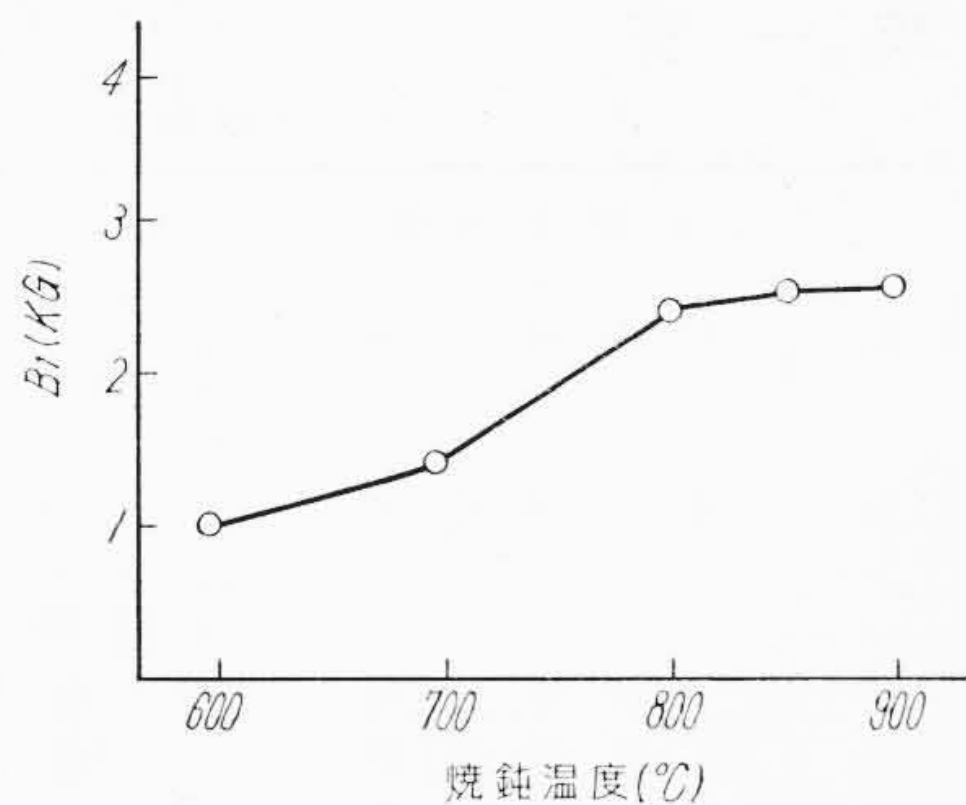
3.3 焼鈍温度の影響

D 試料の中心より 11.1 mmφ の試料を採取し 600～900℃の各温度に 3.5 時間保持の箱焼鈍を行った場合の磁性を第 12 図に示す。

850℃までは焼鈍温度が高くなると磁性は向上する傾向であるが一般に悪い値である。この試料でも 850℃に 10 時間保持すると B₁ 約 11,000 ガウス、H_c 約 0.55 エルステッドを示すので、磁性の悪いのは脱炭の進行しないためと考えられる。そして温度が高くなると磁性のよくなるのは、加工ひずみは 600 度でも大体除去されることが考えられるので、やはり脱炭が進行したものと考えられる。

3.4 実験結果の考察

電磁軟鉄の磁気測定は板の場合は外径 45 mm、内径 33 mm の環状試験片を作製し弾動検流計法によって、また棒の場合は標準径の



第12図 焼鈍温度の影響
(D試料, 各温度に3.5時間保持, 箱焼鈍)

