

AI板に現れる2, 3の現象

室 町 繁 雄
堀 茂 徳

Change of Characters of Aluminium Plates by Annealing

Shigeo MUROMACHI and Shigenori HORI

An Aluminium Slab of 15 Kg in weight and 60 mm thick is rolled in the following way—
60 mm → 4 mm …… hot rolled.

4 mm → 0.8 mm …… cold rolled. (One way or chosswise)

The reduction of the specimens thus made is 80 per cent. The specimens were annealed at high temperatures, and the relations — (1) strength : direction rolled, (2) heating velocity: size of recrystallized grains, and (3) primary and secondary recrystallizations — have been investigated with the following results : —

(1) The strength of the plate in 45° to be rolled direction is weak and can't be improved by annealing.

(2) When the heating velocity is large, the size of crystals after recrystallization is nearly constant, independent of annealing temperatures.

(3) Regarding recrystallization, $\log t$ is proportional to $1/T$, and hence the authors calculated the activation energies for the primary and the secondary recrystallizations.

1 緒 言

焼鈍過程に於ける AI 板の諸性質の変化に関しては今日尙種々重要な問題が残されている。本研究はその中、次の 4 項目について検討した。その結果を報告する。

- (1) 方向性
- (2) 加熱速度と結晶粒度
- (3) 再結晶
- (4) 2次再結晶

近時技術の進歩に伴い、器物用 AI 板の製造も高性能の 4 段巻取式連続圧延機に転換しようとする勢下にある。然るに 4 段圧延機の性能を充分活用するためには、スラブを 1 方向のみに圧延せざるを得ない。こゝに方向性の問題が強く取上げられる所以である。

加熱速度と結晶粒度との関係、これは古くは山口氏による瞬間加熱による研究、作井氏⁽¹⁾の研究があるが、器物用 AI 板を焼鈍する際の材質の改善、時間及び燃料の節約などの点からも当然この問題が取上げられる。

再結晶に関しては幾多の研究⁽²⁾がなされ、理論的又は実際の立場からいろいろ検討が試みられている。然し器物用 AI 板に関する基礎的な資料は案外少ない。現場では 7 分鈍し、5 分鈍しなどと云つて焼鈍方法により硬さを加減しているが未だ基礎的な理由を把握している所は少ない様である。

2 次再結晶は或はコースニングとも云はれ比較的最近注目された現象である。M, L, Kornberg⁽³⁾ は結晶核発生更に成長の現象であると考え、P. A. Beck 等は結晶核の発生⁽⁴⁾を伴はない結晶成長

であると主張し未だ結論が出ていないようである。著者等は AI 板について此の現象を検討してみた。

II 試料調製

用いた AI の純度は 99.2% のもので、15Kg スラブ、厚さ 60mm のものを面削して巾とり後 1 方向に 4mm まで熱間圧延、以下 0.8mm まで冷間圧延した。方向性試験のものは 4mm 以下 1 方向にのみ圧延他はクロスして 0.8mm に落した。従つて本実験に用いた AI 板は何れも加工度 80% のものである。

