

異方性珪素鋼鉄の研究(第1報)

五弓勇雄・阿部秀夫・高橋久

Study on the Anisotropy of Cold-rolled Silicon Steel (Ist Report)

By Isao Gokyu, Hideo Abe and Hisashi Takahashi.

ABSTRACT : The object of this study is to obtain the best magnetic anisotropic property of cold-rolled silicon steel by comparatively low temperature annealing, say about 800°C. Experiments were made on the cold-rolling texture and recrystallization texture, and the relation between the cold-rolling texture and (110) [001] orientation were considered from a crystallographic point of view. From these experiments, which are now being continued, it has become clear that rotation twins and "Sammelkristallisation" phenomena are important for our purpose.

(1949年10月11日受理)

1. 緒論

金屬材料の結晶學的異方性の最も大きな應用として注目される異方性珪素鋼鉄に就ては、從來最も良い製造工程としては、強度の冷間壓延と1000°C以上の高温水素中熱処理を行ふ方法が採用されてゐる。¹⁾此の様な製造工程によれば容易磁化方向が壓延方向に揃つて來ると稱せられてゐるが、然しかゝる強度の冷間壓延の重要性及び高温の熱処理に於ける結晶方位變化の機構に就ては、根本的に未だ明らかにされてゐない。著者等は此の根本機構を結晶學的に明らかにすると共に、800°C. 附近の比較的低温の熱処理により良好な磁氣異方性を實現し得る事を認めた。

此の事に就て第I及びII報に分けて記述するが、本第I報に於ては先づX線極點圖法、磁化廻轉力計法による冷間壓延聚合組織及び再結晶聚合組織の決定及び冷間壓延鉄内の帶狀組織の發生に就て行つた實驗結果と共にその簡単な考察を述べる。

2. 試料及びその製造工程

實驗に用ひた試料は次の組成のものである。

Si	C	Mn	S	P
2.97	0.03	0.12	<0.02	<0.02

重量%

本試料は Ajax-Northrup 型高周波電氣爐にて溶解せる後、50×200×450 mm のインゴットとなし、之を先づ熱間壓延により厚さ3.5 mm迄壓下した。熱間壓延温度は1190°から770°C. であつた。之を研磨し

て平滑にし、表面のスケール疵を除去すると共に厚さを極力均一にした。此の鉄を800°C. に於て充分長時間函焼鈍を行ひ、熱間壓延後残留せる歪を充分除去し酸洗ひし、之を原鉄とした。

先づ3.5 mmより1 mm迄冷間壓延を實施し、次で之を800°C. にて3時間水素焼鈍を行ひ、之を更に0.35 mm迄第2回冷間壓延を行ひ、續いて800°C. にて3時間最終の水素焼鈍を行つた。亦一方1 mm迄冷間壓延せる鉄を函焼鈍せるものを第2回冷間壓延を行つたが0.47 mm以上に達すると龜裂を生じた。

此の間試料を採取し、實驗室でも熱処理を附加したが試片の記號及び處理は第1表の如くに定む。

第1表

試片記號	厚さ mm	壓延率 %	熱處理 °C
A	2.42	30	
B	1.85	46	
C	1.40	58	
D	1.00	72	
D _{Ia}	//		Dを800°×3時間函焼鈍
D _{II}	//		Dを1200°×30分焼鈍
D _{II'}	//		Dを800°×30分、 1200°×30分焼鈍
D _{IIa}	//		Dを800°×3時間水素焼鈍
E _I	0.47	53	
E _{Ia}	//	(D _{Ia} を壓延)	E _I を800°×30分函焼鈍
E _{II}	0.35	65	
E _{IIa}	//	(D _{IIa} を壓延)	E _{II} を800°×3時間水素焼鈍