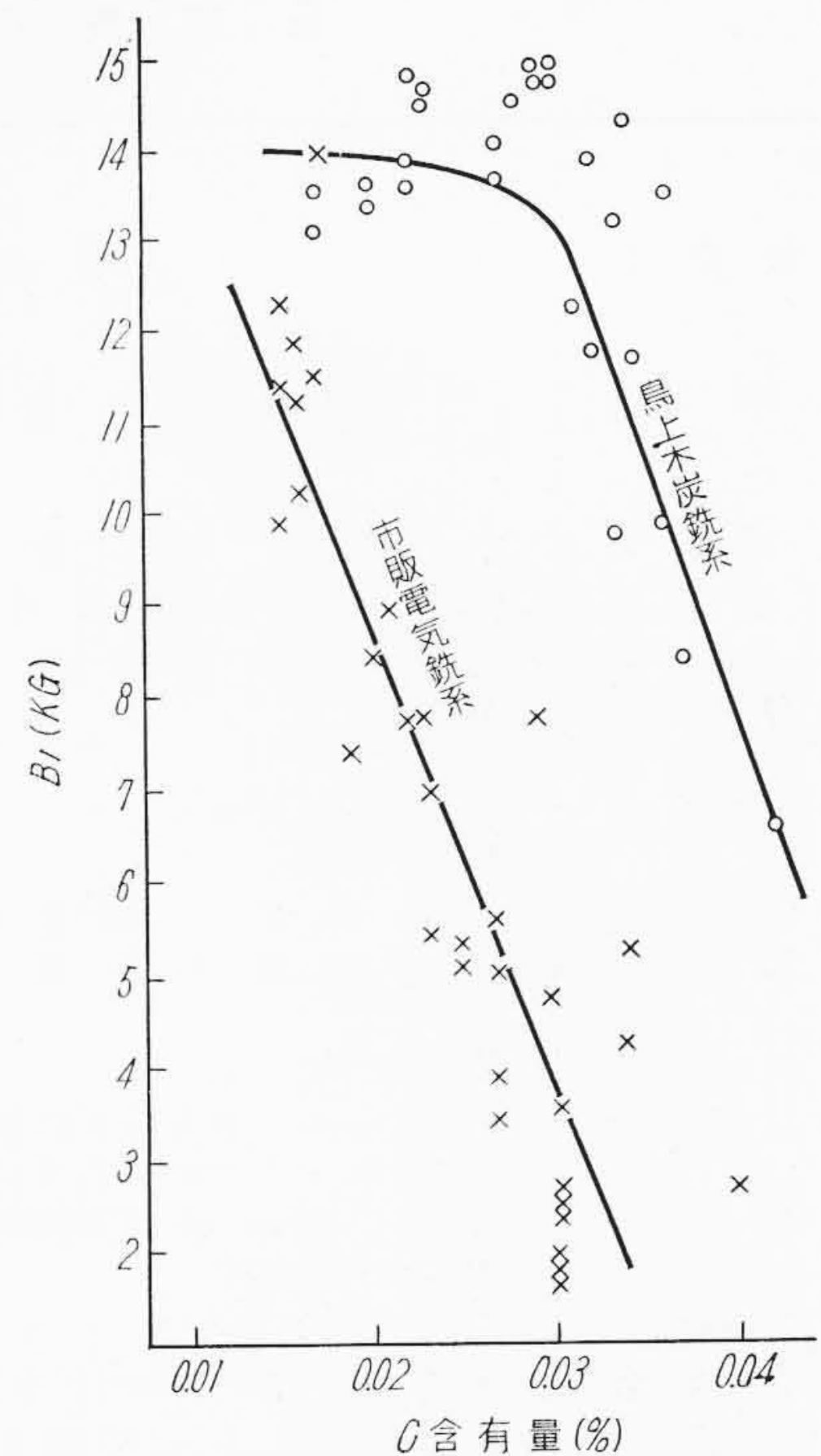
長さ 250 mm の試料を作製し小形 N. S. 導磁率計で測定することになっている。測定前には磁氣的性質をもたせるための磁性焼鈍を行うことになっている⁽¹⁾。

磁性焼鈍によって磁性の向上する理由は加工ひずみの除去とか、もし冷間加工を行ったものであれば再結晶を行わしめるとかいろいろ考えられるが、脱炭の効果もきわめて重要である。もともと電磁軟鉄のC含有量は0.03%程度以下であるので脱炭は案外等閑視されやすいが、周知のように微量のC含有量は磁性に著しい影響を与える。