以上の板を硬度、抗張力、エリキセン、検鏡試料に分け工作し試料に供した。

III 試験方法並に結果

(1) 方向性

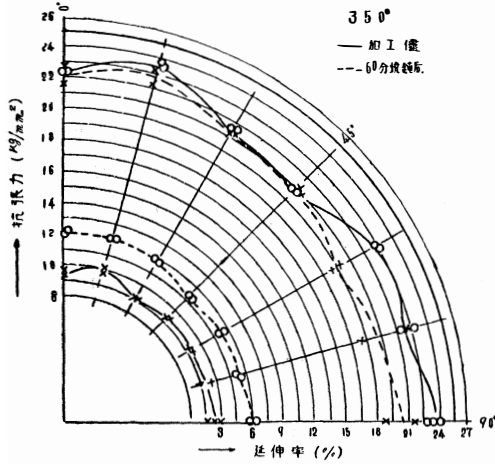


図1 抗張力及び延伸率に及ぼす圧延方向及び焼鈍の影響

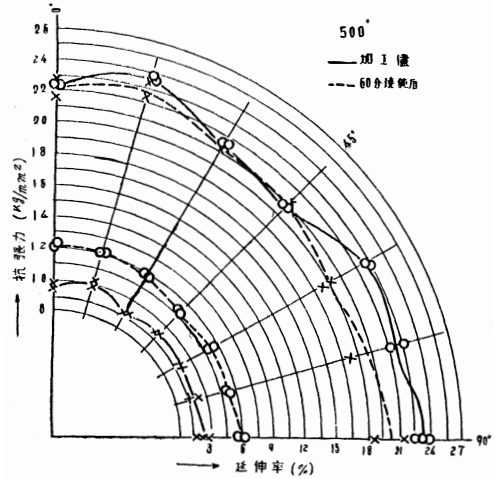


図2 抗張力及び延伸率に及ぼす圧延方向及び焼鈍の影響

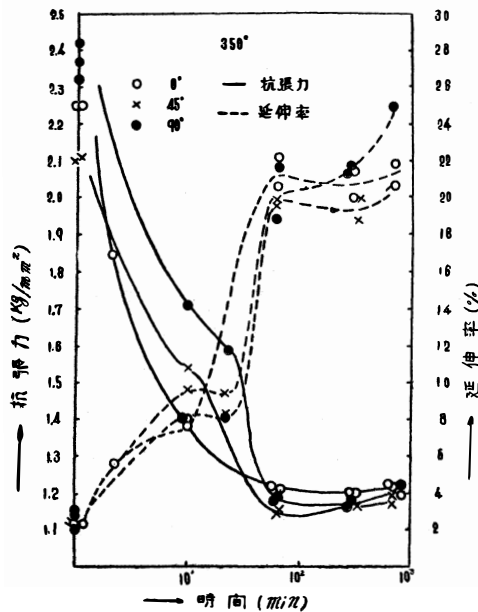


図3 圧延方向性の焼鈍による変化

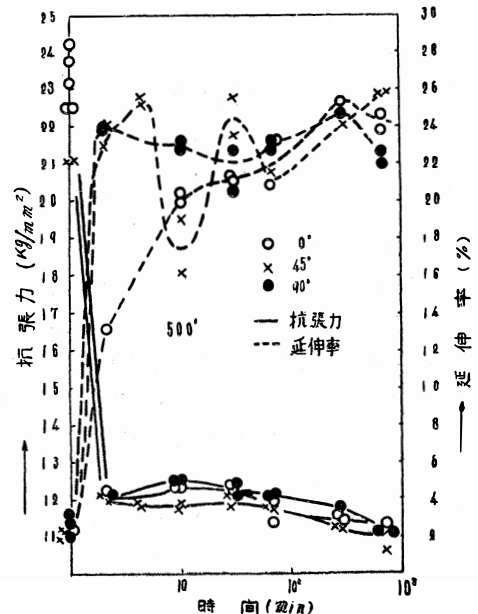


図4 圧延方向性の焼鈍による変化

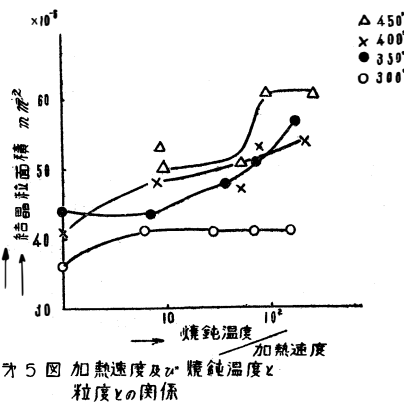
圧延方向に対し、0°、15°、30°、45°、60°、75°、90°、と試料採取角度を変えて抗張力試験片を