次に之等各試片をX線極點圖法、磁化廻轉力計法で異方性を測定せる結果に就て述べる。

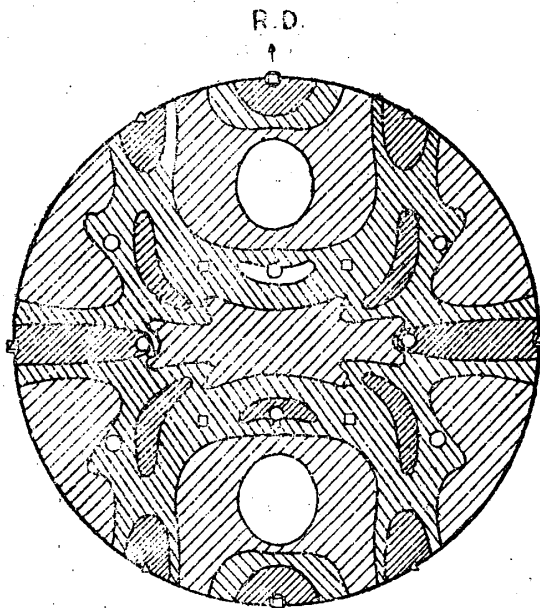
3. 冷間壓延板及び再結晶板の聚合組織の X 線的研究

D, D_{1a}, E₁各試片に就て聚合組織の決定を行つた。E_{1a} 又は E_{11a} は廻折環は斑點の集合となり、集積點の角度範圍の正確な決定は困難であつたので、之等試片は磁化廻轉力計による結果のみに頼つて聚合組織を推定する事にした。しかし後の第 II 報の研究で蝕像により判然とした定量的結果を得る事が出来たがそれに関しては後述の通りである。

Fe 特性 X 線を使用し、フィルム上の測定は K α 線及び K β 線による (110) 廻折環の上でその集積點を分度器で測定し、試料の傾きによる X 線の吸収差等を考慮してその黒化度から極點圖を描記した。極點圖の描記には豫め作つておいた反射圓圖を用ひた。

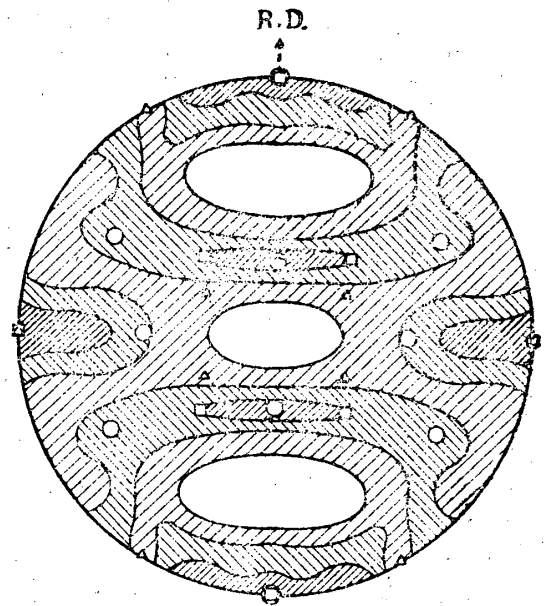
その結果は第 1 圖乃至第 3 圖に (110) 極點圖を以て示した。

第 1 圖に示す D 試片は、純鐵の冷間壓延聚合組織或ひは C. S. Barrett 等の實驗結果²⁾ と大體同じであるが、(111) - [11 $\bar{2}$] 方位が比較的多い。第 2 圖に示す D_{1a} に於ては、冷間壓延状態よりも X 線廻折環の集積状態が弱いが、大體に於て冷間壓延方位が分散せる状態と見る事が出来る。第 3 圖の E₁ に於ては、(111) - [11 $\bar{2}$] 配向が多い事を示してゐる。