本実験の結果によれば焼鈍温度における保持時間の影響も、試験片の形状の影響もすべて脱炭によって説明ができ、脱炭の多いほど磁性が向上する。そして鳥上木炭銑を原材料にしたものは市販の電気銑を原材料にして熔解したものにくらべて脱炭速度が速い結果である。これは電磁軟鉄の場合きわめて有利なことである。たとえば第13図は11.1 mm φ の棒製品の出鋼時C含有量と同一の磁性焼鈍を行った場合の B_1 との関係を示したものである。鳥上木炭銑系電磁軟鉄は明らかに磁性がよく、かつ出鋼時のC含有量が0.03%以下でさえあれば普通の磁性焼鈍で一樣に最高の値を示すようになる。これなども鳥上木炭銑系の脱炭速度の速いことが一原因と考えられる。もちろん磁性のすべてがC含有量によるものでないことも明確で、電解鉄使用のものなどはC含有量は低いが磁性は必ずしもよくない。製法の影響も大きい。また同一C含有量の場合は当然鳥上木炭銑系は市販の電気銑あるいは銑板屑を使用したものより磁性焼鈍が容易になる。

脱炭に関しては焼鈍における保持時間を長くさえすれば進行する。しかし焼鈍時間を長くすることはあらゆる点より好ましくない。またたとえ焼鈍保持時間を長くしたとしても50 mm φ あるいはそれ以上のような太物の内部まで脱炭を行うことはきわめて困難なことである。このような太物にも脱炭速度の速い鳥上木炭銑系電磁軟鉄が適する。

最後に上述のように磁性が磁性焼鈍の脱炭効果によって大きく左右されるとすると太物製品の磁気試験法が問題になる。小形 N. S. 導磁率計で測定できる試験片の径は15 mm φ 以下である。それで15 mm φ 以上の太物の場合には15 mm φ 以下の試験片を採取する。たとえ脱炭の最も少ない中心より試験片を採取しても、その試験片で普通の磁性焼鈍を行えば必ず脱炭が進行し、太物本体のC含有量とは異なる。場合によっては試験片の中心まで脱炭が進行し最高の磁性を示すかも知れない。同一の磁性焼鈍を行い磁性を比較するのであればそれでもよいが、その値を設計の資料などに用いることは



第13図 出鋼時C含有量と磁性焼鈍後の磁性の関係
(11.1 mm φ, 850°C × 3.5 時間箱焼鈍)

できない。

太物製品自体の磁性を知ろうとすれば試験片の脱炭が起らないような焼鈍にしなければならない。たとえば加工によるひずみを除くだけの低温のひずみ取焼鈍とか、完全に水分を除去した乾燥 H_2 中焼鈍などを行わなければならない。

4. 結 言

電磁軟鉄の磁性焼鈍の脱炭効果と太物製品の磁性について述べた。その結果を要約すると次のようである。

- (1) 磁性焼鈍によって磁性の向上する主原因の一つは脱炭である。そして10 mm φ 試験片では12~24時間の保持で中心まで脱炭が進行する。
- (2) 鳥上木炭銑系の材料を用いたものが、市販の電気銑を使用したものより本実験の10 mm φ の場合で約2倍速く中心まで脱炭する。
- (3) 同一磁性焼鈍を行った場合、脱炭のされやすい細い試料あるいは環状試料の磁性がよい。脱炭の起らない場合は差異がない。
- (4) 焼鈍温度が850度までは温度の高いほど磁性がよい。これは脱炭のためと考えられ、脱炭のごく少ない600~700°Cの焼鈍では太物製品の磁性はあまりよくない。しかしこれが太物製品自体の磁性である。

参 考 文 献

- (1) JIS C 2503 電磁軟鉄棒 (1954)
- (2) JIS C 2504 電磁軟鉄板 (1954)

(昭和34年7月受付分)

— 76 —