夫々 36 枚づつ採取した。これを圧延のまま、500°, 350° に夫々 2, 4, 10, 30min, 及び 1, 3, 10hrs, マツフル型電気炉で加熱し、500Kg ショツパー抗張試験機で切断、抗張力及び延伸率を求め更に加熱時間の影響をも調べた。この結果を第1図~第4図に示す。即ち圧延の儘では 45° の方向に於て抗張力の極小点が現れ、0°, 90°, の方向に於ては殆んど差異は認められない。延伸率は各角度に於て大した差異は認められない。これを焼鈍するに 350° では抗張力は依然 45° の方向に極小点が存在するが、500° になるとかなりその差異は消失する。然し更に加熱時間を増加しても 45° の方向の試片は依然として僅か乍ら抗張力の低下を示している。延伸率の曲線を第3図で見ると 2 つの屈曲点の存在が認められる。第1のそれは再結晶前の回復現象に関係があり、第2のそれは再結晶終了後にしばらく延伸率の停止状態を示すもので、この現象に関しては美馬氏⁽⁵⁾により指摘されているが、AI 板に於ても肯定されることを示すものである。再結晶が完了すれば、焼鈍の目的は一応達成されるが然し実際問題として、再結晶後に起る延伸率の停止状態の時期には注意する必要があると思はれる。此の点は第9図及び第10図にも認められる。

以上の結果からして焼鈍により方向性が消失するものと考えすることは出来ない。従つて一方向のみに圧延した AI 板を深絞りする際に現れる「しむ」と方向性の関係は依然として未解決のまま残されているように思はれる。最近加工材を焼鈍再結晶させた場合所謂再結晶 texture なるものに注目され出した。此の組織は加工度に影響されるから此の方面の研究が必要であると思はれる。著者等の用いた試料では FeAl₃ 乃至 K₅ なる化合物が認められ、これが加工により地即ち α 晶を包んで圧延方向に流れるが、再結晶後もこれが再結晶 texture として現れる。即ち第2相の形状が圧延材の性質に如何様に影響するかを検討する必要がある様に思はれる。次は結晶粒度の問題であらう。要するに方向性を最小限度に止めるためには加工度、結晶粒度、焼鈍温度、時間等關聯した研究が必要になると思はれる。

(2) 加熱速度と結晶粒度

焼鈍温度を夫々 300°, 350°, 400°, 450° と選び、加熱速度を 2°, 5°, 10°, 50°/min. 及び該温度の炉中に投入と 5 段階に変化して加熱し各焼鈍温度に

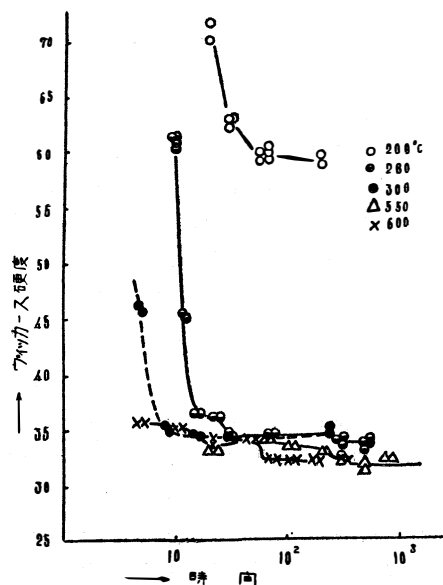


オ 5 図 加熱速度及び焼鈍温度と粒度との関係

拘らず加熱速度の大なる間は結晶粒度は細かく略一定値を示すが加熱速度が小さくなれば焼鈍温度が高い程結晶粒度は大きくなることを示している。然し再結晶直後の粒度の比較は示されていないが第1表が示す如く再結晶直後の粒度にも大した変化は認められなかつた。本問題に関する研究に山口氏、作井氏の外 Fuss の発表がある。Fuss⁽⁶⁾は加熱速度の速い場合は或る焼鈍温度に於て結