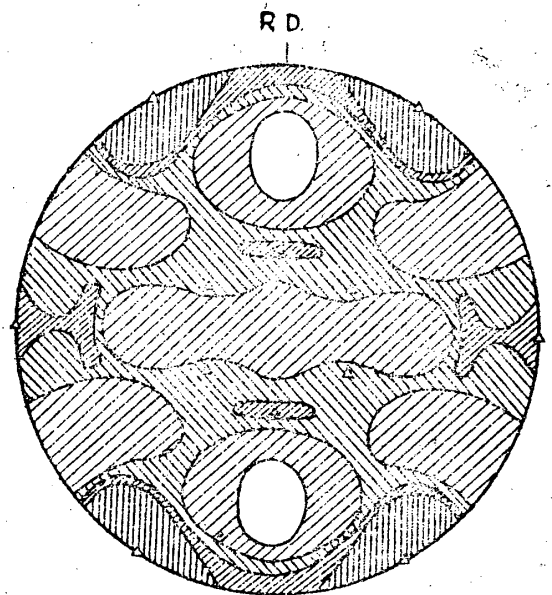


- (100) - [011] 方位
- (112) - [110] 方位
- △ (111) - [11 $\bar{2}$] 方位

第 1 圖 D 試片の (110) 極點圖
R. D. は板の壓延方向を示す。



第 2 圖 D_{1a} 試片の (110) 極點圖
圖中の各印は第 1 圖と同じ。

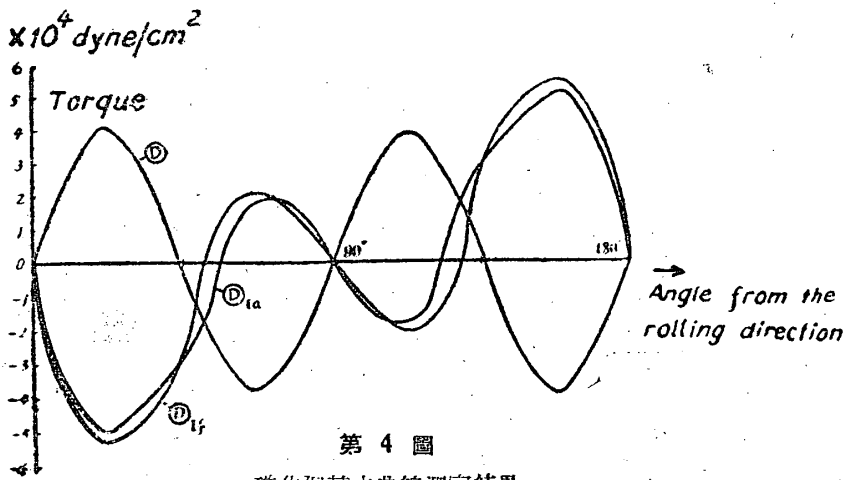


△ (111) - [11 $\bar{2}$] 方位
第 3 圖 E₁ 試片の (110) 極點圖

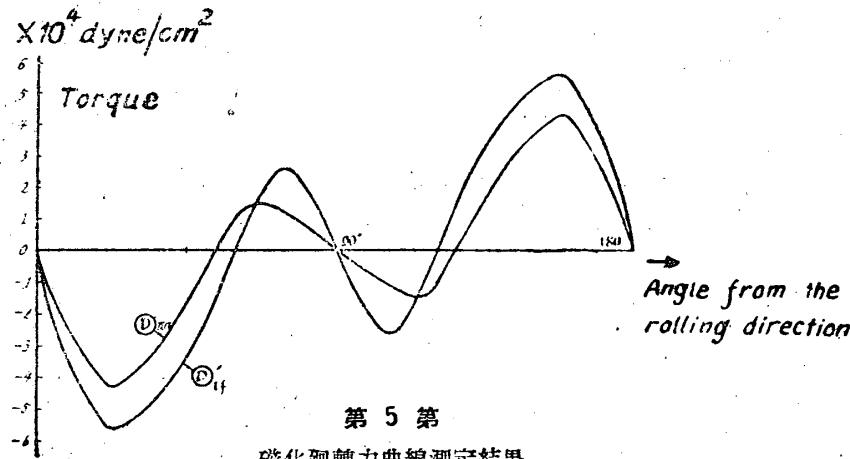
4. 磁化廻轉力計による測定

著者等は磁化廻轉力計を製作し、D, D_{1a}, D_{1r}, D_{11r}, D_{11a}, E₁, E_{1a}, E_{11a} 各試片に對する測定を行つた。その結果は第 4 乃至 6 圖に示す如くである。