度の炉中に投入と 5 段階に変化して加熱し各焼鈍温度に 1hr 保持して、

加熱速度が結晶粒度に及ぼす影響を調べ、第5図の如き結果を得た。加熱炉は電気抵抗マツフル炉を用いた。図は焼鈍温度の上下に

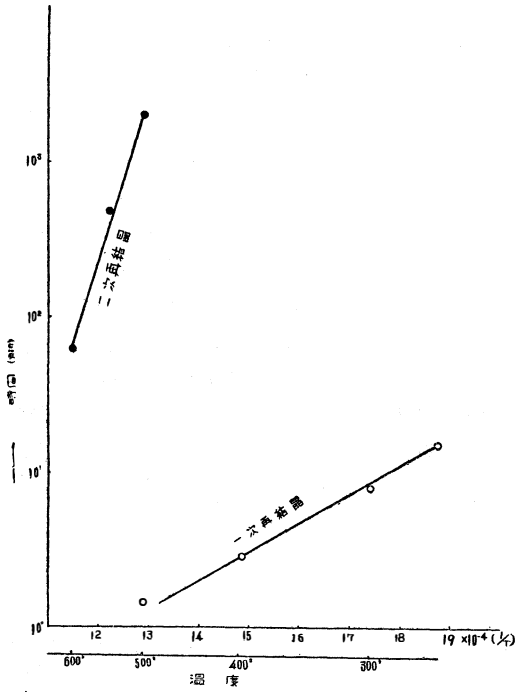


ア 6 図 加熱時間とヴィッカース硬度との関係

晶粒度の極小点の存在することを指摘しているが、著者等の結果もこれを肯定している。

(3) 再結晶

焼鈍温度を夫々 200°, 260°, 300°, 350°, 380°, 400°, 450°, 500°, 550°, 600°, の10段階に選り、加熱時間を夫々変えて、時間-硬度曲線を求めた。第6図にその1部を示した。図は焼鈍温度 260° 以上では総て短時間で完全軟化して何れも硬度は 86Hv から 35Hv 以下に低下するが唯 200° 焼鈍のものだけが 2hrs 焼鈍で、60Hv を示し約 50% 軟化している。これは現場作業で7分



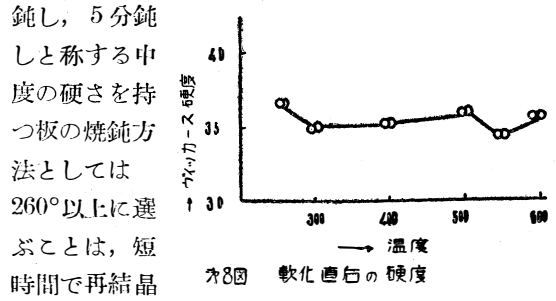
第6図 軟化完了に要する焼鈍温度と焼鈍時間の関係

が完了することからして危険であることを示すものである。

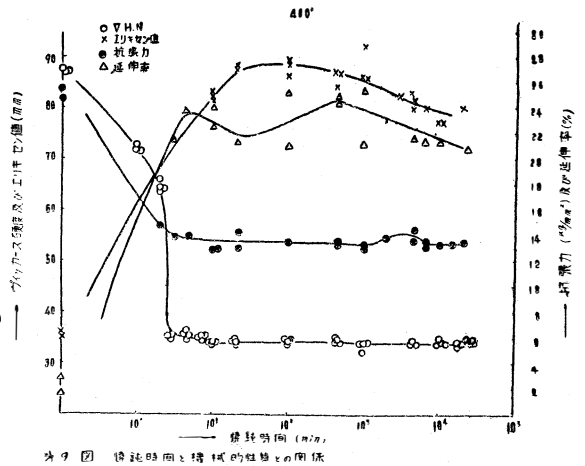
上の図から再結晶を完了させるに充分な焼鈍時間の対数 (logt) と絶対温度で表した焼鈍温度の逆数 (1/T) との関係を求めると第7図の如く略直線関係が成立する。これから焼鈍温度を1定にした場合、再結晶完了に要する時間が求まり又逆に再結晶完了までに要する時間を規定すれば焼鈍温度が定まることになる。此の関係は又 Arrhenius の式を満足するから再結晶に要する活性化エネルギーを計算することが出来る。この値は 9,000~10,000cal/mol になつた。第8図は軟化直後の硬度を測定した結果で、焼鈍温度により硬度の変化は殆んど認められなかつた。