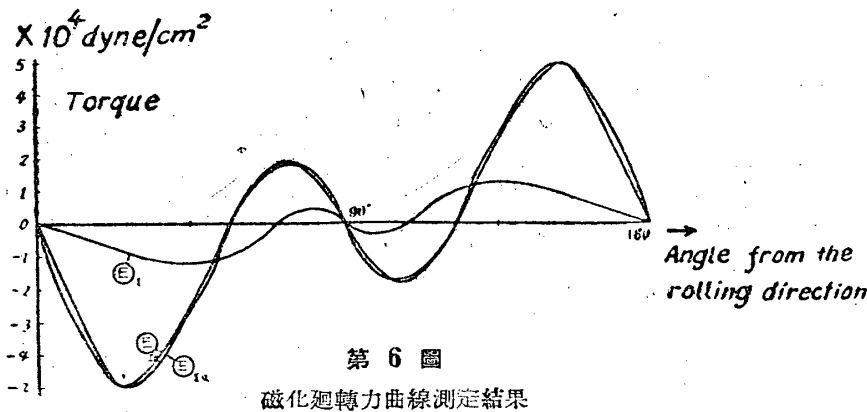
前節の X 線の結果からも明らかな様に一般に金屬の聚合組織は分散の大きいものであり、更に又無秩序方位で等方的の場合には勿論トルクは零であるが、壓延板面に (111) 面が平行な方位の場合もトルクは零であ



第4圖
磁化廻轉力曲線測定結果



第5圖
磁化廻轉力曲線測定結果



第6圖
磁化廻轉力曲線測定結果

とする [001] 方位に近いといふことは考へられる。

第4乃至6圖の曲線によれば、先づ D_{1a} は冷間壓延方位よりも (110) [001] 方位に近付いた再結晶配向となつて居る事が定性的に認められ、之は第2圖のX線の結果では判然としてゐない。 E_1 に於ては (111) 面方位の多い事を示し、X線による結果 (第3圖) とよく一致してゐる。 D_{1r} は 800°C . に於て先づ焼鈍して第一次再結晶を完了せしめたる後、更に 1200°C . で30分間焼鈍を行つたもの、 D_{1r} は 1200°C . に急熱して焼鈍したものであるが、それ等の再結晶粒の大きさも磁化廻轉力曲線も殆ど同一であり、而も粒の大きさは D_{1a} の約5倍 (長さで) にして最大磁化トルクも D_{1a} の場合よりも大となつてゐる。之によつて見るに、 1200°C . に焼鈍するといふ事は第一次再結晶完了後集合結晶現象により、(110) [001] 配向の結晶方位の増大が行はれるものと考へられる。

E を熱処理せるものは D を同一熱処理せるものよりも磁化トルク曲線は稍々不良であり、低温焼鈍の場合には強冷間壓延焼鈍工程の反復は必ずしも良い磁氣的異方性は得られないことを示してゐる。

るために無秩序組織と (111) 集合組織との區別がつかぬといふやうにトルク曲線を調和分析する事には重大な缺陷がある。従つて磁化廻轉力曲線の調和分析を行つて各方位の%を求める事は結局定性的なものとなつて了ふし誤つた結果に導かぬとも限らない。著者等はそこで單にトルク曲線を前述のX線の結果と對比して定性的に討論する事にした。各曲線に於て壓延方向よりの角度 θ の 0° から 60° の範圍を見て行く場合、トルクが負の値を示しその絶対値の大なる程吾々の目的

5. 冷間壓延工程中に於ける組織變化の顯微鏡による研究

A, B, C, D 各試片に就て顯微鏡により、冷間壓延工程中に於ける組織變化を觀察した。A 試片は原鍛より多少壓延方向に伸長した多結晶粒のみが見られる。所がB 試片に到つて、伸長結晶粒の或るものの中に僅かの帶狀組織が認められ、それはC 試片では更に多くなり、D 試片では大多數の結晶粒に此の帶狀組織が認