(4) 2次再結晶

再結晶完了後更に焼鈍を続けると再び再結晶現象が現れ結晶粒は急激に粗大化する。此の現象が2次再結晶或はコースニングと云はれるが著者等も前同様 AI板について、加熱温度は 400°, 500°, 550°, 600°, に選り硬度、抗張力、延伸率、エリクセン値等の測定から検討した。第6図及び第9図、第10図及び写真1~3は此の結果を示した。図が示す如く 500°, 550°, 600°, で焼鈍した場合、加熱時間夫々 40, 300, 1000min. が2次再結晶の境界点で、これを境として硬度が幾分低下し、結晶粒は比較的急激に粗大化している。此れは第1表からも伺はれる所である。此の原因に関しては未だ不明のようであるが、1次再結晶と同じように考えて此の際の活性化エネルギーを前回



第8図 軟化直後の硬度



第9図 焼鈍時間と機械的性質との関係

同様にして求めると 46,000cal/mol なる値
が得られる。

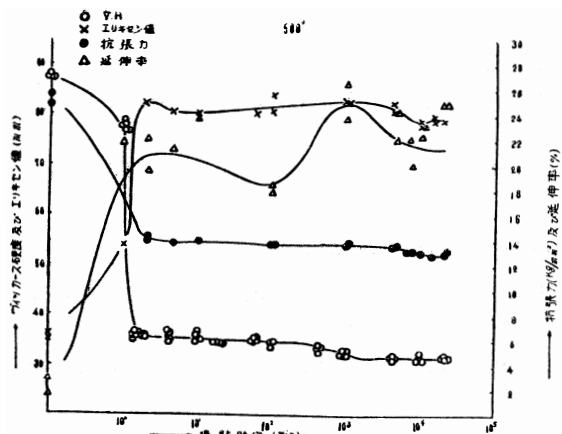


图10 退火時間と機械的性質との関係

写真 1

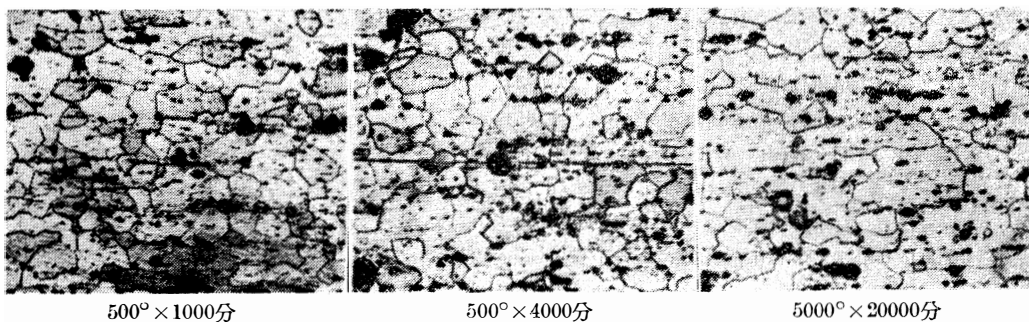


写真 2

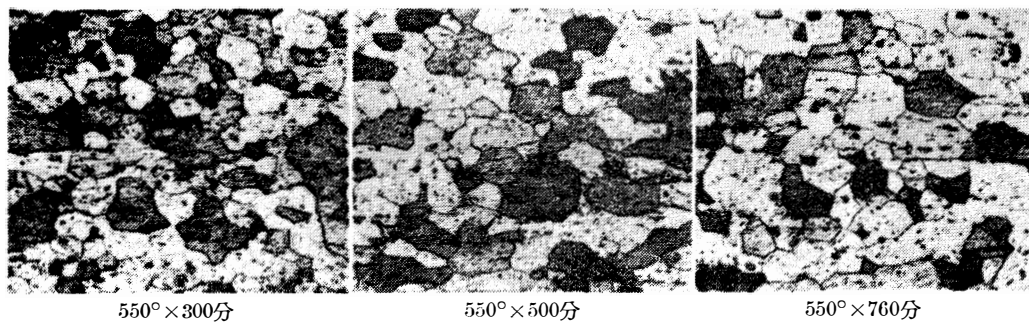
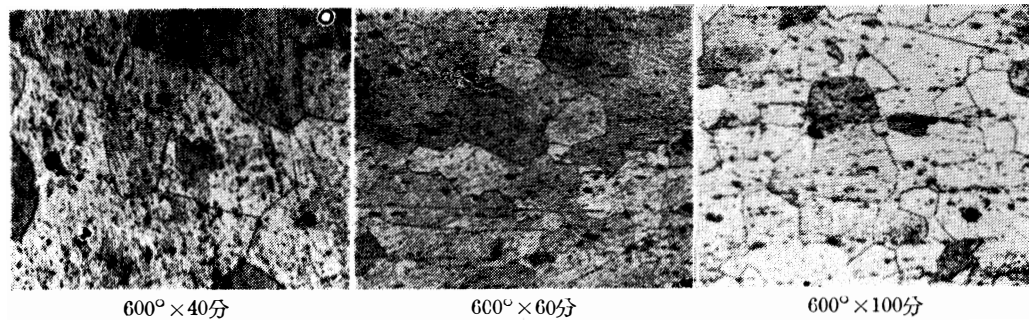


写真 3



IV 総 括

80%冷間加工, 99.2% AI 板について試験した結果を総括すると次のようになる。

(1) 方向性は加工のまゝ (80%) では 45° に於て抗張力の極小点が認められる。これを焼鈍すれば殆んど差異は消失するが然し乍ら方向性が残存する。

(2) 加熱速度大なる場合再結晶粒度は加熱温度の上下に拘らず、略 定であるが加熱速度が小さくなると結晶粒度は高温になるに従い大きくなる。

(3) 焼鈍中、再結晶前と後に於て延伸率の停屯状況を示す期間が存在する。

(4) 再結晶図 (Hv—焼鈍時間曲線) から \log/t と I/T の関係が略直線的なることを示し、この直線の利用価値と活性化エネルギー算出に役立つことを明かにした。

(5) 2次再結晶の存在を認めたが諸性質の変化は余り著しくない。然し結晶粒度に甚しい違いを認めた。

本報告を終るに当り貴重な試料を熔製、加工して戴いた 北陸軽金属工業株式会社に感謝すると共に、本実験に絶大な協力をなした馬場昭夫君にお礼を述べる次第である。

文 献

- (1) 作井 応用物理 16,2, (1947) 3 17,3~4, (1948) 65
- (2) 川崎正之 再結晶金研講習プリント (1951)
- (3) M. L. Kornberg A. I. M. E. 195 (1949) 501
- (4) P. A. Beck. J. Metals. 1 (1949) 627
- (5) 美馬 日本金属学会誌 8 (1944) 635, 9 (46) No.1. 2. 11.
- (6) U. Fuss. Metallographie des AI und seiner Legierungen.

温 度 (C°)	時 間 (min)	面 積 ($\times 10^{-5} \text{mm}^2$)
300	8	27
400	3	30
400	1000	37
400	20000	31
500	1.5	30
500	1000	52
500	4000	91
500	20000	91
550	300	49
550	500	70
550	760	81
600	5	38
600	40	63
600	60	180
600	100	373

第1表 焼鈍温度及び加熱時間と再結晶粒度との関係