められた。それは第7圖及び8圖に顯微鏡寫眞を以て示してある。之等寫眞より明らかな様に此の帶狀組織には2種類有ることが分る。

此の様な帶狀組織に就ては Deformation band と名付けられ、既に C. S. Barrett³⁾ により廣汎な研究が行はれて居る。Barrett によれば Deformation band 内の結晶格子は多重の迂りによつて次第に廻轉して變形聚合組織の方位に近付くとしてゐるが、第7圖に示す如く數本の鏡映双晶が一群の Deformation band と交叉してゐる状況を見れば、band 内の結晶格子の廻轉は多重の迂りの如き複雑な機構よりもむしろ鏡映双晶の發生と同様な或種の連鎖的原子運動によつて發生せるものなる事が推定され、又集合結晶の際の方位變化と冷間壓延を強度に行ふ際の方位變化との類似性を考慮して著者等は之を廻轉双晶 (Rotation Twin) と名付ける事にした。即ち珪素鐵の帶狀組織には鏡映双晶と廻轉双晶との二種が存し鏡映双晶の方は突然的に形成されその幅は比較的狭く廻轉双晶の方は漸進的に増加する原子の連鎖的移動の重疊によつて徐々に形成されたものと考へられる。廻轉双晶の方は幅は一定しないが相當に幅の廣いものが存在する。

6. 第1報の考察

前述の如く從來の異方性珪素鋼鐵の製造方法としては、強度の冷間壓延と 1000°C 以上の高温焼鈍とが要求されてゐる。前節に述べた様に冷間壓延度を増加するに従つて鏡映双晶及び廻轉双晶の量が増加する。之に伴つて廻轉双晶の彎曲も行はれる。以上迄の簡単な實驗のみからは充分な推察を行ふ事は無理ではある

が、此の様な双晶形成が再結晶に際して容易に磁化方向 [100] を壓延方向に有する結晶粒として發達すべき再結晶核の數を増大せしめるものなることは考へられる。而して高温焼鈍により一次再結晶及び集合結晶現象を行はせることによつて [100] 方位の結晶粒の選擇的増大が行はれるものと考へられる。

これは單に考へただけであつて實際の結晶學的機構がその様になつてゐるかどうかは勿論全く分らない。

冷間加工時に於ける廻轉双晶内に於ける結晶方位變化の機構、又集合結晶の際の結晶方位變化の機構は、次の第 II 報の研究に於て非常にはつきりと確認され、本第 1 報に於ける考察の正しい事が認められたのである。

加工中に現れる廻轉双晶に就ては追つて發表する本研究第 II 報に、又集合結晶に於て現れる廻轉双晶に就ては著者等の「集合結晶聚合組織に關する研究」⁴⁾ に顯微鏡寫眞を二三載せて説明してある故参照されたい。

最後に試料の製造に御盡力下さつた東京芝浦電氣柳町工場の奥村保吉氏、不二門章氏並びに實驗上種々お手傳ひ頂いた鈴木敬次郎氏に深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) Iron Age 147 (1941), 52.
T. D. Yensen : Jour. Appl. Phys. 16(1945), 379.
- 2) C. S. Barrett, G. Ansel and R. F. Mehl :
Trans. A. I. M. E. 125 (1937), 516.
- 3) C. S. Barrett : Trans. A. I. M. E. 135 (1939),
296 etc.
- 4) 五弓, 阿部 : 理工學研究所報告 3 (1949), 158.

鑄造用亜鉛合金に關する研究 (第1報)

Zn-Al 系合金に及ぼす不純物の影響について

和田次郎・笹川雅信

Study on the Zinc Base Alloys used for Casting. (Ist Report)

The Effect of Impurities on Zinc Aluminium Alloys.

By Jiro Wada and Masanobu Sasagawa.

ABSTRACT : Among the zinc base alloys used for casting in metal moulds, particularly die casting, those alloys containing aluminium are probably the most widely used. It was known to have the failure of a type described as intercrystalline corrosion in zinc-aluminium alloys.